

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Marek Bartoš

**Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní**

**Využití dat z družice Sentinel pro sledování změn v krajině  
vybraného zájmového území**

**Marek Bartoš**

**Bakalářská práce**

**2018**

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Bartoš**  
Osobní číslo: **E14863**  
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**  
Studijní obor: **Regionální a informační management**  
Název tématu: **Využití dat z družice Sentinel pro sledování změn v krajině  
vybraného zájmového území**  
Zadávací katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je využití dat z družice Sentinel pro sledování změn v krajině. Student projde celým procesem zpracování družicových dat až po výslednou interpretaci.

Osnova:

- Dálkový průzkum Země.
- Zpracování obrazových dat.
- Evropská kosmická agentura.
- Projekt Sentinel.
- Stávající stav řešené problematiky.
- Příprava dat.
- Klasifikace z hlediska využití krajiny.
- Vizualizace a interpretace.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 35 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

DOBROVOLNÝ, P. Dálkový průzkum Země: digitální zpracování obrazu. Brno: Masarykova univerzita, 1998. ISBN 80-210-1812-7.

LILLESAND, T., M., KIEFER, R., W., CHIPMAN, J., W. Remote sensing and image interpretation. 6th ed. Hoboken, NJ: John Wiley, c2008. ISBN 978-0-470-05245-7.

LONGLEY, P. Geographic information systems & science. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2011. ISBN 978-0-470-72144-5.

PAVELKA, K. Dálkový průzkum Země - družicové systémy. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04628-9.

VOŽENÍLEK, V. Geografické informační systémy I: pojetí, historie, základní komponenty. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998. ISBN 80-7067-802-x.



Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D.

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: 1. září 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2018



doc. Ing. Romana Provazníková, Ph.D.  
děkanka

L.S.



doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2017

# PROHLÁŠENÍ

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 06. 2018

Marek Bartoš

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych velmi rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Pavlovi Sedlákovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, cenné rady, poskytnuté materiály a ochotu pomoci. Dále bych také chtěl poděkovat rodině, která mě po celou dobu studií plně podporovala.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá využitím klasifikace obrazu pro sledování změn v krajině. Práce obsahuje charakteristiku vybrané klasifikace obrazu. Využit je zde algoritmus neřízené klasifikace a také poměrový vegetační index NDVI. Jako podklad jsou použity snímky z družice Sentinel-2.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Letecké snímkování, dálkový průzkum Země, detekce změn, neřízená klasifikace, Sentinel, Evropská kosmická agentura.

## **TITLE**

Use of data from the Sentinel satellite to monitor changes in the landscape of the selected area of interest

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with the use of image classification for monitoring changes in the landscape. The work contains a characteristic of the selected image classification. The algorithm of unsupervised classification and also the NDVI vegetation index are used in the thesis. In this work are used images from the Sentinel-2 satellite.

## **KEYWORDS**

Aerial photography, remote Sensing, change detection, unsupervised classification, Sentinel, European Space Agency.

## **OBSAH**

Úvod.....	11
1 Dálkový průzkum Země.....	12
1.1 Definice dálkového průzkumu Země.....	12
1.2 Historie DPZ.....	13
1.3 Metody DPZ.....	14
2 Zpracování obrazových dat.....	16
2.1 Předzpracování obrazu.....	16
2.2 Zvýraznění obrazu.....	17
2.3 Klasifikace obrazu.....	18
2.4 Postklasifikační úpravy.....	18
3 Evropská kosmická agentura.....	19
3.1 Specializovaná střediska.....	20
3.2 ESA a ČR.....	20
4 Projekt Sentinel.....	22
5 Stávající stav řešené problematiky.....	24
6 Případová studie.....	29
6.1 Postup zpracování.....	29
6.2 Charakteristika zájmového území.....	29
6.3 Výběr a sběr dat.....	30
6.4 Použitý software.....	33
6.5 Příprava dat.....	34
6.6 Neřízená klasifikace.....	34
6.7 Výpočet rozloh.....	38
6.8 Vegetační index NDVI.....	39
7 Interpretace výsledků.....	43
Závěr.....	45
Použitá literatura.....	47



## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Středisko ESOC .....	20
Obrázek 2 Družice Sentinel-3 .....	23
Obrázek 3 Postup při zpracování případové studie .....	29
Obrázek 4 Výběr zájmového území .....	30
Obrázek 5 První krok registrace .....	31
Obrázek 6 Stahování dat a výběr snímků .....	32
Obrázek 7 Klasifikace ISO CLUSTER (15 tříd) z dat Sentinel-2 .....	35
Obrázek 8 Klasifikace metodou ISO Cluster (15 tříd) z dat Sentinel-2 .....	36
Obrázek 9 Klasifikace metodou ISO Cluster (15 tříd) z dat Sentinel-2 .....	37
Obrázek 10 Ukázka práce s vegetačním indexem pro rok 2016 .....	40
Obrázek 11 Ukázka práce s vegetačním indexem pro rok 2018 .....	41
Obrázek 12 Vegetační index pro zájmové území rok 201 .....	41
Obrázek 13 Vegetační index pro zájmové území rok 2018 .....	42
Obrázek 14 Porovnání vegetačních indexů mezi lety 2016 a 2018 .....	44

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Chybová matice z klasifikace ISO Cluster pro rok 2016 .....	36
Tabulka 2 Chybová matice z klasifikace ISO Cluster pro rok 2018 .....	37
Tabulka 3 Rozdělení ploch v zájmovém území pro rok 2016 .....	38
Tabulka 4 Rozdělení ploch v zájmovém území pro rok 2018 .....	38
Tabulka 5 Změna výměry .....	39

## **SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 Změna výměry ploch .....	39
---------------------------------	----

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

DPZ	Dálkový průzkum Země
DZO	Digitální zpracování obrazu
EAC	European Astronauts Centre
ESA	Evropská kosmická agentura
ENVISAT	Environmental Satellite
ESAC	European Space Astronomy Centre
ESOC	European Space Operations Centre
ESTEC	European Space Research and Technology Centre
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EU	Evropská unie
GIS	Geografické informační systémy
GVI	Normalized Difference Vegetation Index
ISODATA	Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
MSAVI	Miltuspectral Vegetation Index
MSI	Multi Spectral Instrument
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	Normalized Difference Water Index
NIR	Near Infrared

## ÚVOD

V současné době je dálkový průzkum Země (DPZ) stále více populárnější. Družicové snímky se v dnešní době využívají v nejrůznějších oborech lidské činnosti. Informace získané z DPZ jsou ve velké míře využívány například v meteorologii, monitorování životního prostředí, geologii nebo také v archeologii. Hlavní výhodou DPZ oproti klasickým způsobům mapování je možnost získávání informací z míst, které jsou hůře dostupné. Další výhodou DPZ je v ekonomické stránce nebo také v rychlosti.

Tato bakalářská práce se věnuje sledování změn v krajině, pomocí klasifikační metody, která je součástí zvoleného programového prostředí.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí, první část se zabývá teorií dané problematiky a druhá praktická část, ve které jsou podle klasifikační metody sledovány změny v krajině vybraného zájmového území. Práce je zaměřena na okolí rybníku Skříň, který leží v Pardubickém kraji.

Práce vychází ze satelitních snímků z družice Sentinel-2. V práci je využita metoda neřízené klasifikace a využití vegetačního indexu pro sledování změn v krajině.

Cílem práce je zjištění změn v krajině v určitém časovém období s využitím družicových snímků a metodou neřízené klasifikace.

V závěru práce je pohovořeno o výsledcích klasifikace a o změnách, které se v krajině udály.

# 1 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

Dálkový průzkum Země je geoinformační technologie, která zažívá velký nárůst, a to díky využití materiálu DPZ ve všech oblastech geografie. Data, která jsou pořízena DPZ (letecké a družicové snímky) tvoří velkou část vstupních dat do geografických informačních systémů (GIS). Získaná data mají význam především pro oblasti menších měřítek. [13]

Následkem industrializace, urbanizace a globalizace dochází k ekologickým problémům, kterými jsou například nedostatek vody a půdy, zvyšování hladiny moří nebo znečištění řek, jezer či pozemních vod. Z tohoto důvodu je důležité, abychom dostávali rychlé a přesné informace o tom, co se kolem nás děje. DPZ je tedy způsob, jak těmto nebezpečím předcházet a snažit se je předpovídat. [21]

V posledních letech se DPZ stává stále více oblíbenější a využívanější v různých oblastech a oborech. Díky dnešní moderní a výkonné výpočetní technice jsou data využívána ve větší míře, než tomu bylo v dřívějších dobách. Data z DPZ mohou být využita v různých odvětvích, například v meteorologii, kartografii, civilní obraně, monitorování vegetace nebo mapování krajinného pokryvu. Díky možnosti automatizace celého procesu získávání dat je možné dosáhnout lepšího dlouhodobého monitoringu určitého území. [13], [5]

## 1.1 Definice dálkového průzkumu Země

Definice dálkového průzkumu Země je celá řada. Například Voženílek definuje DPZ jako disciplínu, která se věnuje pořizování a vyhodnocování leteckých a družicových snímků. [25]

Dle Huntingtona [13] „*Dálkový průzkum Země je umění rozdělit svět na množství malých barevných čtverečků, se kterými si lze hrát na počítači a odhalovat jejich neuvěřitelný potenciál, který vždy přesahuje naše možnosti.*“.

Lillesand a Keifer [21] definují DPZ takto „*Dálkový průzkum Země je věda i umění získávat užitečné informace o objektech, plochách, či jevech prostřednictvím dat měřených na zařízení, která s těmito zkoumanými objekty, plochami či jevy nejsou v přímém kontaktu.*“.

Dálkový průzkum Země je věda a umění získávání informací o objektu, oblasti nebo jevu prostřednictvím analýzy dat pořízených zařízením, které není v kontaktu s objektem nebo jevem, který je předmětem šetření. Využitím dálkového průzkumu Země můžeme sledovat různé změny na naší planetě, jakými jsou například nedostatek vody a půdy, emise skleníkových plynů či oteplování moří. Proto je důležité tyto změny sledovat a jednou z možností je DPZ, který nám přináší nejenom přesné, ale i rychlé informace o veškerých

změnách. Proto se v posledních letech DPZ stal jednou z klíčových oblastí k řešení těchto, ale i jiných problémů. [21], [25]

Nosiče snímacích zařízení pro DPZ mohou být umístěny například na palubě letadla, družice nebo balónu. Dálkovým průzkumem Země můžeme získat informace o objektu, jako je tvar objektu, velikost či poloha nebo také vzdálenost mezi objekty. Také nám umožňuje objevit jevy, které nelze pouhým okem téměř zachytit, např. znečištění mořské vody nebo tepelné znečištění. [45]

DPZ se rozděluje do dvou částí, v první části dochází ke sběru a přenosu dat – informací o objektu, v druhé části dochází k analýze a interpretaci dat, tzn. k tvorbě topografických map. [41], [18]

Obraz obsahuje dva druhy informací, a to informaci prostorovou a informaci obsahovou. Díky prostorové informaci víme více o objektech, např. velikost nebo jejich vzdálenost. Tematická nebo také obsahová informace říká, co který objekt ve skutečnosti znamená. [13]

Dle [13] jsou data DPZ také dělitelná dle druhu záznamu, a to na analogová data, pořizovaná na filmový materiál nebo data digitální, které mohou být zaznamenány v podobě čísel (např. grafy).

## 1.2 Historie DPZ

Historie DPZ souvisí se objevy v oblasti elektromagnetického zařízení, s vynálezem a vývojem fotografie a s vývoji v oblastech letectví nebo kosmonautiky. Za zmínku stojí klíčové události, které můžeme rozdělit do čtyř základních kategorií. [13]

První období se datuje do 1. světové války, zde byl důležitý faktor vynález fotografie. První fotografie byla pořízena již roku 1858 a to z balónu. Druhé období zahrnovalo letecké fotografování, které bylo vyvinuto hlavně pro vojenské účely, a to na začátku 1. světové války. Bohužel tyto snímky nebyly příliš užitečné pro tvorbu map a vědecké účely. [41]

Do konce 50. let 20. století byla pro civilní využití použita infračervená fotografie pro detekci škody na vegetaci. Roku 1958 byla pořízena první fotografie zemského povrchu z družice Explorer. První snímek z rakety byl však pořízen již v roce 1897 a to z družice navržené Alfredem Nobelem. Snímek zachycoval švédskou krajinou z výšky 100 metrů. [18]

Ve třetím období začal rozvoj kosmonautiky. V roce 1960 byla vypuštěna první meteorologická družice TIROS-1. Od té doby začal vývoj geostacionárních družic, které sledovaly hlavně vývoj počasí na celé zeměkouli. První družice byly vybaveny pouze TV

kamerami, později byly přidány i další zařízení, která umožňovala měření i v jiných vlnových délkách. Získaná data se týkala hlavně oblačnosti, směru větru a teploty vzduchu. [13]

Ve čtvrtém období došlo k vývoji automatizace a výpočetní techniky. První ze série družice pro výzkum přírodních zdrojů Země nesla jméno ERST-1, později však přejmenována na Landsat 1. Družice byla vypuštěna roku 1972. V roce 1986 přibyla družice SPOT, která dokázala poskytnout data i pro tvorbu digitálního modelu terénu. Roku 1999 byla vynesena na oběžnou dráhu družice IKONOS, která dokázala snímat data ve dvou režimech: v černobílém s rozlišením 1 m a v barevném s rozlišením 4 m. [13], [18]

### **1.3 Metody DPZ**

Dle [7] existují dvě primární metody dálkového průzkumu Země. Jsou to metody konvenční a metody nekonvenční. Rozdíl mezi těmito metodami je dnes již téměř zanedbatelný. Obě metody se v současné době můžou chlubit vysokým prostorovým rozlišením.

Klasifikace lze provést podle způsobu záznamu. Elektromagnetickou energii lze detekovat jak fotograficky, tak elektronicky. Fotografický proces je využíván k zaznamenávání rozdílů energie, chemické reakce na povrchu filmu, který je citlivý na světlo. Jako výsledek máme snímek (obrázek) v podobě klasické fotografie (papírová, negativ). Tutu metodu pak nazveme jako klasickou nebo konvenční. [7]

Pokud je elektromagnetická energie senzorem zaznamenávána hned od začátku elektronicky jako řadu (soubor) čísel, tak tento způsob nazýváme jako nekonvenční neboli digitální. [7]

#### **Konvenční metody**

Výsledkem těchto metod je fotografie – snímek v analogové podobě. Snímací zařízení je v tomto případě nejčastěji umístěno na letadlech nebo družicích. Kvalita snímků závisí nejvíce na podmínkách počasí. [13]

Snímky se pořizují pomocí centrální projekce na filmový materiál, obraz vzniká v jednom okamžiku. Díky dlouhé historii je metodika pořizování a zpracování fotografie již dobře známa. [13]

Elektromagnetická energie se zaznamenává v úzkém intervalu vlnových délek (viditelné a část infračerveného záření tj. 0,3 - 0,9  $\mu\text{m}$ ). [13], [20]

## **Nekonvenční metody**

Při této metodě vznikají snímky postupně skenováním po jednotlivých řádcích. Pro záznam se používají skenery. Data jsou poskytována nejčastěji v digitální podobě, což usnadňuje jejich další zpracování a díky jinému způsobu pořízení obsahují odlišná zkruslení na rozdíl od fotografií. [13]

Tato metoda je méně závislá na podmínkách počasí a je také méně geometricky přesná. Vznikají různá zkruslení a nepřesnosti. V neposlední řadě nabízí také možnost kvantitativního DPZ. Výsledkem této metody je tedy obrazový záznam neboli digitální snímek. [13], [20]

Klasifikovat obraz se dá také dle zdroje energie. Podle zdroje elektromagnetického záření se metody DPZ dělí na aktivní a pasivní. Zdroje záření mohou být umělého původu (radar) nebo přirozeným, kde zdroj je Slunce a Země sama. Aktivní metody mají pro své účely vlastní zdroj záření, což může být například radar, který vysílá elektromagnetický signál a poté zaznamená množství přijatého signálu, který se k němu dostává zpátky, díky odrazu od zemského povrchu. Pasivní metody snímají zdroj elektromagnetického záření (např. Slunce), které se odráží od zemského povrchu. Pasivní metody se dále dělí na přímé a nepřímé.

V přímé metodě je hlavním zdrojem informace Slunce a pracuje tak, že zaznamenává množství odraženého slunečního záření.

Nepřímé metody zaznamenávají záření emitované samotnými objekty, které jsou zkoumané. Jako příklad pasivní metody je možno uvést letecké snímkování či termovize, kde zjišťujeme teplotní informace o objektech. [29], [41], [45]

## 2 ZPRACOVÁNÍ OBRAZOVÝCH DAT

Zpracování digitální obrazové informace začalo být důležité od poloviny 70. let a souvisí především s dostupností primárně digitálních dat. Díky zautomatizování a urychlení celé řady postupů byla zlepšena číslíková forma uložení obrazové informace, což vedlo ke snížení nákladů, přesnosti, ale také ke zlepšení objektivitu. [41]

### 2.1 Předzpracování obrazu

Hlavním účelem prvního kroku digitálního zpracování obrazových dat je oprava chyb, které vznikly v průběhu pořizování „surových dat“. Vzniklé chyby mohou být způsobené například technickou nedokonalostí snímacího zařízení nebo nevhodným algoritmem systémové korekce. [16]

Chyby mohou být také náhodné a systematické. Velikost systematických chyb můžeme předvídat a modelovat, a tak se jejich korekce dají provádět již na přijímací stanici. Jsou jimi chyby v poloze objektů, vznikající v důsledku zakřivení Země, či její rotace. Náhodné chyby mohou vznikat např. vlivem atmosféry či výpadkem činnosti snímacího zařízení v průběhu snímání. [16]

#### **Geometrické korekce**

Geometrické korekce se používají v případech, kdy data obsahují velké polohové chyby a nepřesnosti a nedají se použít jako mapa. Cílem geometrické korekce je odstranění zkreslení, které může být způsobené nestálostí geometrických podmínek v průběhu měření, tak aby obraz získal požadovaný souřadnicový systém či kartografické zobrazení. Díky korekcím je pak možné snímek vličovat do mapy. Zdroje zkreslení mohou být změny výšky, poloha nosiče a jeho rychlosti, zakřivení Země a výškové změny reliéfu. [16]

Dle [41] geometrické korekce zahrnují celou skupinu metod, které slouží k účelům, jako jsou například transformace obrazových dat do určité mapové projekce, propojení obrazových dat s prostorovou vektorovou databází v GIS, porovnání dvou či více obrazových záznamů pořizovaných stejným či odlišným snímacím zařízením za účelem studia časových změn, tvorba ortofotomap a také vytváření mozaiky z několika obrazových záznamů.

#### **Radiometrické korekce**

Radiometrické korekce se snaží napravit chyby způsobené vnějšími parametry. Jelikož zařízení prochází atmosférou, která však není stálá, musejí být tato data před využitím radiometricky upravená. Radiometrické korekce odstraňuje zejména chyby vyvolané



některými změnami, jako například ozáření (změna výšky slunce), změna atmosférických podmínek, geometrie pohledu a odezvové charakteristiky přístrojů (kalibrace čísel). Radiometrickou korekcí můžeme řešit chyby jako je kompenzace sezonní rozdílů, náhodné chyby nebo bitové chyby. [41]

### **Atmosférické korekce**

Dle [41] je nejvíce komplikovanou složkou kompenzace vlivu atmosféry. Hlavním cílem atmosférické korekce je získat z původních hodnot, hodnoty absolutní odrazivosti. Atmosféra jako hmotné prostředí způsobuje změny získaných hodnot obzvláště procesy pohlcování a rozptylu. K odstranění atmosférických efektů jako například kouřmo či zákalu dochází v případě viditelného blízkého infračerveného záření. Metod k odstranění je několik.

Jednou z metod může být metoda nejtmašího pixelu. Dle [27] je infračervené záření rovno téměř nule, jestliže je v blízkosti s vodními objekty. Můžeme-li ve scéně nalézt přinejmenším jednou dostatečně hlubokou vodních plochu, potom můžeme signál přijatý senzorem považovat příspěvek atmosféry. Takto nalezená hodnota může být odečtena od všech obrazových prvků – pixelů.

Jako druhou metodu korekce je možno použít regresní analýzu. Dle [41] je tato metoda kvůli časové a finanční náročnosti použita pouze v některých případech pro některé experimenty. Analýza probíhá mezi daty získanými distančními metodami a daty z pozemních měření, uskutečněných nejlépe v době přeletu družice.

Třetí možnost je modelování atmosférických podmínek. Díky meteorologickým datům např. o teplotě či vlhkosti vzduchu, získaných v době vytváření obrazu, lze parametrizovat vlivy atmosféry. Uvedené hodnoty spolu s hodnotami obrazového záznamu vstupují do numerických modelů, které ve výsledku udávají korigovaná data o radiačních či zářivých vlastnostech objektů. [41]

## **2.2 Zvýraznění obrazu**

Zvýraznění obrazu se používá pro zvýšení odlišení mezi jednotlivými prvky obrazu, čímž je možné získat větší množství informací, které lze dále interpretovat. Vylepšený obraz může být interpretován na monitoru nebo vytištěn barevně či černobíle. Podle [7] lze postupy zvýraznění dělit na metody:

- bodové – kde je vytvořena závislost mezi vstupní hodnotou pixelu s definovanými souřadnicemi a hodnotou výstupního pixelu ve stejné poloze,

- prostorové – výstupní hodnota je závislá na hodnotách pixelu z daného okolí výstupního pixelu ve stejné poloze,
- spektrální – výstupní hodnota pixelu je závislá na všech hodnotách pixelu ve vstupním obrazu.

Při bodovém zvýraznění se vždy pracuje s histogramem obrazu a je použito zvýraznění hodnoty pixelů bez ohledu na okolí. Prostorové zvýraznění se zaměřuje na vylepšení vzhledu obrazu. Úkolem této operace je zvýraznění nebo potlačení zvláštních prvků obrazu, rozostření obrazu nebo zvýraznění kontrastu. Spektrální zvýraznění obrazu vytváří nová pásma s cílem zvýšit odlišení různých objektů. Současně se tak pracuje s dvěma a více spektrálními záznamy. [5], [13], [41]

### **2.3 Klasifikace obrazu**

Dle [41] je klasifikace obecně proces, při kterém se jednotlivým pixelům přiřazuje jasný informační význam. Hlavním cílem klasifikace je náhrada hodnoty radiometrických charakteristik původního obrazu vyjadřujícími tzv. informační třídy. Při klasifikaci jsou využita rozhodovací pravidla, díky nimž je možno identifikovat podobné prvky obrazu a vzájemně je seskupit do jednotlivých tříd se stejnými vlastnostmi. Klasifikace může být buď řízená nebo neřízená. O řízené klasifikaci mluvíme v případě, kdy je vyžadován vstup uživatele, který jí bude řídit a danému algoritmu určí, které pixely patří do jaké tzv. informační třídy. Neřízené klasifikace je proces, který nevyužívá trénovací množiny a také nevyžaduje téměř žádnou znalost daného území. Výstup z klasifikátoru v tomto případě nejsou informační třídy, ale spektrální. Metody neřízené klasifikace stojí na čistě matematických základech. Mezi metody neřízené klasifikace patří například algoritmus K-means, který je jedním z nejjednodušších algoritmů sloužících pro shlukování. [27]

### **2.4 Postklasifikační úpravy**

Postklasifikační úpravy jsou závěrečnou etapou digitálního zpracování dat. K důležitým krokům patří použití informací z jiných zdrojů, jako například geologické mapy, půdní a topografické mapy. Jelikož mají klasifikovaná data často nehomogenní vzhled, který není vhodný pro prezentaci výsledků, je dobré obraz vyhladit. K tomu slouží postklasifikační filtr, který je založen na logickém operátoru, a nikoliv na aritmetických operacích, které jsou často chybné. [13]

### 3 EVROPSKÁ KOSMICKÁ AGENTURA

Jelikož jsou v této práci využita data Evropské kosmické agentury, je zde zmíněna stručná charakteristika, co vlastně ESA je, kdy byla založena a co je jejím hlavním úkolem.

Dle [12] je Evropská kosmická agentura (ESA – European Space Agency) zcela nezávislá mezivládní organizace zajišťující rozvoj a aplikaci kosmického výzkumu a kosmických technologií. ESA je rovnocenný partner jiných velice významných kosmických agentur, zejména s americkou NASA, japonskou JAXA nebo také s ruskou Roskosmos a indickou organizací ISRO. Sídlo ESA se nachází v Paříži, kde se uskutečňují politická rozhodnutí a také koncepce připravovaných programů. Dále má ESA také kontaktní kanceláře, jedna z nich se nachází v Bruselu, další v USA a Rusku. V současné době má ESA okolo 2200 stálých zaměstnanců ze všech členských zemí, jsou jimi vědci, inženýři, informatici nebo specialisté na technologie a administrativní pracovníci.

Hlavní úkolem ESA je návrh a realizace Evropských kosmických programů. Cílem programů a projektů ESA je například získat nové znalosti o naší planetě a jejím bezprostředním okolí nebo o Sluneční soustavě a dalekém vesmíru. Dále také vývoj satelitních technologií a služeb, čímž pomáhá podporovat evropský průmysl. Za zmínku také stojí úzká spolupráce s kosmickými agenturami i mimo Evropu. [12]

Dle [11] má ESA v současné době 22 plnoprávných evropských členů, mezi které patří Belgie, Česká Republika (oficiální člen od roku 2008), Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Maďarsko, Německo, Řecko, Irsko, Itálie, Lucembursko, Nizozemsko, Norsko, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Rumunsko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko a Velká Británie. Kanada se účastní některých projektů jako jeden z členů v rámci dohody o spolupráci. Mezi další státy, které mají uzavřenou dohodu o spolupráci patří také Bulharsko, Kypr, Litva a Malta.

Činnosti ESA je možné zařadit do dvou kategorií, povinné a nepovinné. Povinné aktivity, mezi které patří vědecké programy a všeobecný rozpočet jsou zajišťovány z finančních prostředků všech států. Do všeobecného rozpočtu přispívají všechny země na základě jejich HDP. ESA také vede celou řadu volitelných programů a každý ze států se rozhoduje, kterých volitelných programů se zúčastní. Také se sami rozhodují, kolik peněz do rozpočtu volitelných programů přispějí. Státy se rozhodují zejména na základě svých preferencí. Mezi nepovinné činnosti se řadí ty, které jsou v zájmu pouze některých členských států, např. pozorování Země, satelitní navigace nebo telekomunikace a financovány jsou z nepovinných příspěvků. [3]

### 3.1 Specializovaná střediska

Největším evropským kosmickým výzkumným střediskem je ESTEC, který se nachází v nizozemském Noordwijku. Jedná se především o testovací středisko a je také spojovacím článkem velkého množství evropských kosmických aktivit. Nese také zodpovědnost za technickou přípravu, zajištění technické podpory pro probíhající družicové programy a řízení projektů ESA. ESTEC je také sídlem ředitelství ESA pro řízení techniky a kvality pilotovaných letů a výzkumného vědeckého oboru. Další středisko se nachází ve Španělsku v menším městečku nedaleko Madridu (ESAC) a představuje operační základu pro astronomická a planetární mise ESA. ESRIN je středisko, které se nachází v Itálii a jde o středisko dálkového průzkumu Země. Další dvě střediska se nachází v Německu (EAC a ESOC). [10]



Obrázek 1 Středisko ESOC

Zdroj: [42]

### 3.2 ESA a ČR

O vstupu ČR do ESA bylo rozhodnuto dle výsledku hlasování, které proběhlo dne 18. června 2008, když byla jednomyslně vyjádřena podpora vstupu do organizace. Smlouva o vstupu do organizace byla podepsána dne 8. července 2008, za ČR je ve smlouvě podepsán český premiér Mirek Topolánek a za ESA její generální ředitel Jean-Jacques Dordain. V říjnu

2008 byla smlouva podepsána také bývalým prezidentem České Republiky Václavem Klausem. [30]

Plnohodnotným členem organizace se ČR stala dne 12. listopadu 2008 kdy došlo k uložení podepsané smlouvy na francouzském ministerstvu zahraniční v Paříži. O dva dny později došlo také k vztyčení české vlajky vedle ostatních členských států před budovami ESA. [30]

Během prvního čtyřletého období činil celkový příspěvek ČR do PECS přibližně 12 milionů EUR. Tento příspěvek byl rozdělen do různých projektů, které spadají pod různé programy ESA: 50 % na vesmírnou vědu, 25 % na vesmírné technologie, 22 % na pozorování Země a 3 % na navigaci. [9]

## 4 PROJEKT SENTINEL

Název Sentinel si vybrala Evropská kosmická agentura k pojmenování nové generace družic, které slouží k meteorologickým účelům. Nové satelity řady Sentinel byly použity jako nástupce za satelity Envistat, které na oběžné dráze sloužily více jak 10 let. Envistat byl největším civilním satelitem pro pozorování Země. Satelit byl vypuštěn 1. března 2002 a fungoval více jak 10 let. Pár týdnů od desátých narozenin satelitu došlo k přerušení kontaktu a ESA oznámila konec. Za dobu, kterou satelit strávil na oběžné dráze vědci nasbírali mnoho důležitých informací o aspektech, které se podílí na tvorbě počasí. [4]

Jako nástupcem Envistatu měly být satelity řady Sentinel, které měly navázat na již dosluhující stroj, ale konec Envistatu přišel bohužel dříve, než ESA stihla vypustit prvního nástupce. Naneštěstí došlo ke ztrátě dat za poslední dva roky. Celý program Sentinel je součástí rozsáhlého programu Copernicus, který se zaměřuje hlavně na snímkování Země. Družice řady Sentinel byly vytvořeny především pro sběr informací týkající se životního prostředí, stejně tak lze nasbíraná data využít k lepšímu pochopení fungování Země. [8], [31]

Dne 3. dubna 2014 byl jako první vypuštěn Sentinel-1, a to z Francouzské Guyany. Sentinel-1 je zaměřen na sledování pevniny a moří, především na sledování mořského ledu, oceánských vod, ale i polárních oblastí, také dokáže snímkovat ve dne i v noci bez ohledu na oblačnost. Sentinel-1 dokáže kroužit kolem zeměkoule rychlostí až 28 tisíc km/h a pořizovat snímky pomocí laserového paprsku o kapacitě 600 Mbit/s. Využití nasbíraných dat je možné nejen v mimořádných situacích, jako například povodně či zemětřesení, ale i v běžném životě při sledování stavu životního prostředí a klimatických změn. Data mohou využít také námořní výpravy při hledání bezpečné trasy přes oceán, anebo vulkanologové, kterým přináší přesné měření drobných změn v aktivitě sopek. [33]

Družice Sentinel 2 jsou primárně určeny k monitorování krajinného pokryvu, mapování změn v území a využití ploch. Vyjma monitorování změn ve vodní hmotě se mise zabývá také sledováním kvality vod. Informace o kvalitě vody mohou být užitečné na více místech, jednak pro sledování spotřeby vody, ale také pro stanovení oblastí, které jsou, či naopak nejsou bezpečné pro plavce. Dalším důležitým úkolem družice je sledování změn lesů, může monitorovat tempo odlesňování, zalesňování nebo oblastí, které byly zasaženy požáry. Data z družice Sentinel-2 slouží i ke správným rozhodnutím o tom, jak nejlépe chránit a udržovat lesní zdroje, a tak předejít odlesňování. [31]

Sentinel-3 je v pořadí už třetí družicí vyslanou na oběžnou dráhu. Družice byla vyslána na oběžnou dráhu v únoru roku 2016 a její životnost se odhaduje na sedm až dvanáct let.

Jedná se o velice komplexní družici, neboť nese řadu optických přístrojů poskytujících snímky ve viditelném a infračerveném terénu. Dle [36] je hlavním cílem pořizování barevných obrazových dat pro monitorování pevniny a oceánů, zkoumání změn jejich teploty, výšky, pohybu hladiny, barvy a stavu vody, což je velice užitečné pro monitorování životního prostředí. Na základě těchto dat je možné lépe předpovídat vývoj počasí. Sentinel-3 přináší také důležité informace ohledně stavu oceánu, což může pomoci v lodní dopravě. Družice také monitoruje pevninu, za účelem odhalování vznikajících požárů či sledování vegetace. [24]



**Obrázek 2** Družice Sentinel-3

*Zdroj: [35]*

Družice Sentinel-4 budou poskytovat data o složení atmosféry. Hlavním účelem je sledování stopových plynů, které jsou důležité pro určování kvality ovzduší, zejména  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $HCHO$  a aerosolů ve vysokém časovém a prostorovém rozlišení, dále pak také měření slunečního záření a monitoring klimatu. Sentinel-5 se bude také zaměřovat na kvalitu ovzduší, sledování stopových prvků a na sledování chemického složení atmosféry, ale také na podporu monitorování klimatu, což může být v budoucnu velmi užitečné pro lidstvo. [37], [38]

## 5 STÁVAJÍCÍ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Hlavním cílem této kapitoly je představit některé z prací a studií, které se zabývaly sledováním změn v krajině. Na podobné téma vzniklo mnoho jiných prací. Tato práce se zabývá sledováním změn v krajině vybraného zájmového území, a i proto se následující studie budou zabývat stejnou či podobnou problematikou jako je sledování změn v krajině, dálkový průzkum Země a podobné práce, které souvisí s tímto tématem.

Jako první je zde uvedena diplomová práce Magdaleny Kalinové, která se ve své práci zabývá spektrálními indexy. Práce nese název „Využití spektrálních indexů při monitoringu zelně vybrané části Pardubického kraje“, což byl také cíl její práce [17]. V této práci je podrobně popsáno spektrální chování objektů, ale také hlavní znaky jednotlivých indexů a využití v praxi. Použitá datová sada byla z let 1987 až 2013 a ke zpracování autorka využila software ArcGIS for Desktop. Na závěr autorka uvedla, že nejlepší výsledky pro dané území vykazuje vegetační index MSAVI. Naopak jako nejméně vhodný index se ukázal index GVI a to kvůli výkyvům, které se projeví v porovnání v jednotlivých letech oproti ostatním indexům. Diplomová práce je zde uvedena, protože se zabývá podobnou problematikou a využívá vegetační indexy.

V roce 2012 napsala svoji diplomovou práci studentka Univerzity Pardubice Eva Trojovská. Její práce nese název „Využití automatické klasifikace obrazu pro analýzu vývoje krajiny v obci Staré Jesenčany“ [43]. Autorka si jako cíl zvolila zhodnocení klasifikace obrazu a kvantifikaci ploch pro jednotlivé časové horizonty. Jako software si autorka vybrala ArcGIS 10 for Desktop a byly zde použity letecké snímky společnosti GEODIS z let 2003 a 2008 a také satelitní snímky z družice Landsat 7 s lez 2000 a 2010. Autorka Eva Trojovská došla ve své práci k závěru, že ubývá podíl orné půdy a jako důvod uvádí prodej orné půdy a její následné využití pro výstavbu. Diplomová práce je zde zmíněna z důvodů užití klasifikace obrazu v krajině, stejně jako tomu bude v této práci.

Studentka Univerzity Karlovy Martina Andrštová [1] se ve své diplomové práci s názvem „Využití hyperspektrálních dat ke klasifikaci vegetace alpského bezlesí v Krkonoších“ zabývá hodnocením ekosystému v Krkonošském národním parku s využitím hyperspektrálních dat. Jako hlavní zdroj dat byla použita hyperspektrální letecká data senzorů APEX a AISA DUAL z roku 2012 a 2013. Cílem práce bylo zlepšení přesnosti klasifikace vegetace alpského bezlesí ve srovnání s údaji, které jsou dostupné v literatuře, což bylo také splněno.



V roce 2015 vznikla také bakalářská práce studentky Adély Horákové [14] s názvem „Zhodnocení dat dálkového průzkumu Země poskytovaných Evropskou unií“. Jak už je uvedeno v názvu, tak hlavním cílem bylo zhodnocení dat DPZ poskytovaných Evropskou unií ve spolupráci s ESA. Studentka dospěla k závěru, že v současné době dochází ke zvýšenému využití dat z DPZ a tyto data jsou dále využívána jednak ve vědě, ale také pro širokou veřejnost, která jeví o data z dálkového průzkumu Země stále větší zájem. Tato práce je zde zmíněna proto, že zabývá podobnou problematikou.

Poslední akademická práce, která zde bude zmíněna nese název „Identifikace vodních ploch v obrazových datech“ a její autor se jmenuje Radek Pešek [28]. Cílem práce bylo porovnání všech klasifikačních metod pro klasifikaci vodních ploch v obrazových datech. Autor svojí práci zaměřil pouze na malé vodní plochy v okolí Pardubického kraje. Radek Pešek ve své práci dospěl k závěru, že nejlepší klasifikační algoritmus pro vodní plochy v softwaru ArcGIS for Desktop 10.2 je ISO Cluster (5 tříd) s daty z družice Sentinel-2. Tato práce je zde zmíněna proto, že autor pracoval s daty, které získal z družice Sentinel, ze které budou data využity i zde.

Jako další je zde uveden zahraniční článek „Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS“, vydaný společností „The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences“ roku 2015, který pojednává o změně území zasažených povodněmi. Pro tuto studii byl využit algoritmus „maximum likelihood“. Data byla získána pomocí multispektrálních satelitních snímků z Landsat 5 a SPOT 5 pro roky 1992 a 2012. Získané družicové snímky rozdělili autoři do pěti tříd (zemědělství, půda/skály, sídla, vegetace a voda). Výsledné mapy byly vytvořeny v programu ArcGIS 10 a dokázaly výrazný posun z třídy vegetace a voda na zemědělství, půda a sídla a snížení o 34 % a 74,3 %. Tyto výsledky představují vážnou hrozbu pro vodní zdroje, které se mohou úplně ztratit. [2] Tento článek je zde zmíněn proto, že podobně jako v této práci využívá vegetační indexy.

Další zahraniční studie se zabývá detekcí a vymezení vodních ploch za pomoci snímků z Landsat TM. Jako zájmové území byla vybrána záplavová oblast řeky Murrumbidgee, které se nachází nedaleko města Wagga v Austrálii. Účel této studie spočíval v zjištění správnosti při použití jednoduchých technik DPZ pro mapování vodních útvarů z dat družice Landsat 5 TM. Jako v předchozí studii byl použit algoritmus multispektrální klasifikace „maximum likelihood“. Celková přesnost klasifikace byla více než 97 %, také výsledky klasifikace pomocí středního infračerveného pásma 5 dosáhla výborných výsledků a to téměř 97 %, což jsou téměř srovnatelné výsledky jako za použití metody maximální pravděpodobnosti. [39]

Studie je zde zmíněna, protože je rovněž založena zpracování snímků, které zachycují vodní plochy.

V roce 2004 byl vydán článek, který pojednává o dálkovém průzkumu Země a práci s hyperspektrálními daty, byly zde využity data ze skeneru MODIS a pro klasifikaci pomocí rozhodovacího stromu. Článek „Mapping Regional Land Cover With MODIS Data For Biological Conservation“ se zaměřuje na dvě chráněná území v USA [46]. V oblasti Greater Yellowstone Ecosystem bylo měření velice úspěšné, a to při měření v rozsáhlých plochách jako jehličnaté lesy a pastviny. Naopak méně uspokojivých výsledků dosáhlo druhé měření, které mapovalo menší lokality (mokřady). Klasifikace MODIS pro stát Pará byla úspěšná, zaznamenala extrémní vliv člověk na přírodu, jako je odlesňování. Tato studie je zde zmíněna, protože rovněž pracuje s hyperspektrálními daty a pozoruje změny v zájmové oblasti.

Následující studie „Mapping Of Urban Surface Water Bodies From Sentinel-2 MSI Imagery At 10 m Resolution Via NDWI-Based ImageSharpening“ se zabývá průzkumným vyhodnocením nových snímků z družice Sentinel-2A pro mapování vodních útvarů za použití metody ošetření obrazů. Sentinel-2 MSI poskytuje spektrální pásma s různými spektrálními rozlišeními, včetně pásem RGB a Near-Infra-RED (NIR). Pro výzkum byly vybrány dvě studijní oblasti v Číně, byl jim Peking a Yantai. Výsledek této studie nám ukazuje, že navrhovaný obraz MNDWI na bázi NDWI vykazuje daleko vyšší separovatelnost, a je tak mnohem lepší pro použití pro klasické vodní mapy. [49] Pro tuto práci byly využity snímky z družice Sentinel, stejně tak, jak tomu je v této práci.

Další studie byla taktéž prováděna v Číně a zabývá se přezkoumáním a následným porovnáním existujících přístupů mapování pro otevřené povrchové vody. Studie z roku 2017 byla pojmenována jako „Open surface water mapping algorithms: A comparison of water-related spectral indices and sensors“, což lze volně přeložit jako Mapování otevřených povrchových vod za použití algoritmu srovnání spektrálních indexů a senzorů souvisejících s vodou. Jako zájmové území byla vybrána oblast Poayangského jezera. Pro tuto studii bylo využito šest nejvíce používaných vodních indexů, mezi které patří index vlhkosti částic (TCW), normalizovaného rozdílu vodního indexu (NDWI), modifikovaného normalizovaného rozdílu vodního indexu (mNDWI), součet blízkých infračervených pásem (Sum457) automatický index extrakce vody (AWEI) a index povrchové vody (LSWI). Také byly použity tři snímače středního rozlišení (Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI a Sentinel-2 MSI). Výsledky ukazují, že výsledné mapy z údajů Landsat 8 a Sentinel-2 měli vyšší

celkovou přesností než u Landsat 7. Z toho vyplývá vylepšený výkon v Landsat 8 a Sentinel-2 pro mapování povrchových vod. [51]

Stejně jako v této studii, tak i tato práce se bude zabývat změnami vodních ploch.

Dálkový průzkum Země se ukázal jako velice užitečný i v zemědělství. Jak dokazuje studie „New spectral index for detecting wheat yellow rust using Sentinel-2 multispectral imagery“. Rez plevová já název nemoci, která je jedna z nejvíce ničivých chorob pšenice ozimé a vede k výraznému poklesu kvality pšenice a výnosu zemědělců. Identifikace a sledování této nemoci má velký význam pro vedení zemědělské výroby. Tato studie zkoumá potenciál družice Sentinel-2 MSI s vylepšeným prostorovým rozlišením. Nový multispektrální index – Index červených okrajů (REDSI), byl navržen pro detekci nemoci, které ohrožuje pšenice v různých stupních závažnosti. Celková přesnost REDSI činila 84,1 % při koeficientu kappa 0,76. REDSI také vykazoval lepší výsledky než jiné běžně používané spektrální indexy pro tuto chorobu. [50]. Studie byla zmíněna kvůli použití vegetačních indexů, jsou použity i v této práci.

Následující studie se zabývá detekcí úniku ropy a oleje, sledována pomocí družice Sentinel-2. Studie se nazývá „Oil spill detection and mapping using Sentinel-2 imagery“. Zájmové oblasti této studie se nachází poblíž Atén v Řecku. Při výzkumu byly použity dvě metody, přičemž první metoda mohla být použita pouze na jediném snímku, protože výsledky byly zkreslené kvůli chybám v mělkých vodách. Pro zlepšení výsledků byla navržena i druhá metoda – multitemporální metoda, která měla být daleko přesnější. Při použití této metody byly úspěšně zjištěny ropné úniky v blízkosti pobřeží. Předběžné výsledky jsou považovány za velmi úspěšné a konzistentní, s vysokým stupněm uplatitelnosti i na jiné satelitní snímky Sentinel-2. Výsledkem je, že obě metody, které byly vyvinuty a použity na snímacích zařízeních Sentinel-2 pro zjištění úniku ropných látek poskytují konzistentnější výsledky. [26] Tato studie byla vybrána, protože je také založena na hodnocení krajiny ze snímku z družice Sentinel.

Poslední zde uvedená studie se zabývá využitím snímků z družice Sentinel-1 pro zlepšení monitorování povodní v suchých oblastech. Studie nese název „The use of Sentinel-1 time-series data to improve flood monitoring in arid areas“. V rámci této studie je využit přístup k datům z družice Sentinel-1, které mají pomoci ke zlepšení výsledků v boji proti povodním. Došlo k odstranění nadhodnoceného rozsahu vody související s povrchy s nízkým zpětným rozptylem písku pomocí vrstvy, která písek vylučuje (SEL). Metodika byla testována a potvrzena na povodňové události v květnu 2016 na řece Webi Shabelle, Somálsku a Etiopii, která byla pokryta časovou řadou snímků z 202 snímků z družice Sentinel-1. Bylo prokázáno

výrazné zlepšení přesnosti klasifikace, celková klasifikace se zlepšila přibližně o 5 % na hodnotu 98,5 % a uživatelská přesnost se zlepšila přibližně o 25 % na hodnotu 96 %. Experimentální výsledky ukázaly, že přesnost klasifikace je ovlivněna několika parametry, jako například délka časové řady použité pro generování SEL. [22]

## 6 PŘÍPADOVÁ STUDIE

Případová studie této bakalářské práce se týká rybníku Skříň a jeho blízkého okolí. Rybník se nachází v Pardubickém kraji, severozápadně od města Pardubic. Zájmové území bylo vybráno z důvodu, že tato práce je vázaná na další projekty, které jsou na Ústavu systémového inženýrství řešeny. Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zjištění změn v krajině vybraného zájmového území. Pro tyto účely byl vybrán software ArcGIS 10.5 for Desktop, ve kterém proběhne celá tato případová studie. Jednotlivé výsledky budou vyobrazeny ve formě map a následně porovnány. Pro tuto studii budou využity data z družice Sentinel-2.

### 6.1 Postup zpracování

Pro zpracování dat pro tuto případovou studii byl využit softwarový nástroj od firmy ESRI. Nástroj ArcGIS byl využit nejenom pro analýzu, ale také pro výslednou grafickou interpretaci a vytvoření grafických výstupů.

Zpracování případové studie bylo rozděleno do několika kroků – Výběr zájmového území, Výběr a sběr dat, Zpracování a klasifikace dat a Vizualizace a interpretace výsledků, viz. Obrázek 3.



**Obrázek 3** Postup při zpracování případové studie

*Zdroj: vlastní zpracování*

### 6.2 Charakteristika zájmového území

Jako zájmové území této bakalářské práce byl vybrán rybník, který nese jméno Skříň. Rybník se nachází tři kilometry západně od městečka Lázně Bohdaneč, a také jeden kilometr

od obce Neratov v okrese Pardubice. Rozloha rybníku činí 26,9 ha a jeho objem činí okolo 130 000 m<sup>3</sup>. Rybník Skříň se nachází v blízkosti dalších rybníků, jako například Rozhrna, Dolní Jílovky, Horní Jílovky, Udržal nebo Tichý rybník. Rybník byl postaven jako součást dalších rybníků v 16. století. V současné době se rybník využívá hlavně k chovu ryb. Společně s rybníky, které se nachází v těsné blízkosti tvoří významnou ornitologickou oblast vodního ptactva. Kolem rybníka, který je lemován staletými duby vede naučná stezka Pernštejnskými rybníky, která návštěvníky seznamuje s historií a současností rybníkářství a také s místní krásnou krajinou. [40]



**Obrázek 4** Výběr zájmového území

*Zdroj: vlastní zpracování*

### 6.3 Výběr a sběr dat

Pro případovou studii byly použity družicové snímky z družice Sentinel-2. Družice Sentinel-2 jsou určeny k mapování změn v území a monitorování krajinného povrchu. Tato družice byla na oběžnou dráhu vypuštěna 23. června 2015 a na své palubě nese senzor MSI (Multi Spectral Instrument) snímající celkem v 13 pásmech v prostorovém rozlišení 10 m, 20 m a 60 m. Tento senzor je první svého druhu, který zahrnuje tři pásma v červeném okraji viditelného spektra (Red-Edge), data z toho senzoru jsou vhodná pro sledování zdravotního stavu vegetace, tvorbu vegetačních indexů nebo zjišťování vodního stresu. Tato data mohou

být užitečná například v oblasti zemědělství, dokumentace stavu území či podpory krizového řízení. Družice prolétne nad stejným místem na Zemi jednou krát za deset dní. [28]

Data poskytovaná družicí Sentinel 2 jsou volně dostupná na webových stránkách <https://earthexplorer.usgs.gov>. Webové stránky požadují registraci, která není náročná, skládá se za čtyř kroků. Na první stránce (Obrázek 5) je požadováno zadání nového uživatelského jména a hesla a zaškrtnutí políčka, které hlídá, zda registraci neprovádí nějaký robot. Na druhé stránce se vyplňují kontaktní demografické údaje, podle nich se identifikují jednotliví uživatelé a využití dat, tyto informace jsou důležité zejména pro shromažďování statistik o datových aplikacích a typech organizací, která tyto data využívají. Třetím krokem je vyplnění osobních informací o uživateli, jako křestní jméno, příjmení, organizace nebo společnost pro kterou pracuje, adresa, země, město, telefonní číslo a tak dále. Po vyplnění všech požadovaných informací se dostaneme na poslední stránku, kde se nachází shrnutí všech vyplněných údajů a potvrdíme registraci. K ověření uživatele je ještě třeba potvrdit email, který přijde na zadanou emailovou adresu. Celá registrace zabere kolem 10 minut, poté je uživateli povoleno stahovat data. Web neposkytuje data pouze z družic Sentinel, ale i z mnoha dalších.

**User Registration**

**User Credentials** | Contact Demographic | Contact Information | Complete Registration

Registration and login credentials are required to access all system features and download data from USGS EROS web services. To ensure privacy and security, ERS uses Hypertext Transfer Protocol with Secure Sockets Layer (HTTPS) to encrypt user authentication.


To register, please create a username and password. The information gathered from the registration process is not distributed to other organizations and is only used to determine trends in data usage. Review [USGS Privacy Policies](#).

The Cancel button can be used to exit the registration process at any time and information entered will be lost.

Username

New Password

Confirm New Password

Nejsem robot   
Ochrana soukromí - Bránění podnětů

**Continue**

**Username Requirements**  
Must be between 4 and 30 characters  
May contain alphabetic and numeric characters  
May only contain the following special characters  
period "."  
at sign "@"  
underscore "\_"  
dash "-"

**Password Requirements**  
Must be between 8 and 16 characters  
Must contain at least one alphabetic character  
Must contain at least one numeric character  
May only contain the following special characters  
comma ","  
hyphen "-"  
period "."  
pipe "|"  
pound "#"  
underscore "\_"

**Obrázek 5** První krok registrace

Zdroj: [44]

Po úspěšné registraci už je možno stahovat vybraná data ze zvolené družice. Stažení dat, stejně jako registrace, není obtížná záležitost a zabere pouze pár minut.

Prvním krokem je výběr zájmového území, kde do políčka Adres/place nutné zadat jméno zájmového území, v tomto případě Pardubice. Po kliknutí na tlačítko „Show“ už bylo pouze potřeba vybrat nalezený výsledek a zadat datum, ze kterého má být výsledný snímek. Jelikož družice Sentinel-2 byla vypuštěna 23. června 2015, tak hledání začalo od téhož data. Na druhé stránce následoval výběr datové sady, v tomto případě se jednalo o datovou sadu „Sentinel“. Dalším krokem byl výběr družice, kde byla vybrána jediná nabízená družice a to Sentinel-2. Dále bylo zapotřebí definovat další kritéria, jako například míru oblačnosti. Po kliknutí na tlačítko „Results“ je možno vidět nalezené snímky, ze kterých se vybere námi požadovaný snímek. První snímek, který byl vybrán je z roku 2016, přesněji z 27. března, naopak druhý snímek je novější, v tomto případě z devátého dubna 2018. Snímky byly vybrány nadcházejících měsících, aby byly výsledky co nejlepší a nejpřesnější.

The screenshot shows a web application interface for searching satellite data. The interface is divided into two main sections: "1. Enter Search Criteria" and "4. Search Results".

**1. Enter Search Criteria**

To narrow your search area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the [help documentation](#)), and/or choose a date range.

**Address/Place** Path/Row Feature Circle

Pardubice Show Clear

**Coordinates** Predefined Area Shapefile KML

Degree/Minute/Second Decimal

1. Lat: 50° 02' 03" N, Lon: 015° 46' 52" E Use Map Add Coordinate Clear Coordinates

**Date Range** Result Options

Search from: 07/15/2015 to: 04/19/2018

Search months: (all)

Data Sets » Additional Criteria » Results »

**4. Search Results**

If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set.

**Note:** You must be logged in to download and order scenes

Show Result Controls

Data Set Click here to export your results »

Sentinel-2

« First < Previous 1 Next > Last »

Displaying 1 - 10 of 36

1 ID:L1C\_T33UWR\_A014605\_20180409T101343  
Acquisition Date:2018/04/09  
Platform:SENTINEL-2A  
Tile Number:T33UWR

2 ID:L1C\_T33UWR\_A014562\_20180406T100243  
Acquisition Date:2018/04/06  
Platform:SENTINEL-2A  
Tile Number:T33UWR

3 ID:L1C\_T33UWR\_A013947\_20180222T095026  
Acquisition Date:2018/02/22  
Platform:SENTINEL-2A  
Tile Number:T33UWR

4 ID:L1C\_T33UWR\_A012088\_20171015T095357  
Acquisition Date:2017/10/15  
Platform:SENTINEL-2A  
Tile Number:T33UWR

Obrázek 6 Stahování dat a výběr snímků

Zdroj: [44]



## 6.4 Použitý software

V dnešní době existuje mnoho různých softwarů ke zpracování digitálního obrazu. Od komerčních až po ty volně dostupné. Mezi zástupce volně dostupného softwaru patří například QGIS nebo Multispec. Mezi komerční patří ArcGIS od společnosti ESRI, který byl použit pro tuto práci, a to z důvodů dostupnosti na Ústavu systémového inženýrství.

Ke zpracování stažených dat byl využit software ArcGIS 10.5 for Desktop od firmy ESRI. Společnost ESRI se zabývá vývojem softwaru určeného pro práci s GIS. ArcGIS je geografický informační systém, který se používá zejména pro vytváření map, sestavování geografických dat, analýzu mapovaných informací nebo také pro správu geografických informací v databázích. Nejnovější verze softwaru je nyní ArcGIS 10.6 for Desktop, který byl vydán v roce 2018 a přináší některé novinky a zlepšení. Nová verze je výrazně rychlejší a bylo také upraveno uživatelské prostředí. Vylepšení dostal i nástroj ArcGIS Enterprise Builder, který vznikl pro lepší a snazší instalace ArcGIS. [48]

## 6.5 Příprava dat

Před stažením dat bylo zvoleno procento oblačnosti menší než 10 %. U prvního snímku, který byl pořízen roku 2016 byla naměřena oblačnost 2 %, u snímků z roku 2018 dosahovala oblačnost dokonce 0 %. Jelikož byly atmosférické, geometrické a radiometrické korekce provedeny již od poskytovatele dat, nebylo třeba dále provádět další úpravy.

Satelitní snímky z družice Sentinel-2 byly poskytnuty ve formátu .jp2, ve kterém bylo každé pásmo uloženo samostatně, bylo třeba spojit jednotlivá pásma do jednoho souboru ve formátu TIFF, který byl pro tuto práci zvolen jako vhodnější. Pro spojení snímků do hromady existuje v softwaru ArcGIS 10.5 for Desktop několik způsobů, v této práci byla vybrána funkce Composite Bands, která se nachází v záložce Data Management Tools, Raster, Raster Processing a dále Composite Bands. Pomocí této funkce bylo ze třinácti pásem vybráno 10, které byly spojeny do jednoho snímku, tato operace si vyžádala celkem dlouhou dobu, a to kolem čtyř minut. Vyřazeny byla pásma 1, 9 a 10, která slouží k detekci aerosolu, vodních a cirrusových mraků a nejsou tak v této práci potřebné. Pro oba snímky byl souřadnicový systém WGS 1984 UTM Zone 33N.

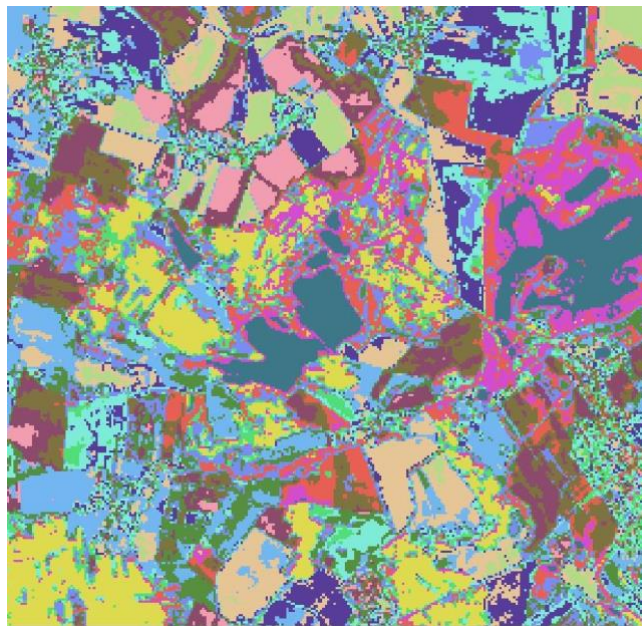
Protože snímky z družice pokrývaly mnohem větší část území, než byla v této práci potřeba, tak bylo potřeba snímky ořezat pouze na zájmové území. Pro ořezání snímků byla využita funkce Clip.

Výstupem této fáze, byly dva snímky ve formátu TIFF, které byly oříznuté a připravené pro následnou klasifikaci.

## 6.6 Neřízená klasifikace

Jako první byla v programu ArcGIS 10.5 for Desktop provedena neřízená klasifikace (Iso Cluster). Dle [19] je tato klasifikace pro uživatele velice jednoduchá, protože je pro uživatele lehce použitelná. Neřízená klasifikace je založena na principech shlukové analýzy, jedná se o statistické rozdělení pixelů do shluků. Při neřízené klasifikaci je možnost vybrat počet tříd, do kterých má být obraz rozdělen. Získané třídy je však ještě nutno porovnat s leteckými snímky a porovnat, zda algoritmus vyhodnotil dané území správně. Podle [21] je jako příklad neřízené klasifikace možno uvést například algoritmus K-means nebo ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques), která byla využita i v této bakalářské práci, hlavně díky tomu, že je jediná, kterou nabízí vybraný software ArcGIS 10.5 for Desktop. ISODATA je vylepšená varianta algoritmu K-means a liší se hlavně tím, že uživatel musí zadat minimální a maximální počet shluků.

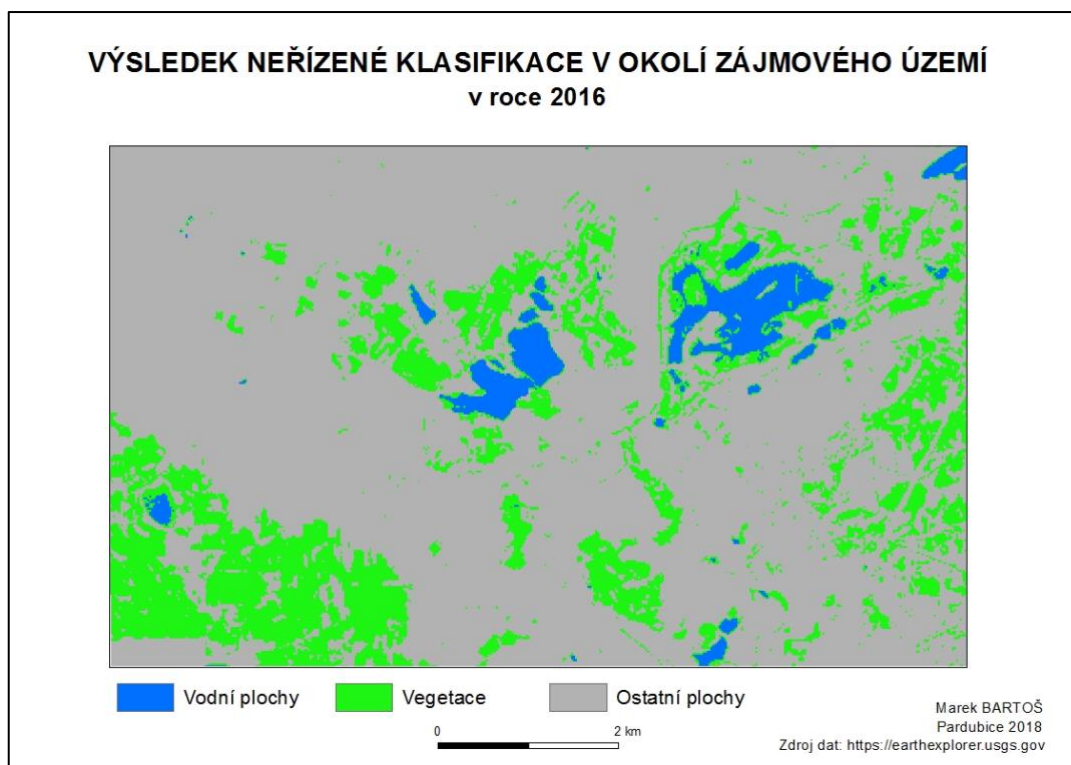
První byl klasifikován snímek z roku 2016. Nejprve bylo potřeba definovat počet tříd, do kterých měl algoritmus jednotlivé pixely roztrždit. Poté bylo nastaveno 5 tříd, poté 10 a jako poslední pokus 15 tříd, další parametry, které se daly konfigurovat zůstaly nezměněné, protože nejsou v této klasifikaci důležité. Bylo tedy provedeno několik testování a na základě výsledků bylo jako nejvhodnější zvoleno rozdělení do 15 tříd. Na obrázku 7 je možno vidět rozdělení do 15 tříd pomocí neřízené klasifikace ISO CLUSTER v defaultních barvách.



**Obrázek 7** Klasifikace ISO CLUSTER (15 tříd) z dat Sentinel-2

*Zdroj: vlastní zpracování*

Dále bylo potřeba sjednotit jednotlivé třídy, z původních 15 tříd byly vytvořeny pouze tři, a to třídy vodní plochy, vegetace a ostatní plochy. Výstup z dané klasifikace lze vidět na obrázku 8.



**Obrázek 8** Klasifikace metodou ISO Cluster (15 tříd) z dat Sentinel-2

*Zdroj: vlastní zpracování*

Pro zjištění přesnosti klasifikace byla vytvořena klasifikační chybová matice dat. Nejprve bylo pro každou kategorii vygenerováno 10 bodů a dále bylo třeba zjistit, jestli dané body patří nebo nepatří do dané kategorie. Do kategorie vodních ploch bylo 6 bodů zařazeno jako správných. V kategorii vegetace bylo 8 bodů správných. V poslední kategorii ostatních plochy byly všechny body vyhodnoceny jako správné. Výsledná matice je zobrazena jako tabulka číslo 1.

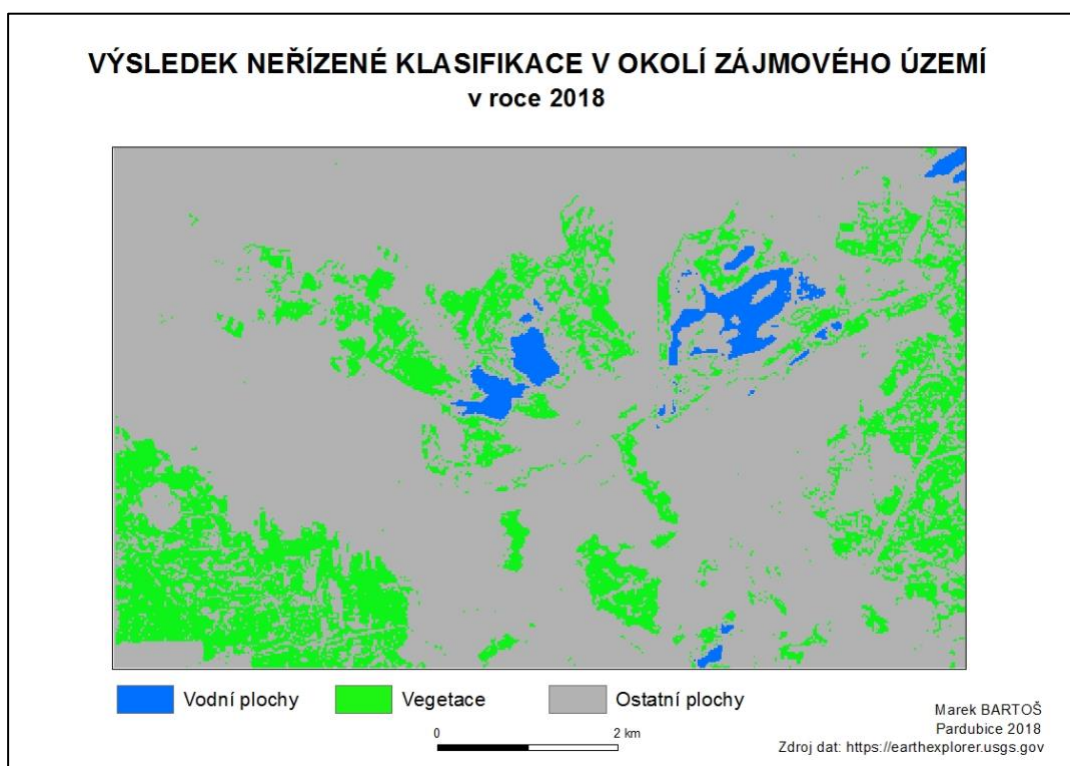
**Tabulka 1** Chybová matice z klasifikace ISO Cluster pro rok 2016

Třída	Referenční data			
	Vodní plochy	Vegetace	Ostatní plochy	Celkem
Vodní plochy	6	3	1	10
Vegetace	2	8	0	10
Ostatní plochy	0	0	10	10

*Zdroj: vlastní zpracování*

Klasifikace druhého snímku z roku 2018 probíhala téměř stejně. Experimentálním způsobem bylo zvoleno počet tříd, a to 5, 10 a jako poslední 15. Opět byla vybrána

klasifikace, která byla rozdělena do 15 tříd, protože byla posouzena jako nejpřesnější. Na obrázku 9 je zobrazen výsledek klasifikace z roku 2018 rozdělen do konečných tří tříd.



**Obrázek 9** Klasifikace metodou ISO Cluster (15 tříd) z dat Sentinel-2

*Zdroj: vlastní zpracování*

Stejným způsobem jako u předchozího snímku byla vytvořena chybová matice i pro druhý rok. Opět bylo každé třídě přiřazeno 10 bodů, které byly porovnávány s referenčními daty. V tomto případě bylo do kategorie vodní plochy správně zařazeno 7 bodů, do vegetace 8 správných bodů a do ostatních ploch 9 bodů. Tabulka 2 zobrazuje zařazení bodů do jednotlivých kategorií.

**Tabulka 2** Chybová matice z klasifikace ISO Cluster pro rok 2018

Třída	Referenční data			
	Vodní plochy	Vegetace	Ostatní plochy	Celkem
Vodní plochy	7	2	1	10
Vegetace	2	8	0	10
Ostatní plochy	1	0	9	10

*Zdroj: vlastní zpracování*

## 6.7 Výpočet rozloh

Protože byly výsledky automatické klasifikace porovnány s výsledky ruční klasifikace, bylo dále třeba vypočítat rozlohy jednotlivých ploch.

Jednotlivé rozlohy tříd byly vypočítány pro oba roky, a to z neřízené klasifikace z dat Sentinel-2.

Nejprve bylo třeba převést hodnoty z rastru na polygon, kterým byla přidána tříd jednotlivých kategorií. Dále pomocí funkce „Calculate Geometry“ byly vypočítány jednotlivé rozlohy. Jako jednotky byly zvoleny hektary (ha). Všechny vypočítané hodnoty byly přiřazeny do atributové tabulky. Pro součet jednotlivých ploch byly využita funkce „Summary Statistic“. Tabulka 3 udává celkovou výměru jednotlivých kategorií pro rok 2016 v hektarech a také vyjádření v procentech.

**Tabulka 3** Rozdělení ploch v zájmovém území pro rok 2016

<b>Rozdělení ploch v zájmovém území v roce 2016</b>		
<b>Kategorie</b>	<b>Výměra (ha)</b>	<b>Výměra (%)</b>
Vodní plochy	900,36	3,43
Vegetace	3371	12,84
Ostatní plochy	21978,96	83,73
<b>CELKEM</b>	<b>26250,32</b>	<b>100</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

Stejným způsobem byl proveden výpočet plochy jednotlivých kategorií i pro rok 2018. Už z výsledků neřízené klasifikace byl pouhým okem vidět rozdíl mezi jednotlivými lety. Tabulka 4 dokazuje, že v zájmovém území došlo ke změně využití krajiny. Největší změnu zaznamenala kategorie vegetace, která se oproti ostatním kategoriím zmenšila nejvíce. Dále je pak vidět změna i v kategorii vodních ploch, kde došlo také ke zmenšení. Tabulka 4 udává hodnoty pro rok 2018.

**Tabulka 4** Rozdělení ploch v zájmovém území pro rok 2018

<b>Rozdělení ploch v zájmovém území v roce 2018</b>		
<b>Kategorie</b>	<b>Výměra (ha)</b>	<b>Výměra (%)</b>
Vodní plochy	740,77	2,82
Vegetace	2648,76	10,09
Ostatní plochy	22860,79	87,09
<b>CELKEM</b>	<b>26250,32</b>	<b>100</b>

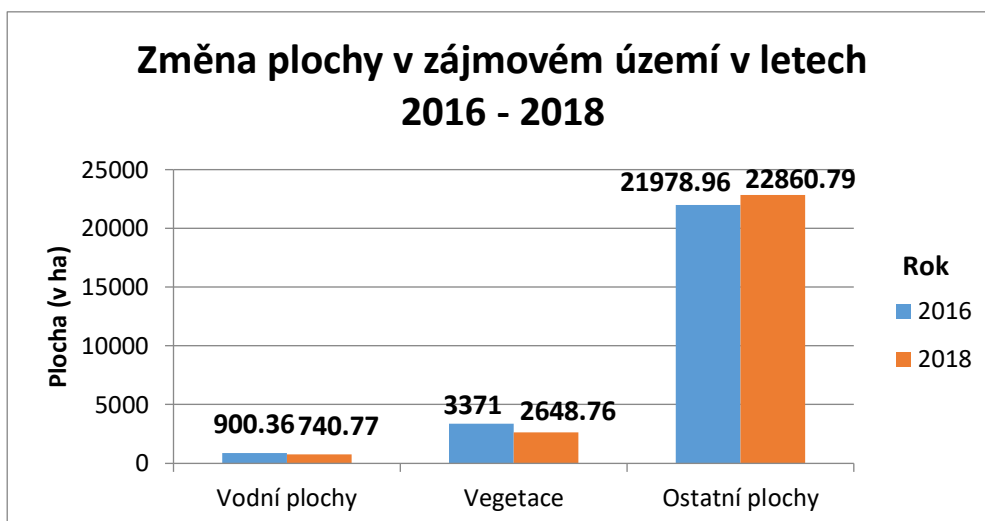
*Zdroj: vlastní zpracování*

V následující tabulce 5 byla vypočtena změna rozlohy pro jednotlivé kategorie pro rok 2016 a 2018. Tabulka udává rozlohu jednak v hektarech (ha) tak i v procentech (%). V grafu 1 jsou výsledky z tabulky 5 zobrazeny v grafické podobě.

**Tabulka 5** Změna výměry

Změna plochy v zájmovém území od roku 2016 do roku 2018		
Kategorie	Rozdíl (v ha)	Rozdíl (v %)
Vodní plochy	-159,59	-0,61
Vegetace	-722,24	-2,75
Ostatní plochy	881,83	3,36

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Graf 1** Změna výměry ploch

*Zdroj: vlastní zpracování*

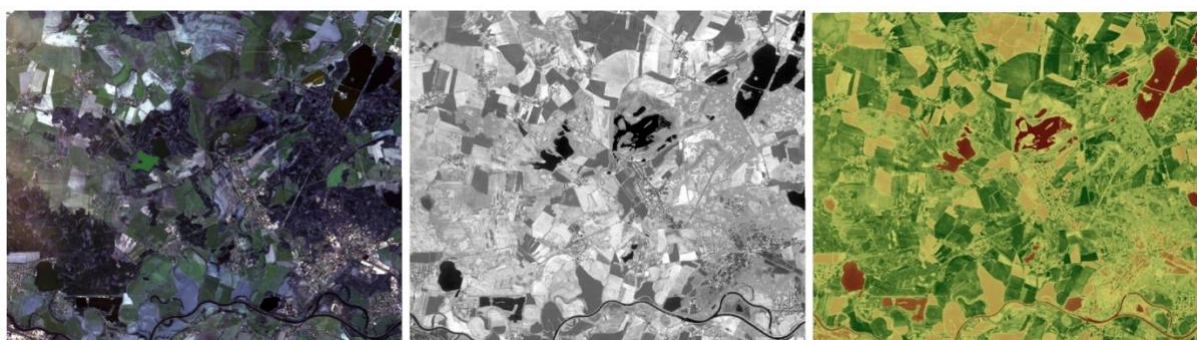
## 6.8 Vegetační index NDVI

Vegetační index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) je jedním z nejvíce rozšířených a nejvíce používaných vegetačních indexů. Jedná se o poměrový index, který umožňuje generovat obraz zvýrazňující zeleň. Tento index kvantifikuje vegetaci měřením rozdílu mezi infračerveným zářením (který silně odráží vegetace) a červeným pásmem (který vegetace absorbuje). Dle [47] můžeme NDVI vypočítat takto:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Hodnoty indexu se vždy pohybují v rozmezí od -1 do +1. Například, při výsledku záporné hodnoty, je velice pravděpodobné, že se jedná o vodu, na druhou stranu, když je výsledek blízko +1 je velice pravděpodobné, že se jedná o hustý listnatý les. Když je NDVI blízko nule, nejedná se o zelené listy, ale mohlo by se jednat o urbanizovanou oblast. Funkce pro vegetační index NDVI se v programu ArcGIS 10.5 nachází v záložce Windows a dále Image Analysis. Zde je důležité nastavení pásem, které reprezentují právě červené a infračervené pásmo. Dále stačilo pouze vybrat správný soubor s příponou .tif a funkce pro vytvoření vegetačního indexu se nacházela níže v tabulce Processing. Jako výsledek byl vytvořen nový snímek v odstínech šedi, který byl dále převeden do jiné barevné škály. Byla vybrána zeleno hnědá barevná škála, kde hnědá zobrazuje vodní plochy a zelená barva vegetaci.

Obrázek 10 ukazuje postupnou úpravu od prvního snímku až do finálního výsledku. První snímek je vyobrazen v tzv. pravých barvách, snímek uprostřed je zobrazen v odstínech šedi a pro poslední snímek byla použita škála barev, kde zelená zobrazuje vegetaci, a v odstínu hnědé jsou zobrazeny vodní plochy.



**Obrázek 10** Ukázka práce s vegetačním indexem pro rok 2016

*Zdroj: vlastní zpracování*

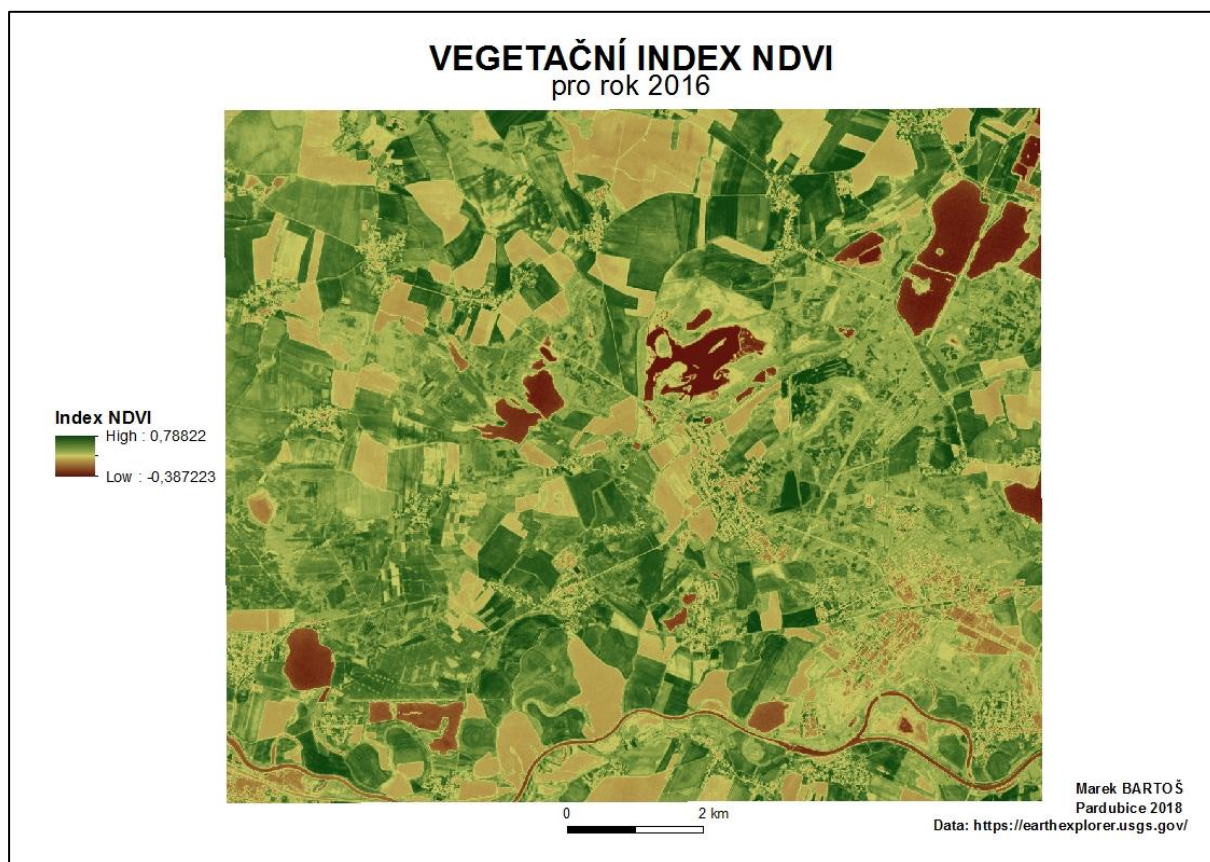
Pro rok 2018 byla vytvořena stejná kombinace snímků, s tím rozdílem, že první snímek je zachycen v tzv. nepravých barvách. Již z těchto snímků je možnost sledovat změny v krajině, a to hlavně v jihozápadní části zájmového území, kde je zřetelný úbytek vegetace.





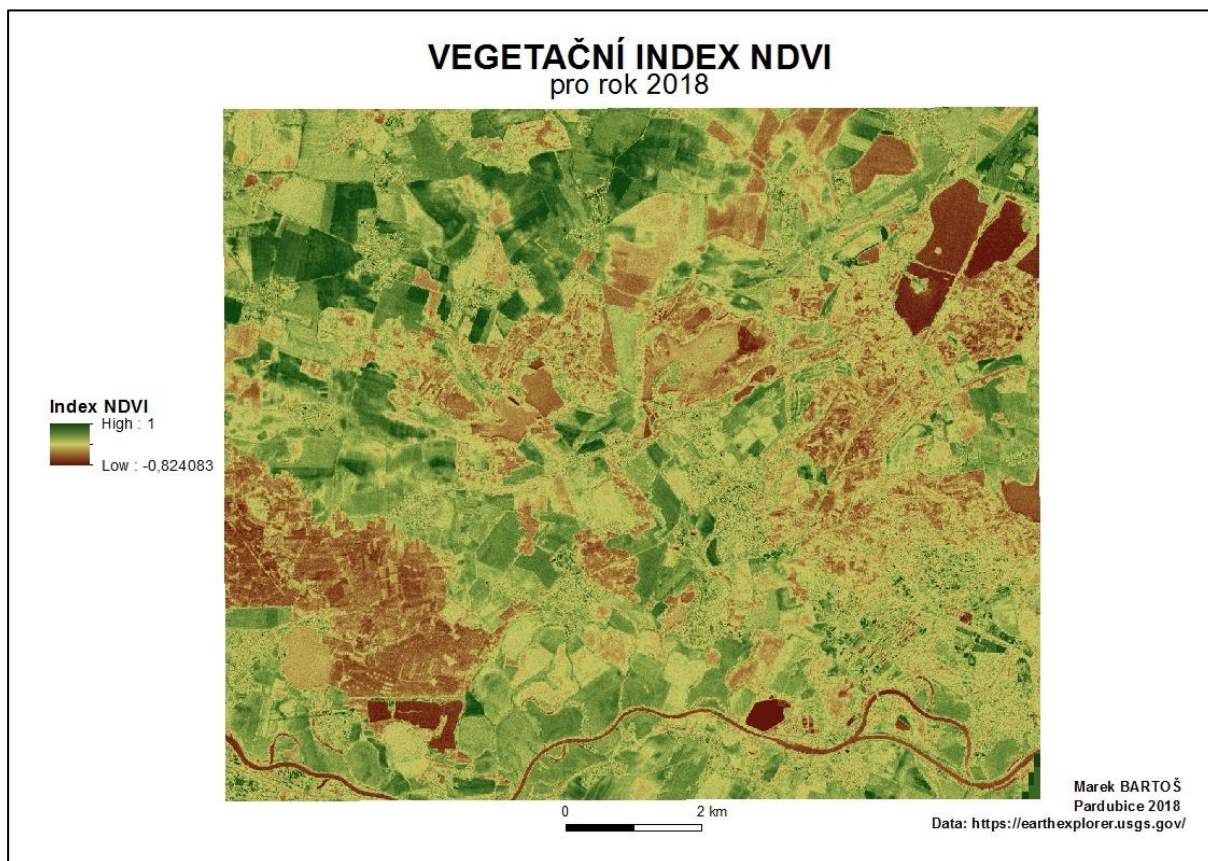
**Obrázek 11** Ukázka práce s vegetačním indexem pro rok 2018

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 12** Vegetační index pro zájmové území rok 2016

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 13** Vegetační index pro zájmové území rok 2018

*Zdroj: vlastní zpracování*

## 7 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

V této bakalářské práci byla provedena klasifikace využití krajiny ve vybraném zájmovém území v okolí rybníku Skříň. Tato klasifikace byla vytvořena vybraným algoritmem v prostředí programu ArcGIS 10.5 for Desktop. Jednotlivé výsledky byly následně porovnány a vizualizovány. Tato práce byla vytvořena na základě dat z družice Sentinel-2.

V práci byla jako hlavní klasifikace využita neřízená klasifikace (ISO CLUSTER). Experimentálně bylo vybráno 15 tříd, do kterých algoritmus snímků rozdělil, následně bylo provedeno sjednocení do zvolených 3 tříd (1 třída – Vodní plochy, 2 třída – Vegetace, 3 třída – Ostatní plochy)

Pro zjištění přesnosti neřízené klasifikace bylo vygenerováno náhodně 10 bodů, které byly následně porovnány s referenčními daty.

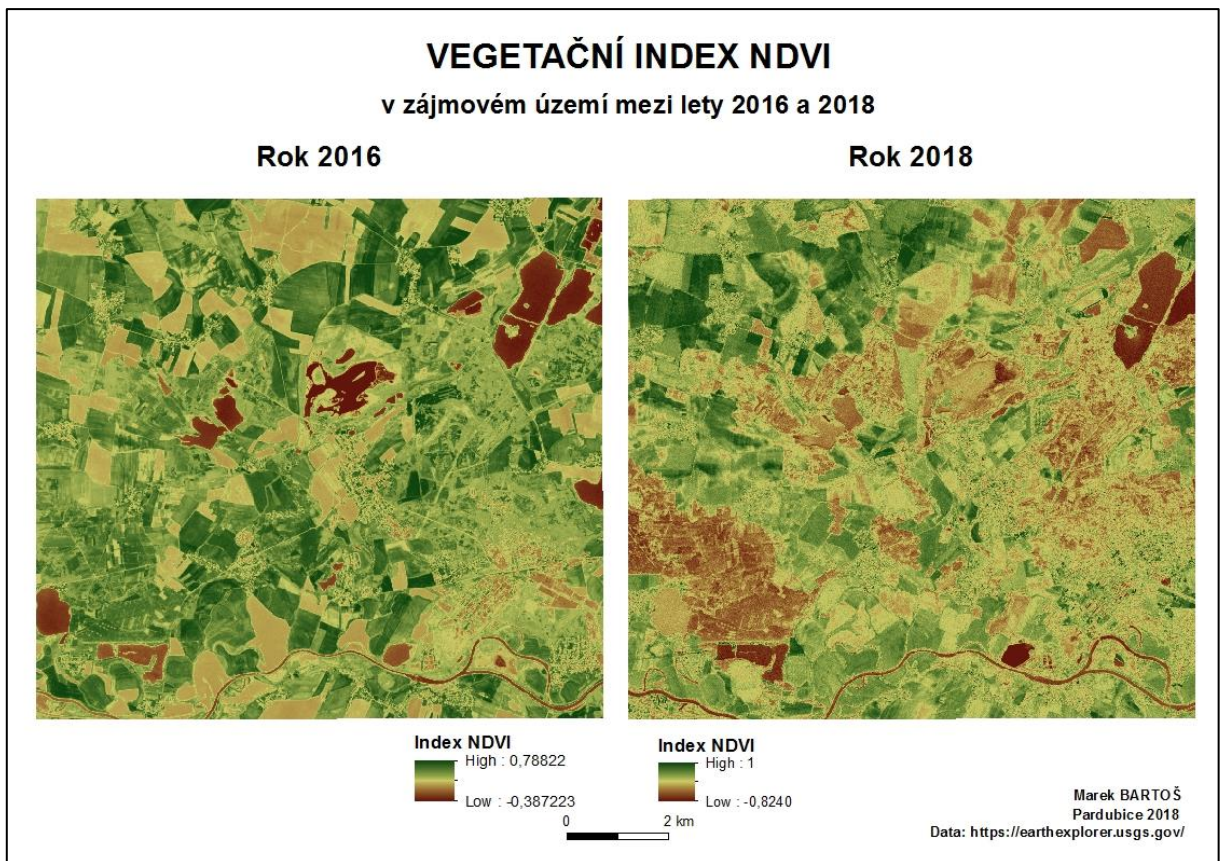
Na základě neřízené klasifikace byly vypočítány rozlohy jednotlivých kategorií a následně porovnány.

Celková výměra zájmového území pro rok 2016 byla 26 250 ha. Největší zastoupení mají ostatní plochy, které tvořily téměř 84 % zájmového území. Druhou největší rozlohu zaujímala třída vegetace, která dosahovala necelých 13 %. Nejmenší velikost patří kategorii Vodní plochy, která tvoří pouze 3,43 % zájmové oblasti.

V roce 2018 největšího zastoupení dosahovala třída ostatní plochy a to 87,09 %. Na druhém místě s rozlohou 10,09 % byla třída vegetace a třída vodní plochy zaujímala rozlohu pouze 2,82 %.

Při porovnání dvou výše zmíněných časových horizontů, lze říci, že kategorie Ostatní plochy se rozrostla o 3,36 %. Naopak plošné zastoupení kategorie vegetace a vodních ploch se oproti roku 2016 zmenšila. Kategorii vegetace se zmenšila rozloha o 2,75 % a kategorii vodní plochy o 0,61 %. Rozšíření kategorie ostatní plochy může být zapříčiněno efektem urbanizace a výstavbou nových domů a tím mohlo také dojít ke snížení plochy vegetace.

Dále byly vytvořeny vegetační indexy pro jednotlivé roky, pro zjištění změny stavu krajiny. Z obrázku číslo 12 je patrné, že došlo k úbytku vegetace ve sledované oblasti a zároveň k rozšíření ostatních ploch. Tyto změny jsou nejlépe viditelné v jihozápadní části snímku. Za příčiny vzniklých změn lze považovat efekt urbanizace či rozvoj průmyslových oblastí.



**Obrázek 14** Porovnání vegetačních indexů mezi lety 2016 a 2018

*Zdroj: vlastní zpracování*

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit změny v krajině v konkrétním zájmovém území v období dvou let. Pro toto zjištění byla využita neřízená klasifikace a také využití vegetačního indexu NDVI. Výsledky klasifikací a rozloh pro jednotlivé roky byly porovnány. Jako podklad pro tuto práci byly využity snímky z družice Sentinel-2.

Práce je rozdělena do několika částí. Úvodní část je věnována pojmu dálkový průzkum Země a jeho definici. Dále jsou zde popsány nejrůznější oblasti využití DPZ, a také výhody oproti konvenčním pozemním metodám a v neposlední řadě také zmínky o historii DPZ. Další kapitola pojednává o metodách zpracování obrazových dat.

Další část je věnována Evropské kosmické agentuře, jejímu základnímu představení a o společných projektech s Evropskou komisí. Dále je zde pohovořeno o projektu Sentinel, a jeho historii, současnosti a také jsou zde uvedeny mise jednotlivých družic Sentinel. Také je zde poukázáno na případové studie, které byly vypracovány na podobné téma, jako je tato bakalářská práce. Následuje poslední část, která je věnována vlastnímu zpracování.

Pro vypracování bakalářské práce byl vybrán software ArcGIS 10.5 for Desktop, ve kterém byly provedeny všechny úpravy družicových snímků, stejně tak jako klasifikace dat a výpočet rozloh jednotlivých ploch.

Ještě předtím, než mohla být provedena samotná klasifikace bylo nejdříve potřeba data stáhnout a dále provést vhodné úpravy, aby byly výsledky klasifikace co nejlepší. Snímky bylo třeba nejdříve oříznout, a také byla vyřazena některá pásma, která nebyla pro tuto klasifikaci potřebná. Po vytvoření klasifikací byly vytvořeny chybové matice, které ukazují přesnost zařazení jednotlivých tříd ve srovnání s referenčními daty. Dále byly vypočítány rozlohy ploch a následně porovnány.

Při porovnání výsledků z neřízené klasifikace lze říci, že kategorie ostatní plochy zaujímá pro oba roky největší plošné zastoupení. Kategorie vegetace zaznamenala úbytek a to o 2,75 %. Úbytku dosáhla i poslední kategorie vodních ploch, které měly nejmenší zastoupení v zájmovém území, byl zde zaznamenán úbytek o 0,61 %.

Dále byl pro zájmové území vypočítán vegetační index, konkrétně poměrový vegetační index NDVI. Výsledky vegetačních indexů jsou vyobrazeny v barevné škále zelené a hnědé. Ze snímků jasně vyplývá, že došlo k úbytku vegetace, a naopak rozšíření ostatních ploch.

Práce je určena pro všechny, kteří se zabývají sledováním změn v krajině nebo zpracováním družicových dat. Tato práce může být dále využita studenty systémového inženýrství pro další projekty.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ANDRŠTOVÁ, M. Využití hyperspektrálních dat ke klasifikaci vegetace alpského bezlesí v Krkonoších: diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta přírodovědecká, 2014. Vedoucí práce Lucie Kupková.
- [2] BUTT, A., SHABBIR, R., AHMAD, S. S., AZIZ, N. Land use change mapping and analysis using remote sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* [online]. 2015, vol. 18, iss. 2. [cit. 2018-03-30]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982315000332>>.
- [3] Co je ESA? EUROPEAN SPACE AGENCY [online]. 24. 7. 2012 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <[http://www.esa.int/cze/ESA\\_in\\_your\\_country/Czech\\_Republic/Co\\_je\\_ESA](http://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Co_je_ESA)>.
- [4] Czech Republic accedes to the ESA convention. *ESA* [online]. 2008, 8.7.2008 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: [https://www.esa.int/About\\_Us/Welcome\\_to\\_ESA/Czech\\_Republic\\_accedes\\_to\\_the\\_ESA\\_Convention](https://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/Czech_Republic_accedes_to_the_ESA_Convention)
- [5] *Dálkový průzkum Země - DPZ* [online]. 2008 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.gjs.cz/vedy-o-zemi/dpz.htm>
- [6] *Dálkový průzkum Země* [online]. 2006 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.geografie.webzdarma.cz/dpz.htm>
- [7] DOBROVOLNÝ, Petr. *Dálkový průzkum Země: Digitální zpracování obrazu*. Brno: MU Brno, 1998, 210 s. ISBN 80-210-1812-7.
- [8] *Envisat - Mission Summary* [online]. 2012 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-eo-missions/envisat/mission-summary>
- [9] *ESA - Czech flag raised over ESA* [online]. 2008 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: [http://www.esa.int/About\\_Us/Welcome\\_to\\_ESA/Czech\\_flag\\_raised\\_over\\_ESA](http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/Czech_flag_raised_over_ESA)
- [10] ESA. EUROPEAN SPACE AGENCY [online]. 16. 1. 2015 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <[http://www.esa.int/About\\_Us/Welcome\\_to\\_ESA/Funding](http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/Funding)>.
- [11] Evropská kosmická agentura (European Space Agency - ESA). *Český kosmický portál* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/2-sekce/evropska-kosmicka-agentura/>

- [12] Evropská kosmická agentura. Národní portál pro evropský výzkum[online]. 8. 9. 2014 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z:<<http://www.evropskyvyzkum.cz/cs/nastroje-spoluprace/mezinarodni-organizace/esa>>.
- [13] HALOUNOVÁ, Lena a Karel PAVELKA. Dálkový průzkum Země. 1. vyd. Praha:Vydavatelství ČVUT, 2005, 192 s. ISBN 80-01-03124-1.
- [14] HORÁKOVÁ, Adéla. *Zhodnocení dat dálkového průzkumu Země poskytovaných Evropskou unií*. Pardubice, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Pavel Sedlák.
- [15] HOZMAN, J. Základní metody předzpracování obrazu. ČVUT [online]. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: [webzam.fbmi.cvut.cz/hozman/Zprac\\_obr\\_prisp\\_kurz\\_UEM\\_3\\_2003.pdf](http://webzam.fbmi.cvut.cz/hozman/Zprac_obr_prisp_kurz_UEM_3_2003.pdf).
- [16] JANOŠ, Zdeněk. Dálkový průzkum Země. [online]. [cit. 2015-03-04]. Dostupné z:<<http://wiki.cs.vsb.cz/images/a/ae/Jan789-gis-dpz.pdf>>.
- [17] KALINOVÁ, M. Využití spektrálních indexů při monitoringu zeleně vybrané části Pardubického kraje: diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, 2015. Vedoucí práce Pavel Sedlák.
- [18] KAMP, Lukáš. *DPZ - Dálkový průzkum Země* [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: [http://wiki.cs.vsb.cz/images/d/d7/Gis\\_kam077.pdf](http://wiki.cs.vsb.cz/images/d/d7/Gis_kam077.pdf)
- [19] KOLÁŘ, Jan. *Geografické informační systémy 10*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02687-6.
- [20] KUPKOVÁ, Lucie. Geografické rozhledy [online]. 2010 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <<http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2010/04/10-11.pdf>>
- [21] LILLESAND, Thomas M., Ralph W. KIEFER a Jonathan W. CHIPMAN. *Remote sensing and image interpretation*. 6th ed. Hoboken, NJ: John Wiley, c2008. ISBN 978-0-470-05245-7.
- [22] MARTINIS, Sandro, Simon PLANK a Kamila ČWIK. The Use of Sentinel-1 Time-Series Data to Improve Flood Monitoring in Arid Areas. *Remote Sensing* [online]. 2018, 2018, **10**(4), 583- [cit. 2018-06-19]. DOI: 10.3390/rs10040583. ISSN 2072-4292. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-4292/10/4/583>
- [23] *Mission Overview* [online]. 2012 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: [https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Envisat/Mission\\_overview](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Envisat/Mission_overview)



- [24] *NOVÉ NÁSTROJE ZJEDNODUŠÍ VYUŽITÍ DAT Z MISÍ SENTINEL* [online]. 2014 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:  
[https://www.esa.int/cze/ESA\\_in\\_your\\_country/Czech\\_Republic/Nove\\_nastroje\\_zjedn\\_odusi\\_vyuziti\\_dat\\_z\\_misi\\_Sentinel](https://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Nove_nastroje_zjedn_odusi_vyuziti_dat_z_misi_Sentinel)
- [25] *Oblasti využití DPZ* [online]. 2016 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z:  
<http://copernicus.gov.cz/oblasti-vyuziti-dpz>
- [26] Oil Spill Detection and Mapping Using Sentinel 2 Imagery. *Journal of Marine Science and Engineering* [online]. 2018, 6(1), 4- [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.3390/jmse6010004. ISSN 2077-1312. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2077-1312/6/1/4>
- [27] PAVELKA, Karel. *Dálkový průzkum Země - družicové systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04628-9.
- [28] PEŠEK, Radek. *Identifikace vodních ploch v obrazových datech*. Pardubice, 2017. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Jitka Komárková.
- [29] PLÁNKA, Ladislav. *Dálkový průzkum Země. Modul 03* [online]. 2007 [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <[http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE05\\_M03-D%20C3%A1lkov%20BD%20pr%20C5%AFzkum%20Zem%20C4%9B%20-%20Zpracov%20C3%A1n%20AD%20dat.pdf](http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE05_M03-D%20C3%A1lkov%20BD%20pr%20C5%AFzkum%20Zem%20C4%9B%20-%20Zpracov%20C3%A1n%20AD%20dat.pdf)>.
- [30] Pracovníci a lokality. EUROPEAN SPACE AGENCY[online]. 5. 12. 2008 [cit. 2018-03-13]. Dostupné z:  
<[http://www.esa.int/cze/ESA\\_in\\_your\\_country/Czech\\_Republic/Pracovnici\\_a\\_lokalit\\_y](http://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Pracovnici_a_lokalit_y)>
- [31] *PRVNÍ APLIKACE Z DRUŽICE SENTINEL-2A* [online]. 2015 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:  
[https://www.esa.int/cze/ESA\\_in\\_your\\_country/Czech\\_Republic/Prvni\\_aplikace\\_z\\_druzice\\_Sentinel-2A/\(print\)](https://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Prvni_aplikace_z_druzice_Sentinel-2A/(print))
- [32] R.Jensen, John. *Remote Sensing Of The Environment: An Earth Resource Perspective*. University of Minnesota : Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 0131889508.
- [33] *Sentinel 1 - Fact and Figures* [online]. 2012 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:  
[https://m.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Facts\\_and\\_figures](https://m.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Facts_and_figures)

- [34] *Sentinel 2 - FACTS AND FIGURES* [online]. 2015 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: [https://m.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Facts\\_and\\_figures](https://m.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Facts_and_figures)
- [35] *Sentinel 3 - Fact and Figures* [online]. 2016 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: [https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-3/Facts\\_and\\_figures](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3/Facts_and_figures)
- [36] *Sentinel 3 - Mission Details* [online]. 2016 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-eo-missions/sentinel-3>
- [37] *Sentinel-4 Mission Introduction* [online]. 2017 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-4>
- [38] *Sentinel-5* [online]. 2017 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5>
- [39] SHANE FRAZIER, Paul a Kenneth JOHN PAGE. Water Body Detection and Delineation with Landsat TM Data. PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING [online]. 2000, 2000(December) [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: [http://web.pdx.edu/~nauna/resources/19-water2000\\_dec\\_1461-1467.pdf](http://web.pdx.edu/~nauna/resources/19-water2000_dec_1461-1467.pdf)
- [40] Skříň (rybník). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA), 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Skř%C3%ADň\\_\(rybn%C3%ADk\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Skř%C3%ADň_(rybn%C3%ADk))
- [41] SVATOŇOVÁ, Hana a Lubomír LAUERMAN. Dálkový průzkum Země - aktuální zdroj geografických informací. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2010, 96 s. ISBN 978-80-210-5162-1.
- [42] Tales from a Spacetraveller. *Spacetraveller* [online]. [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://spacetraveller.me/tag/esoc/>
- [43] TROJOVSKÁ, E. Využití automatické klasifikace obrazu pro analýzu vývoje krajiny v obci Staré Jesenčany: diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, 2012. Vedoucí práce Pavel Sedlák.
- [44] USGS: EarthExplorer [online]. Reston: USGS, 2017 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [45] VOŽENÍLEK, V. *Geografické informační systémy I.: pojetí, historie, základní komponenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1998. 173 s. ISBN 80-7067-802-X.

- [46] WESSELS, K. J., DE FRIES, R. S., DEMPEWOLF, J., ANDERSON, L. O., HANSE, A. J., POWELL, S. L., MORAN, E. F. Mapping regional land cover with MODIS data for biological conservation: Examples from the Greater Yellowstone Ecosystem, USA and Pará State, Brazil. *Remote Sensing of Environment* [online]. 2004, vol. 92, iss. 1. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z
- [47] What is NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)?. *GISGeography* [online]. 2017 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>
- [48] *What's new in ArcGIS Enterprise 10.6* [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://enterprise.arcgis.com/en/get-started/latest/windows/what-s-new-in-arcgis-enterprise.htm>
- [49] YANG, Xiucheng, Shanshan ZHAO, Xuebin QIN, Na ZHAO a Ligang LIANG. Mapping of Urban Surface Water Bodies from Sentinel-2 MSI Imagery at 10 m Resolution via NDWI-Based Image Sharpening. *Remote Sensing* [online]. 2018, 9(6), 596- [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.3390/rs9060596. ISSN 2072-4292. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-4292/9/6/596>
- [50] ZHENG, Qiong, Wenjiang HUANG, Ximin CUI, Yue SHI a Linyi LIU. New Spectral Index for Detecting Wheat Yellow Rust Using Sentinel-2 Multispectral Imagery. *Sensors* [online]. 2018, **18**(3), 868- [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.3390/s18030868. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/3/868>
- [51] ZHOU, Yan, Jinwei DONG, Xiangming XIAO, Tong XIAO, Zhiqi YANG, Guosong ZHAO, Zhenhua ZOU a Yuanwei QIN. Open Surface Water Mapping Algorithms: A Comparison of Water-Related Spectral Indices and Sensors. *Water* [online]. 2018, 9(4), 256- [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.3390/w9040256. ISSN 2073-4441. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2073-4441/9/4/256>
- [52] ŽUBRIETOVSKÝ, Lukáš, Lenka ŠVÁBOVÁ a Ondřej ŠVÁB. Sentinel 2 – Datové specifikace. *CollGS*[online]. 2017, 2017 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://collgs.czechspaceportal.cz/sentinel-2-datove-specifikace/>