

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky

**Mapování současného stavu vegetace při horní hranici lesa
v Hrubém Jeseníku prostředky DPZ**

Diplomová práce

2015

Bc. Andrea Beierová

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci Mapování současného stavu vegetace při horní hranici lesa v Hrubém Jeseníku prostředky DPZ zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:..... podpis studenta

Poděkování

Děkuji panu Ing. Tomáši Mikitovi, Ph.D. za pomoc při vzniku této práce a jeho rady při konzultacích. Chtěla bych také poděkovat panu Mgr. Jindřichu Chlapkovi ze Správy CHKO Jeseníky za poskytnutí užitečných materiálů a dobrou spolupráci. Poděkování náleží i mojí rodině za jejich vřelou podporu při studiu.

Abstrakt

Bc. Andrea Beierová:

Mapování současného stavu vegetace při horní hranici lesa v Hrubém Jeseníku prostředky DPZ

V této diplomové práci byl zmapován současný stav a rozšíření vegetace se zaměřením na druh brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) mezi lety 2000 a 2012 na území národní přírodní rezervace (NPR) Praděd pomocí metod dálkového průzkumu Země. Pro mapování celkové plochy o rozloze 144 ha byla použita řízená a neřízená klasifikace obrazových dat. Z výsledků vyplývá, že se druh *Vaccinium myrtillus* ve sledovaném období rozšířil do vegetace alpínského bezlesí.

Klíčová slova: stav, rozšíření, řízená a neřízená klasifikace, *Vaccinium myrtillus*, národní přírodní rezervace Praděd, dálkový průzkum Země

Abstract

Bc. Andrea Beierová:

The mapping of the current state of the vegetation at the upper edge of the forest line in the Hrubý Jeseník by the methods of remote sensing

In this thesis has been mapped the current condition and expansion of the vegetation with a focus on bilberry (*Vaccinium myrtillus*) between 2000 and 2012 in large-scale protected area Praděd by using the methods of remote sensing. For the mapping of the total surface area of 144 hectares was used supervised and unsupervised classification of image data. From the results arised that a species of *Vaccinium myrtillus* has spread out to vegetation above tree line.

Key words: condition, expansion, supervised and unsupervised classification, *Vaccinium myrtillus*, large-scale protected area Praděd, remote sensing

OBSAH:

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	PŘÍRODNÍ PODMÍNKY LOKALITY	12
3.1	Geografické vymezení řešené lokality.....	12
3.2	Geomorfologie	12
3.3	Geologie.....	13
3.4	Pedologie	13
3.5	Klimatické poměry	14
3.6	Hydrologie	16
4	CHRÁNĚNÁ KRAJINNÁ OBLAST JESENÍKY – OCHRANA PŘÍRODY A DALŠÍ SOUVISLOSTI	17
4.1	Natura 2000.....	18
4.2	Zonace CHKO Jeseníky.....	18
4.2.1	I. zóna CHKO Jeseníky	18
4.2.2	NPR Praděd	19
4.3	Fytocenózy Vysokoholského hřbetu.....	20
4.4	Alpínská hranice lesa	21
4.5	Historie využívání území	23
4.6	Změny vegetace alpínského stupně	24
4.7	Keříčková společenstva	26
4.8	Nepůvodní druhy v NPR Praděd	27
5	DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ	28
5.1	Vznik obrazových dat	29
5.2	Druhy dat	30
5.3	Zářivé vlastnosti krajinných objektů.....	30

5.3.1	Vegetační poměrový index NDVI (Normalized Differences Vegetation Index)	
	33	
5.4	Digitální klasifikace obrazu	33
5.4.1	Neřízená klasifikace	36
5.4.2	Řízená klasifikace.....	36
5.5	Družicové systémy.....	37
5.5.1	LANDSAT	38
6	METODIKA.....	41
6.1	Charakteristika použitých dat	41
6.2	Postup prací.....	41
6.2.1	Řízená klasifikace.....	42
6.2.2	Neřízená klasifikace	42
7	VÝSLEDKY.....	44
7.1	Histogramy.....	44
7.2	Omezení klasifikace dat obrazu	44
7.3	Řízená klasifikace	45
7.4	Neřízená klasifikace.....	47
7.5	Porovnání výsledků u leteckých snímků	48
7.6	Vyhodnocení družicových dat	48
8	DISKUZE.....	50
9	ZÁVĚR.....	55
10	SUMMARY	56
11	SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ	57
12	PŘÍLOHY.....	62
12.1	Seznam příloh.....	62

Seznam použitých zkratk:

- AHL – alpská hranice lesa
- ČGS – Česká geologická služba
- ČUZK – Český úřad zeměměřičský a katastrální
- DMP – digitální model povrchu
- DMP 1G – digitální model povrchu 1. generace
- DMR – digitální model reliéfu
- DMR 5G – digitální model reliéfu 5. generace
- DMT – digitální model terénu
- DPZ – dálkový průzkum Země
- EVL – Evropsky významná lokalita
- GIS – geografický informační systém
- GPS – globální polohovací systém
- HJ – Hrubý Jeseník
- CHKO – chráněná krajinná oblast
- CHM – canopy height model
- IBA – Important Bird Area
- IPA – Important Plant Area
- ISO – Iso Cluster
- JTSK – jednotná trigonometrická síť katastrální
- LIDAR – letecké laserové skenování
- LVS – lesní vegetační stupeň
- MLC – Maximum Likelihood Classification

MŽP ČR – Ministerstvo životního prostředí České republiky

NDVI – vegetační poměrový index

NIR – blízké infračervené pásmo

NPR – národní přírodní rezervace

PAN – panchromatická data

RGB – červená-zelená-modrá (z angl. Red, Green, Blue)

SCHKO – Správa chráněné krajinné oblasti

TIN – nepravidelná trojúhelníková síť bodů

ÚHUL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

ÚSES – Územní systém ekologické stability

UTM – univerzální transverzální Mercatorův systém

Poznámka: Fotografie uvedené v práci byly pořízeny autorkou.

1 ÚVOD

Území Hrubého Jeseníku nese pozůstatky periglaciálního mrazového zvětrávání a místy i zalednění. Vývoj flóry a vegetace probíhal po poslední době ledové, a během periodických klimatických změn v průběhu kvartéru se vegetace měnila až do dnešní podoby. Vysokohorské bezlesí v teplejších obdobích postglaciálu přečkalo expanzi dřevin do vyšších poloh díky abiotickým činitelům, které povrch svahů a náhorních plošin svou činností neustále rozrušovaly. Jednalo se převážně o plazivý sníh, větrnou disturbanci, sněhové laviny.

Vysokohorské oblasti (nejen Hrubého Jeseníku) jsou z pohledu ostrovní biogeografie území, která jsou ceněná pro svoji biodiverzitu (Zeidler et Banaš 2013). Není proto překvapením, že právě tyto ekologicky významné ostrovy podléhají nejpřísnější ochraně v I. zóně Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (dále CHKO).

Probíhají zde přirozené přírodní procesy, ale přímo i nepřímo jsou tyto hůře dostupné oblasti pod vlivem člověka. Tento vliv se v horských jeseníckých oblastech nejvíce projevuje v posledních 400 letech (Bureš 2013). Dle Bureše et Kočího (2010) měla pastva a travení na druhové složení fytoocenóz vliv spíše pozitivní. O tom, že flóra byla v 18. a 19. století pestřejší svědčí floristické údaje (Bureš 2013). Na druhou stranu byl to právě člověk, který v Hrubém Jeseníku vysadil geograficky nepůvodní borovici kleč (*Pinus mugo*) či uměle zvyšoval hranici lesa. Náhled na tyto skutečnosti je z hlediska ochrany přírody spíše negativní.

Současným trendem jsou pozorované změny alpské vegetace, kdy dochází k proměně rostlinných společenstev. Příčina těchto změn není úplně jednoznačná (např. sukcese, globální oteplování či změna hospodaření). Konkurenceschopnost u některých společenstev klesá na úkor expandujících (dominantních) druhů. Jeden z druhů, u kterého je zpozorován výrazný nárůst je brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*). Tato keříčkovitá společenstva zarůstají botanicky cenné lokality (Velká kotlina).

Vývoj flóry a vegetace je částečně proces přirozený, z části je podmíněn antropickými vlivy. Nalezením vhodného kompromisu při návrhu managementu o vysokohorská společenstva lze vytvořit koncepci trvale udržitelného rozvoje těchto přírodně významných ekosystémů. Jedná se o změny zpočátku nepatrné, ale z hlediska cíle dlouhodobé.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této předkládané diplomové práce je zjistit výskyt a rozšíření druhu *Vaccinium myrtillus* nad horní hranicí lesa v Hrubém Jeseníku na území Vysoké hole v národní přírodní rezervaci (NPR) Praděd prostředky dálkového průzkumu Země (DPZ). Dílčím cílem je nalezení nejvhodnějšího klasifikačního algoritmu pro automatickou klasifikaci a zároveň rovněž porovnání různých datových zdrojů (spektrozonální x RGB snímky x družicová data LANDSAT). V neposlední řadě bude navrhnout příslušný management o tato uniformní keříčkovitá společenstva, která se šíří na úkor druhově bohaté travinobylinné vegetace. Tato práce vznikla ve spolupráci se Správou Chráněné krajinné oblasti Jeseníky.

3 PŘÍRODNÍ PODMÍNKY LOKALITY

3.1 Geografické vymezení řešené lokality

Hrubý Jeseník je částí sudetského pohoří, které na severním okraji Českého masívu představuje hraniční val oddělující hornatou část střední Evropy od plochých nížin na severu a skandinávských hornatin (Jeník et Hampel 1992).

Zjištění výskytu a rozšíření druhu *Vaccinium myrtillus* je řešeno nad horní hranicí lesa v Hrubém Jeseníku v oblasti Vysoké hole v NPR Praděd. Území bylo vybráno ve spolupráci s CHKO Jeseníky (viz příloha č. 1). Jedná se o závětrnou část území vyjma Velké kotliny. Rozloha vybraného území činila původně 168 ha, posléze byla redukována na 144 ha v důsledku nekvalitních dat pro zpracování.

3.2 Geomorfologie

Dle Demek et al. (2006):

System: Hercynský

Subsystem: Hercynské pohoří

Provincie: Česká vysočina

Subprovincie: Krkonoško-jesenická

Oblast: Jesenická

Celek: Hrubý Jeseník

Podcelek: Pradědská hornatina

Okrsek: Vysokoholský hřbet

Pohoří Hrubého Jeseníku (HJ) prodělalo složitý geomorfologický vývoj. Variským vrásněním koncem prvohor vzniklo pohoří středohorského rázu, které bylo koncem prvohor dlouhotrvající denudační činností postupně sníženo, a tato činnost vyvrcholila ve svrchní křídě vytvořením paroviny. Ve třetihorách se parovina začala vlivem dozvuků alpinského vrásnění zmlazovat. Celá kra Hrubého Jeseníku byla vyzdvižena oproti kře Nížkého Jeseníku. Tak vznikl dnešní hlavní hřbet od Šeráku přes Červenou horu, Praděd,

Vysokou holi na Pec. Zvedání oživilo silné působení erozní činnosti vodních toků a vznik dnešních hlubokých údolí a vznik četných strží. V době ledové se severský ledovec zastavil na severním úpatí pohoří. Přímým působením ledovce s teplou bází se vytvořil kar Velké kotliny. Chladné klima vytvořilo na vrcholech i svazích HJ skalní skupiny, kamenná moře, periglaciální jevy. (Šafář 2003)

3.3 Geologie

Keprnická a desenská klenba tvoří centrální část HJ. Jádro keprnické klenby tvoří staré sedimentární horniny, které jsou přeměněny v pararuly, kvarcity, erlány a migmatity. Uvnitř klenby vystupuje těleso keprnické ortoruly, dále se střídají pararuly a svory. (Šafář 2003)

Stavbu hřebene Pradědu a Petrových kamenů tvoří chloritické ruly. Dále se zde vyskytují amfibolity, jejichž pruh protíná celou skupinu Hrubého Jeseníku od jihu k severu. Obal tohoto rulového jádra tvoří mladší sedimenty, převážně devonského stáří. Posouzením vlivu geologického podloží na tvorbu půdy lze říci, že obsah přístupných živin (draslíku, sodíku, vápníku a hořčíku) ve vztahu k dřevní produkci je střední až chudší, rychlost zvětrávání je závislá na zrnitosti, vrstevnatosti a přídatných látkách. (ÚHÚL 2001)

3.4 Pedologie

V horských polohách se vyskytují horské podzoly, které vznikají na kyselých horninách v humidním klimatu. Kambizemní podzoly jsou v této oblasti hlavním typem půd, jsou to mělké a středně hluboké půdy s mocnou vrstvou humusu, silně kyselé, humusovou formou je mor. V nejvyšších polohách (přibližně nad 1050 m n. m.) převládají humuso-železité podzoly, místy zamokřené a zrašelinělé. (Šafář 2003)

ÚHÚL (2001) uvádí, že v rozpojených porostech na rozhraní 8. a 9. lesního vegetačního stupně (LVS) - smrkového a klečového a se jedná o humusový podzol drnový, na kamenitých a skalnatých lokalitách se vyskytují rankery, kambizemě a kryptopodzoly rankerové. Dle ČGS (2015) je pro Vysokou holi typický ranker podzolový a ranker umbrický. Kavalcová et al. (2005) uvádějí, že nejrozšířenějším půdním typem pro NPR Praděd je podzol modální, který je rozšířen téměř na 70 % území. Dle Šafáře (2003) jsou zcela zvláštními půdními útvary polygonální půdy, které vznikly v chladných periodách čtvrtohor na Vysoké holi. Petránek (2007) uvádí, že tyto půdy vznikají opakovaným

střídáním mrazu a tání, jedná se o kruhové útvary vzniklé zrnitostním vytříděním (hrubší úlomky tvoří hranice polygonů).

Náhorní plošina Vysoké hole je pokryta polycyklickými půdami a takřka souvislým kamenným horizontem ukrytým pod drnovou vrstvou. Polycyklické půdy nasvědčují tomu, že během klimatického optima v poledové době nebyly půdní procesy a reliéf hřebenů ovlivňovány zakořeněním stromů. (Jeník et Hampel 1992)

3.5 Klimatické poměry

Pohoří Hrubého Jeseníku leží na rozhraní dvou klimatických oblastí, západní hranice kontinentálního klimatu se zde setkává s doznívajícími vlivy klimatu oceánického, se vyznačuje převládajícím západním větrným prouděním, které přináší značné množství srážek (Šafář 2003). Vliv těchto větrů na půdní erozi, rozdělení sněhové pokrývky, růst rostlin a transport všech biotických zárodků je v Hrubém Jeseníku velmi zřetelný (Jeník et Hampel 1992).

Vznik ledovcových karů je podmíněn vlivem anemo-orografických systémů (Culek et al. 1996) a Jeník (1961) vysvětluje fenomén anemo-orografických systémů takto:

Anemo-orografický systém má následující členění – vodící návětrné údolí, zrychlující vrcholová část a závětrný turbulentní prostor. Exponované náhorní plošiny přecházejí v charakteristické závětrné polohy. Bez existence náhorních plošin nad alpínskou hranicí lesa nelze předpokládat vznik výrazných geomorfologických tvarů (kary, karoidy). Ve vrcholovém segmentu silný vítr odklízí všechny neupevněné produkty zvětrávání a rostlinné sukcese, fyziologicky oslabuje stromový růst a podporuje vznik alpínského bezlesí. Závětrné prostory jsou sice chráněny před odnosem a destrukcí větrem, ale všechny exogeodynamické procesy jsou podstatně aktivovány sněhovými závějemi, lavinami a v dobách významného ochlazení karovými ledovci. Hydrologické i půdotvorné procesy jsou ovlivněny táním sněhu a rozrůžňují svahové procesy a obnažují výchozy hornin. Ve vrcholové části je mozaika lesních či tundrových ekosystémů jednotvárnější, kdežto v závětrném prostoru je vytvořena příležitost pro koexistenci velkého množství společenstev a druhů. Velkou roli v tom má omezení konkurence trsnatých travin a rozrušení zápoje lesa v důsledku vánic, sněhových lavin a převívání. Část bioty v závětrných partiích je reliktem z postglaciálního období, část je důsledkem antropogenního původu, část je reliktem z doby klimatického optima.

Banaš et al. (2001) uvádějí, že v prostoru mezi Vysokou holí a Kamzičnickem přechází vítr do závětrného turbulentního prostoru Velké kotliny, tato deprese se nachází na jihovýchodním úbočí Vysoké hole (1464 m n. m.). Závětrné polohy jsou obohacovány o organické a minerální částice (spory i semena), což vysvětluje rozmanitost flóry těchto karů (Šafář 2003). Jeník (1961) dále dodává, že podle počtu zjištěných druhů cévnatých rostlin (okolo 500) a živočichů je Velká kotlina absolutně nejbohatším místem ve všech evropských středohorách. Dle Kavalcové et al. (2005) destrukční účinky lavin a plazivého sněhu snižují alpskou hranici lesa a spoluvytvářejí specifické podmínky pro bylinnou vegetaci.

Území Vysoké hole (1464 m n. m.) spadá dle Quitta (1971) do chladné klimatické oblasti CH4 (což jsou nejvyšší a nejdrsnější polohy význačných horských hřebenů).

Oblast CH4 je charakterizována velmi krátkým létem, velmi chladným a vlhkým (počet letních dnů 0–20, úhrn srážek ve vegetačním období 600–700 mm), přechodné období je dlouhé, velmi chladné jaro a velmi chladný podzim. Zima je velmi dlouhá, chladná, vlhká s dlouho trvající sněhovou pokrývkou (140–160 dní). (Anonymus 2015a)

Tab. 1: Klimatické charakteristiky pro CH4. (zdroj: Anonymus 2015a)

Klimatické charakteristiky pro CH4	
Počet letních dnů	0-20
Počet mrazových dnů	160-180
Počet ledových dnů	60-70
Prům. teplota v lednu (°C)	-6 až -7
Prům. teplota v červenci (°C)	12-14
Srážkový úhrn ve veget. období v mm	600-700
Srážkový úhrn v zimním období v mm	400-500
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	140-160

Průměrná roční teplota je v 8. klečovém (dle Bučka et Laciny 1999) vegetačním stupni velmi nízká (pod 1,5 °C), průměrný roční úhrn srážek je velmi vysoký – nad 1500 mm (Buček et Lacina 1999)

Mezi základní klimatické parametry charakterizující abiotické prostředí lesních ekosystémů patří teplota a srážky. Srážky představují nezbytný zdroj půdní vláh, zabezpečující přísun živin pro fyziologické procesy (např. fotosyntézu), teplota tyto fyziologické procesy řídí a usměrňuje. (Hadaš 2000)

3.6 Hydrologie

Vodní plochy tvoří nepatrný podíl plochy z CHKO Jeseníky (asi 0,5 %), přesto jsou Jeseníky důležitou vodohospodářskou oblastí. Celá CHKO byla vyhlášena chráněnou oblastí přirozené akumulace vod. Mocnost půd na hřbetech a svazích je malá, proto velká část vody odtéká po vydatných deštích po povrchu i půdou do erozních rýh a bystřinných toků, kde vytváří průtokové vlny s erozními účinky. Vodní toky na území CHKO náleží ke dvěma povodím – k povodí Odry (tekoucí do Baltského moře) a k povodí Moravy (tekoucí do Černého moře). Dle SCHKO Jeseníky (2003) hlavní rozvodnice vede napříč územím po hlavním hřebeni a odděluje povodí Odry na východním a Moravy na západním úbočí Hrubého Jeseníku. (SCHKO Jeseníky 2003; Šafář 2003)

Z nejvýznamnějších vodních toků stékajících v úmoří Baltského moře je řeka Bělá s levostrannými přítoky Červenohorského a Keprnického potoka a pravostranným přítokem Šumného potoka. Zájmové území odvodňuje Moravice a Bílá Opava. Do Černého moře odvádí vody řeka Morava s četnými menšími přítoky Malé Moravy, Branné a řeky Desné. (ÚHÚL 2001)

4 CHRÁNĚNÁ KRAJINNÁ OBLAST JESENÍKY – OCHRANA PŘÍRODY A DALŠÍ SOUVISLOSTI

Chráněnou krajinnou oblast v České republice definuje zákon č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny jako rozsáhlé území s významným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů, s hojným zastoupením dřevin, popřípadě s dochovanými památkami historického osídlení. Posláním oblasti je ochrana krajiny, jejího vzhledu a jejich typických znaků tak, aby tyto hodnoty vytvářely vyvážené životní prostředí.

První odborné zmínky o jesenické přírodě se objevují již v 1. polovině 19. století a soustřeďují se zejména na oblast Velké kotliny, CHKO Jeseníky byla vyhlášena v roce 1969 (Schmidtová et al. 2009). Šafář (2003) uvádí, že rozloha CHKO Jeseníky činí 740 km², a že území je z 80 % pokryto lesními porosty, převážně druhotnými smrčinami.

Nejcennější části jesenické přírody jsou chráněny sítí rezervací, která je tvořena čtyřmi přírodními rezervacemi národní kategorie (NPR) – Praděd, Šerák-Keprník, Rašeliniště Skřítek a Rejvíz. NPR Praděd vznikla v roce 1991 a rozlohou 2031 ha je největší NPR v České republice. (Schmidtová et al. 2009)

CHKO Jeseníky představuje díky kombinaci řady velmi dobře dochovaných ryze či převážně přírodních prvků (horské smrčiny, subalpínské bezlesí, rašeliniště, skalní biotopy), vysoké lesnatosti a charakteristicky utvářené kulturní krajiny (včetně rozsáhlých historických dobývacích prostor) území výjimečné v národním i středoevropském kontextu. Kromě specificky utvářené harmonické kulturní krajiny lze za hlavní předměty ochrany CHKO Jeseníky, které ji odlišují od ostatních velkoplošných zvláště chráněných území, označit primární alpínské bezlesí, klimaxové horské a rašelinné smrčiny a otevřená rašeliniště. (SCHKO Jeseníky 2014)

Hrubý Jeseník je jedním ze tří pohoří v ČR, která svou nadmořskou výškou přesahují horní hranici lesa. V Jeseníkách tato hranice probíhá okolo 1350 m n. m. Nad horní hranicí lesa se vytvořily různé typy subalpínských a alpínských biotopů. Jeseníky jsou navíc v rámci střední Evropy jedinečné v tom, že postglaciální vývoj rostlinných společenstev nad horní hranicí lesa probíhal bez přítomnosti kleče. V těchto v minulosti člověkem více ovlivňovaných společenstvech docházelo a po ukončení hospodaření opět dochází k dílčím i podstatnějším změnám v jejich plošném zastoupení i v druhovém

složení, zejména v souvislosti se současnou expanzí borůvky. V CHKO Jeseníky je vedle výskytu invazních a expanzivních druhů specifickým problémem s významnými negativními dopady na živou i neživou složku přírodního prostředí existence rozsáhlých porostů vysazených nepůvodních druhů dřevin – zejména borovice kleče (*Pinus mugo*), mýsty (v omezené míře) olše zelené (*Alnus alnobetula*). (SCHKO Jeseníky 2014)

4.1 Natura 2000

Na území CHKO se nachází 14 evropsky významných lokalit (EVL). Zaujímají celkem plochu 101,5 km², což představuje 13,6 % celkové plochy CHKO. Ptačí oblast Jeseníky se rozkládá na ploše 521,6 km² a zaujímá 70,1 % CHKO. Předmětem ochrany je chřástal polní (*Crex crex*) a jeřábek lesní (*Bonasa bonasia*). Jejich stav se v současnosti jeví jako příznivý. (Schmidtová et al. 2009)

Největší EVL v Jeseníkách je Praděd. Jedním z hlavních důvodů, proč byla centrální část Jeseníků zařazena mezi evropsky významné lokality, je výskyt vzácných a v rámci Evropské unie velmi ohrožených typů přírodních stanovišť jako jsou smrkové pralesy, bučiny, vodopády a bystřiny, rašeliniště, vysokohorské hole, skály a balvanité sutě nebo ledovcový kar, kde padají laviny. EVL Praděd však neochraňuje pouze biotopy, ale i evropsky významné druhy. Patří sem dva jesenické endemity (druhy, které se nevyskytují nikde jinde na světě) lipnice jesenická (*Poa riphaea*) a zvonek jesenický (*Campanula gelida*). (ACTAEA 2015)

4.2 Zonace CHKO Jeseníky

Na základě návrhu Správy CHKO Jeseníky byly Ministerstvem životního prostředí České republiky (MŽP ČR) dne 27. 6. 1994 vymezeny čtyři zóny odstupňované ochrany přírody pro území CHKO Jeseníky. První zóna zaujímá plochu 7,25 % rozlohy území CHKO Jeseníky, druhá zóna 23,23 % z celkové rozlohy CHKO, třetí zóna 65,56 % a poslední čtvrtá zóna 3,96 %. Vysokoholská oblast spadá do nejcennější části první zóny NPR Praděd, viz níže. (SCHKO Jeseníky 2003)

4.2.1 I. zóna CHKO Jeseníky

Území I. zóny se nachází převážně v montánním, méně v submontánním a subalpínském stupni Hrubého Jeseníku. Plošně největší část zaujímají národní přírodní rezervace Praděd

a Šerák-Keprník, dále NPR Rejvíz a Rašeliniště Skřítek, včetně jejich ochranných pásem a další maloplošná zvláště chráněná území mimo ucelenou plochu I. zóny. Z hlediska přírodovědeckého je nejcennější částí I. zóny oblast Pradědu, kde je přírodní prostředí tvořeno společenstvy vzácnými a ojedinělými v rámci ČR i středoevropské flóry. Glaciálním reliktem je např. vrba bylinná (*Salix herbacea*) (Buček 2004). Celá oblast I. zóny v oblasti Pradědu je zahrnuta v rámci nadregionálního územního systému ekologické stability (ÚSES) ČR do reprezentativního nadregionálního biocentra 88 – Praděd. (Buček 2014; Anonymus 2015a)

Dle UUR (2015) reprezentativní nadregionální biocentrum reprezentuje typický soubor ekosystémů daného bioregionu a umožňuje přežití organismů k těmto ekosystémům náležejících.

4.2.2 NPR Praděd

Rozlohou největší národní přírodní rezervace v ČR – 2031,40 ha. Příroda má v kulminačních partiích charakter severské tundry. Přirozené bezlesí se vytvořilo ve výšce nad 1350 m n. m. a má charakter vrcholových skal, alpínských holí a pramenišť, a je doplněno o plochy lavinových drah v Malé kotlině, karoidu Mezikotlí a karu Velké kotliny. (Anonymus 2015a)

Předmětem ochrany je soubor celostátně unikátních a mimořádně zachovalých přírodních ekosystémů alpínského, subalpínského i montánního stupně (v těchto lokalitách jsou vyvinuty druhově mimořádně pestré fytoceózy vysokobylinných niv, vysokostébelných trávníků, skal, pramenišť a horských lesů) a významných geomorfologických jevů poznamenaných kryogenní genezí v nejvyšších polohách Hrubého Jeseníku. (Kavalcová et al. 2005)

Převažujícím vegetačním stupněm v NPR Praděd je 7. smrkový LVS, tedy poslední stupeň, který vytváří lesní porosty. Ve vůdčích řadách převažují horské rostlinné druhy jako např.: *Homogyne alpina*, *Adenostyles alliariae* ve vůdčích řadách, méně pak *Blechnum spicant*, *Huperzia selago*, *Cicerbita alpina* atd. Dominantami jsou dále *Luzula sylvatica* či *Calamagrostis villosa*. Dřevinou synuzii tvoří zčásti nepůvodní smrkové porosty, avšak původní jesenický smrk se stále vyskytuje. Nejvyšší polohy pak zaujímá 8. klečový LVS. Chamaefyticky rostoucí dřeviny jsou považovány za edifikátory tohoto vegetačního stupně. (Štykar 2004)

V NPR Praděd se nachází soubor atraktivních a přírodovědně cenných tvarů reliéfu, které dokládají složitou genezi reliéfu v dané oblasti a mají i širší význam z hlediska poznání vývoje východních sudetských pohoří od třetihor až po dnešek. Zvláště cenné jsou zbytky zarovnaného povrchu typu etchplain v oblasti Vysoké hole, které jsou nejlépe zachované v celém Českém masívu. Díky vysoké členitosti a sklonitosti, charakteru vegetačního pokryvu je reliéf NPR Praděd citlivý k rozvoji urychlených erozních rýh a svahových procesů. (Buček 2004)

NPR Praděd je zařazena do mezinárodně významných území (Kavalcová et al. 2005):

- biocentrum evropského významu v rámci EECONET
- NPR je součástí Important Bird Areas (IBA) Jeseníky
- v NPR je vymezena Important Plant Area (IPA) zahrnující Petrovy kameny a Velkou kotlinu

Od první poloviny 19. století začíná v NPR Praděd postupný rozvoj turistiky, později se staví i horské chaty. S narušením vegetačního krytu v průběhu historického období souvisí změna odtokových poměrů, urychlené vodní eroze a svahových pohybů – mur, které vznikají a často se rozvíjejí v důsledku extrémních srážek. Na vrcholových plošinách Vysoké hole se nachází komplex vojenských tvarů (explozivních kráterů), za II. světové války zde započala i výstavba horského letiště. V současnosti se však setkáváme se zbytky těchto antropogenních tvarů. Jejich výraznost je postupně stírána. Působení člověka se projevuje narušením vegetace na turistických stezkách a vznikem urychlené vodní eroze. (Kirschner 2004)

4.3 Fytocenózy Vysokoholského hřbetu

Jedná se o odstupovanou vrcholovou plošinu Vysoké hole, Kamzičnicku a Velkého Máje, místy s výskytem polygonálních půd. Na plochém temeni Vysoké hole pokrývají největší plochu společenstva alpínských holí svazu *Juncion trifidi*, asociace *Cetrario-Festucetum deschampsietosum*, na jihovýchodním a severozápadním okraji – na přechodu vrcholové plošiny ke svahům přecházejí místy tato společenstva do subas. *Cetrario-Festucetum typicum* až *C-F callunetosum*, místy se objevují i přechody k as. *Polygono-Deschampsietum* a *Carici-Nardetum*. Níže na svahu k Velké kotlině přecházejí tato společenstva alpínských holí do společenstev subalpínských lučin (*Sileno-*

Calamagrostietum) a keříčkových subalpínských společenstev (*Festuco-Vaccinietum*). Všechno jsou to druhově poměrně chudé porosty, z druhů červeného seznamu se zde kromě *Festuca supina* a *Carex bigelowii* vyskytuje pouze sporadicky *Hieracium alpinum*, *H. nigritum* a *H. stygium*. Experimentální plochy založené v r. 2003 imitují pastvu a travaření, které na dané lokalitě v minulosti probíhalo. Koncem 80. let 20. stol. byla společenstva ochuzována spásáním kamzíky zejména o jestřábníky (které tak produkovaly výrazně méně semen), v porostech as. *Polygono-Deschampsietum* téměř vymizela *Anemone narcissiflora*. (Kavalcová et al. 2005)

Při terénním průzkumu v létě 2014 byly vytvořeny tři fytoecologické snímky pro tři homogenní typy vegetace – svaz *Pinion mugo* (Pawlovski et al. 1928), svaz *Nardo-Caricion rigidae* (Nordhagen 1937), svaz *Vaccinion* (Böcher 1943). Zastoupení druhu na ploše bylo hodnoceno Braun-Blanquetovou kombinovanou stupnicí abundance a dominance (Divíšek et al. 2010). Zápis těchto snímků je v příloze č. 4.

Stavy kamzíků se v důsledku mysliveckého hospodaření (odstřel) postupně snižovaly až na dnešních cca 200 ks. Po proběhlé diskusi a petici občanů za záchranu a zachování populace kamzíka horského v Jeseníkách došlo k dohodě na zachování tohoto nepůvodního druhu v CHKO. Kamzičí zvěř je veřejností vnímána jako přírodní zajímavost Jeseníků a v počtu do 200 kusů je akceptovatelná i z hlediska ochrany přírody. (SCHKO Jeseníky 2014)

4.4 Alpínská hranice lesa

Jeník (1973) řadí Hrubý Jeseník do skupiny pohoří se slabými náznaky alpínských ekosystémů, nelesní oblast je v Jeseníkách poměrně srovnatelná s nelesními enklávami Krkonoš, a je proto oprávněné v Jeseníkách v souvislosti s vegetační stupňovitostí používat pojem *alpínská hranice lesa* (AHL). Celková plocha alpínského bezlesí v Hrubém Jeseníku v současnosti činí 1103 ha (Banaš 2007).

Jedná se o habitaty s krajními teplotními, vlhkostními a vyživovacími podmínkami, kde je zpomalen nebo znemožněn růst a vývoj stromů a kde dřeviny nemohou vytvořit souvislý stinný zápoj (Jeník et Hampel 1992). Stejní autoři stanovili definici takto: Alpínská hranice lesa je vegetační linií, která spojuje všechny empiricky zjistitelné nejvyšší okraje lesa. K této definici je nutné připojit pojem *les*, který je možné chápat jako porost nejméně 5 m vysokých stromů o minimálním zápoji 0,5 a minimální ploše

jeden ar (Banaš et al. 2001). Z přirozených faktorů vedoucích ke snížení alpské hranice lesa pokračují Banaš et al. (2001) se v Jeseníkách nejvýrazněji uplatňují faktory klimatické – vrcholový fenomén, laviny a plazivý sníh, dále faktory antropogenní (pastva, travaření). Jeník (1973) toto tvrzení rozvíjí tím, že průběh hranice lesa je v Hrubém Jeseníku projevem přirozené výškové stupňovitosti fyzického prostředí. Jeník et Hampel (1992) odhadují, že průměrná poloha této hraniční linie je ve výšce kolem 1350 m n. m. (dle Banaše (2007) největší část AHL probíhá ve výškovém intervalu 1300–1350 m n. m.), a že v Hrubém Jeseníku se v poledové době vyvinula přirozená hranice lesa bez účasti borovice kleče (*Pinus mugo*), což dle Banaše et al. (2001) umožnilo smrku vystupovat ve skupinách vegetativně zmlazujících nízkých stromů výše nad hranici lesa (vegetativnímu množení nebránila kleč). Za nepřítomnosti kleče hrály nejdůležitější biologickou roli konkurence schopné trávy, jako jsou kostřava nízká (*Festuca supina*), smilka tuhá (*Nardus stricta*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a drobné vřesovcovité keřky, jako například borůvka (*Vaccinium myrtillus*) píše Jeník et Hampel (1992).

Dle nejrecentnějších pylových analýz z rašelinišť na Vysoké holi a Velkém Máji autoři došli k závěru, že hřebeny Jeseníků nebyly souvisle zalesněny před nástupem intenzivního vlivu člověka (Banaš et al. 2001). Alpínské bezlesí je v Hrubém Jeseníku přirozeným fenoménem (Banaš 2007). Na Vysoké holi se nachází mrazovými procesy konzervované strukturní půdy dokazující nepřítomnost zapojeného lesa na vrcholech Jeseníků v průběhu holocénu (Banaš 2007). Jedná se například o půdy s polygonální morfologií, kde je jemnozrnější materiál obklopen hrubšími úlomky (Křížek et al. 2005). Strukturní půdy jsou vázány pouze na zarovnané povrchy, vyskytují se pouze na vrcholových plošinách Jeseníků a Králického Sněžníku, pokud by zde byl les, byly by tyto půdy rozrušeny (Banaš 2007). Tentýž autor uvádí, že tyto půdy se vyskytují na kryoplanačních terasách, což je případ i Vysoké hole. Dalším vhodným indikátorem přirozeného bezlesí jsou společenstva na deflačních vrcholech a plošinách ze svazu *Juncion trifidi* a svazu *Nardo-Caricion rigidae*, s řadou heliofilních a konkurenčně slabých druhů, dále o bezlesí svědčí vysokostébelné květnaté nivy svazu *Adenostylion* (Banaš et al. 2001). Přítomnost těchto společenstev je zapříčiněna klimatickými extrémy na deflačních plošinách nejvyšších vrcholů, spojených s působením mrazových jevů soliflukce a deflace (Banaš 2007).

Antropogenní ovlivnění alpské hranice lesa není podle Jeníka (1973) výrazné a alpské enklávy mají více či méně přirozený rozsah, je možné připustit jen menší snížení vlivem pastvy a žďáření. Vlivem lesnických aktivit byla horní hranice lesa uměle zvyšována, jak přímo dosadbami smrku, tak nepřímo výsadbami kleče v hřebenových partiích a na svazích, výsadby *Pinus mugo* byly prováděny od druhé poloviny 19. století v různé intenzitě až do 80. let 20. století (Bureš et Kočí 2010). Kavalcová et al. (2005) uvádějí, že porosty kleče ovlivňují deflací a hydro-pedologický režim celého prostoru anemo-orografických systémů.

Kromě rostlinných společenstev jsou dokladem bezlesí i alpská společenstva živočichů, kteří jsou vázáni na arкто-alpské bezlesé biotopy. Většina těchto druhů zde má reliktní výskyt, často se jedná o endemité taxony. Jedná se např. o půdní arкто-alpské druhy chvostokoků, pancírníků či alpské druhy motýlů. (Banaš 2007)

4.5 Historie využívání území

Podle Hoška (1973) se využívání horských lesů vždy lišilo v jednotlivých panstvích, pro studovanou oblast je významné panství Janovice (východní svahy jižní části hlavního hřebene po Velkou kotlinu) a panství Bruntál (východní svahy hlavního hřebene od Velké kotliny po Praděd). Vegetace na Vysoké holi byla ovlivněna vypalováním od 13. do 14. století, nicméně dopad této činnosti byl spíše lokálního charakteru, extenzivní odlesňování ve vysokých nadmořských výškách začalo pravděpodobně až po roce 1300 (Novák et al. 2010).

Hošek (1973) uvádí, že horské hole v Jeseníkách začaly být intenzivněji využívány až na přelomu 17. a 18. století. Jeník et Hampel (1992) datují obsazení pohoří majiteli panství mezi 16. a 18. stoletím. Dle Hoška (1972) napomohla k rozšíření holí nejprve pastva hovězího dobytka. Na janovickém panství se ročně páslo 100 volů až do konce 18. století, pastva volů byla později nahrazena pastvou ovcí zejména nad Ovčárnou a na východních úbočích Vysoké hole a trvala až do počátku 20. století, kromě pastvy byly horské hole využívány pro travení, tj. produkci sena, které bylo následně sváženo k využití do nižších poloh (Hošek 1987).

Nejvyšší polohy Hrubého Jeseníku tak byly nejméně posledních cca 250–300 let ovlivňovány činností člověka, pastva tedy pohoří ovlivnila významně (Kavalcová et al. 2005).

Hospodaření v nejvyšších polohách bylo zcela ukončeno až zhruba v polovině minulého století. V souvislosti s hospodařením na holích docházelo v minulosti na některých místech nejprve ke snižování horní hranice lesa kácením (vypalováním) a pastvou a k rozšiřování ploch luk a pastvin, následně k jejímu zvyšování rozsáhlým zalesňováním (často s použitím sadebního materiálu cizí provenience) a výsadbami nepůvodní borovice kleče, která měla chránit níže položené smrkové porosty. Pod dlouhodobým lidským tlakem byla zejména společenstva alpínských trávníků, alpínských vřesovišť, brusnicová vegetace a subalpínské vysokostébelné trávníky a vysokobylinné nivy. (SCHKO Jeseníky 2014)

4.6 Změny vegetace alpínského stupně

Změny subalpínských společenstev jsou kvantitativní (změna plošného zastoupení vegetačních typů) a kvalitativní (změny v druhovém složení a diverzitě vegetace) uvádějí Bureš et Kočí (2010), jejichž studie se mimo jiných typů vegetace zabývá třtinovými lučinami svazu *Calamagrostion villosae* (asociace *Sileno vulgaris-Calamagrostietum villosae*), v nichž dochází k výrazné expanzi *Vaccinium myrtillus* a zmenšení celkové rozlohy porostů s převahou vysokostébelných druhů trav ve prospěch brusnicové vegetace svazu *Vaccinion* (asociace *Festuco supinae-Vaccinietum myrtilli*). Dle jejich studie také krátkostébelná vegetace svazu *Nardion strictae* zarůstá statnějšími druhy trav a borůvkou.

V travinobylinné vegetaci tedy razantně přibývá poměrně uniformních porostů borůvky často na úkor druhově bohatých subalpínských trávníků. Příčinou těchto změn je pravděpodobně upuštění od tradičního hospodaření na holích po 2. světové válce (viz výše) v synergii s atmosférickou depozicí síry a dusíku a postupným zvyšováním teploty. (SCHKO Jeseníky 2014)

Kavalcová et al. (2005) uvádějí, že pastvu dobytka nelze z tohoto hlediska hodnotit jednoznačně, přestože na les působila zřejmě negativně, je však velmi pravděpodobné, že udržovala druhovou pestrost holí. Dále stejní autoři pokračují, že naposledy se páslo na hřebenech v roce 1942 a to asi 40 jalovic, v roce 1930 ještě 90 jalovic. Pastva měla výrazný vliv na horní hranici lesa a rozšíření subalpínské vegetace do nižších poloh (Tremel et Banaš 2005). Dá se předpokládat, že vlivem extenzivní pastvy došlo u řady

vegetačních typů ke změnám druhového složení a druhové diverzity, její vliv byl však z hlediska pohledu diverzity flóry a vegetace spíše pozitivní (Bureš et Kočí 2010).

Změny na vegetaci jsou patrně výsledkem dlouhodobých sukcesních změn probíhajících po skončení hospodaření. Globální změny v prostředí, změny v půdě vyvolané imisemi a patrně také klimatické změny se podílejí na obměně vegetace. Lokální stanovištní podmínky ovlivnila také výsadba borovice kleče. Maloplošný vliv může mít také vysokohorská turistika. (Bureš et Kočí 2010)

V souvislosti s procesem globálního oteplování (vyšší teploty v růstovém období vegetace) dochází k postupnému výškovému posunu vegetace nižších výškových stupňů směrem do alpinského stupně (Banaš et al. 2001). S tímto jevem souvisí postupné nahrazování vegetace travnaté tundry společenstvy keřů. Zvýšená hloubka sněhové pokrývky výrazně zvyšuje pokrývnost keřů (zvýšená ochrana před promrzáním, zlepšení vodního režimu). Tento fenomén zvýšeného výskytu keřových společenstev s *Vaccinium myrtillus* lze pozorovat v závětrné části anemo-orografických systémů, např. ve Velké kotlině. Na stanovištích s nízkou vrstvou půdy a sušového reliéfu dochází k postupnému nahrazování travnatých porostů společenstvy keřů, na stanovištích s hlubšími půdami travinná společenstva *Sileno-Calamagrostietum* úspěšně prosperují. Z průzkumu Banaše et al. (2005) také vyplývá, že dochází k nahrazení části porostů metličkových trávníků vysokostébelnými společenstvy třtinových trávníků v oblasti pod Petrovými kameny. *Calamagrostis villosa* patří mezi expanzivní druhy se silnou konkurenční strategií v horských podmínkách, je odolná vůči znečištění ovzduší a výborně se adaptuje na půdní poměry. Již Zlatník (1925) uvádí, že sv. *Calamagrostion villosae* konverguje blíže ke keřovým společenstvům s dominantní borůvkou (Banaš 2014). (Banaš et al. 2001; Banaš et al. 2005; Banaš 2014)

V porostech dochází k převládnutí jedné dominanty. Nejčastěji *Vaccinium myrtillus*, lokálně pak např. *Molinia caerulea*. Převládnutí borůvky je také příčinou snížení druhové diverzity porostů. Dochází k úbytku světlomilných a relativně suchomilných druhů. Drobné konkurenčně slabé druhy bylin, které se dříve v porostech pravidelně vyskytovaly, mají v kompaktním zápoji borůvky mnohem obtížnější podmínky pro růst, ale zcela jistě i pro klíčení. Vedle silného zápoje keřů hraje jistě roli také silná vrstva pomalu se rozkládajícího listového opadu borůvky. Pravděpodobnou příčinou šíření borůvky může být změna půdních vlastností imisemi, dále pak dlouhodobá sukcese po ukončení hospodaření – pastvy a travení, v hřebenových polohách oba tyto způsoby

hospodaření zcela jistě eliminovaly borůvku a udržovaly ji v plošně mnohem méně rozsáhlých porostech. (Bureš et Kočí 2010)

4.7 Keříčková společenstva

Keříčkovými společenstvy v alpínském a subalpínském stupni rozumíme zejména druhově chudé nízké porosty vřesovcovitých – brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusnice vlochyně (*Vaccinium uliginosum*), brusnice brusinka (*V. vitis-idaea*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*), šicha oboupohlavná (*Empetrum hermaphroditum*). Doplňují je plazivé vrby (*Salix* sp.) a dále taky jalovec obecný nízký (*Juniperus communis* subsp. *nana*). Na extrémních ekologických stanovištních podmínkách dokážou nízké keříky konkurovat jiným formám rostlin, protože jejich listy jsou schopny je v letním období zastínit. Subalpínská brusnicová vegetace – svaz *Vaccinion* se nad hranicí lesa vyskytuje primárně. (Zeidler et Banaš 2013)

V severní a ve střední Evropě jsou rostliny z rodu *Vaccinium* označovány za oxylofyty díky své adaptaci na chladné a mírně vlhké prostředí s kyselými a velmi chudými půdami. Ve střední Evropě se borůvka vyskytuje jak v zastíněných vlhkých lesích nebo na okrajích močálů, tak i na suchých úbočích. (Timoshok 2000)

Dle studie od Timoshoka (2000) je brusnice borůvka charakterizována širokou škálou ekologické tolerance k prostředí (jako například teplota, osvětlení prostředí, hydrický a trofický režim půdy), limitujícím faktorem jsou klimatické podmínky jako vlhkost, sněhová pokrývka a zamrznání půdy v zimě. Jak uvádí Zeidler et Banaš (2013) jsou to především vřesovcovité druhy, které jsou bez ochranné sněhové pokrývky ničeny mrazem.

Jak již bylo uvedeno, sněhová pokrývka chrání asimilační orgány rostlin proti vyschnutí a nepříznivým vlivům zimního počasí. Pod sněhovou pokrývkou však dokážou některé druhy rostlin přezimovat v zeleném stavu, byť poněkud světlejší než rostliny nižších poloh. Pozitivní čistá fotosyntéza byla doložena např. pro druh brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) pod 30 cm vrstvou sněhu v severním Finsku. Podobnou schopnost lze očekávat u dalších rostlin vázaných na biotopy s vyšší vrstvou sněhu. Stálezelená zůstává i většina horských trávníků a tím umožňuje přežití velkých býložravců (např. kamzíci) v zimním období. (Zeidler et Banaš 2013)

4.8 Nepůvodní druhy v NPR Praděd

Jeník (1973) dává dnešní bohatství vrcholových poloh a kotlin Hrubého Jeseníku do přímé souvislosti s florogenetickou absencí kosodřeviny. Touto absencí je Hrubý Jeseník mezi střeoevropskými pohořími, přesahujícími hranici lesa výjimkou (Banaš et al. 2005).

Nicméně borovice kleč (*Pinus mugo*) byla v Hrubém Jeseníku uměle vysázena. Největší akce zalesnění horských holí byla provedena v letech 1883–1907 mezi Pradědem a Vysokou holí na slezské straně Jeseníků, kde bylo klečí a limbou zalesněno asi 165 ha horských luk. Po roce 1920 začala limba ve stáří 20–40 let lavinovitě odumírat a porost poměrně rychle zmizel. Z celého zalesnění zbyly jen dodnes stávající úzké pruhy kleče pod vrcholem Pradědu a Vysoké hole, založené na horní hranici umělého zalesnění. Nad horní hranici lesa byl vysázen také alochtonní druh olše zelená (*Alnus alnobetula*) v 70. letech 20. století za účelem protierozní ochrany. (Hošek 1972; Treml et Banaš 2005)

Zvýšení horní hranice lesa a předpokládané zamezení erozních pochodů se stalo záměrem k vysazení *Pinus mugo*. Za tímto účelem byly od poloviny 19. století prakticky až do 90. let 20. století jen v pohoří Hrubého Jeseníku vysázeny statisíce sazenic kleče, limby a smrku. Výsadby kleče se prostřednictvím vegetativního rozmnožování začaly agresivně šířit a obsazovat nová stanoviště, především subalpínského stupně. V současnosti je již prokázán negativní vliv kleče na celou řadu cenných složek subalpínských ekosystémů – na geobiodiverzitu vysokohorského prostředí. Její vliv na tyto složky se často projevuje přímo – např. formou destrukce půdních kryoforem (např. thufurů) kořenovým systémem, mechanickým narušováním mrazem tříděných půd či zábořem biotopů rostlinných a živočišných druhů. (Zeidler et Banaš 2013)

5 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

Metody terénního průzkumu mnohdy nemohou dosáhnout takové přehlednosti jako data získaná pomocí dálkového průzkumu Země, kdy je celé území zaznamenáno najednou ve formě obrazu. Informace z dat DPZ jsou mnohem rychleji dosažitelné. (Buček 2004) Dálkový průzkum Země získává užitečné informace o objektech, plochách či jevech na povrchu planety Země prostřednictvím dat měřených na zařízení, která s těmito zkoumanými objekty, plochami či jevy nejsou v přímém kontaktu. (Lillesand et al. 2008)

V této souvislosti je důležité rozeznávat dva termíny. Těmito termíny jsou „land cover“ a „land use“. Prvně jmenovaný termín označuje půdní (krajinný kryt), resp. druh materiálu, který se nachází na povrchu zemského povrchu. Druhý termín resp. využití půdy je používán v souvislosti s lidskou činností a využíváním a přeměnou přírodního prostředí pro specifické účely. Dálkový průzkum Země je v dnešní době jedním z rozhodujících univerzálních nástrojů pro sledování přírodních zdrojů a jejich správu. Využití metod DPZ dovoluje sledovat jak náhlé změny prostředí, tak pomalé trendy v čase. Výsledky analýz dlouhodobých změn mohou přispět k rozpoznání stresorů a řídicích změn v krajině, a je tak možné soustředit se přímo na příčiny environmentálních problémů. (Žížala et Novák 2011)

Vymezení krajinných jednotek na základě snímků DPZ nazýváme *distančním mapováním*, které je doplněno kontrolou v terénu. Digitální záznamy DPZ poskytují pohled na krajinu shora, hlavní fyziognomický faktor, jímž je reliéf, je při pohledu shora za běžných okolností „neviditelný“. V přírodní krajině se tak hlavní fyziognomickou složkou krajiny stává vegetace. Jednou z výhod DPZ je přehlednost a podrobnost, umožňuje totiž snáze identifikovat krajinné jednotky pomocí tzv. spektrálního příznaku. Obrysy, které takto získáme, jsou v reálném terénu ne vždy zřetelné. (Kolejka 2013)

Získávání údajů DPZ spočívá v měření množství zářivé energie pomocí snímačů, které zaznamenávají elektromagnetické záření odražené, nebo emitované složkami krajiny. Parametry elektromagnetického záření se při interakci s prostředím mění v závislosti na fyzikálních vlastnostech tohoto prostředí. V DPZ se používají vlnové délky od ultrafialového záření přes záření viditelné, infračervené, tepelné až po záření mikrovlnné. Metody DPZ se dle zdroje elektromagnetického záření člení na aktivní a pasivní. Pasivní se dále dělí na přímé a nepřímé. U pasivních metod přímých je zdrojem

informace záření ze Slunce, které je odraženo od zemského povrchu (letecká fotografie). Termovize se řadí mezi nepřímé pasivní metody. Typickým příkladem aktivních metod v DPZ jsou tzv. radarové systémy a letecké laserové skenování (LIDAR). (Khel 2009)

LIDAR je technologie umožňující sběr bodů pro tvorbu digitálního modelu reliéfu a modelu terénu, a to i v zalesněných oblastech. Laserové skenování je vyvinuto pro rychlé a operativní mapování rozsáhlých území. Všechna data jsou získána již primárně v digitální podobě, a proto je také vyhodnocení prováděno na počítačích. Letecký laserový skener lze zařadit mezi aktivní digitální senzory. Aktivní proto, že vysílá energii a přijímá zpět signál po odrazu, digitální neboť úroveň signálu je převedena na digitální tvar a uložena do počítače a dále zpracovávána pomocí digitální techniky. Tento aktivní senzor není závislý na slunečním světle, a lze tedy měření provádět 24 hodin denně. Pro přesné měření je nutné zajistit přesné určení letadla v prostoru. Laserové skenery se skládají z navigačního systému, laserové a skenovací jednotky. (Dolanský 2004)

5.1 Vznik obrazových dat

Výsledkem DPZ jsou zpravidla letecké snímky a družicové obrazové záznamy, které jsou zpracovávány digitálními metodami (Svatoňová et Lauermann 2010). Aktuálně dostupné snímky z družicových systémů poskytují značnou variabilitu ve výběru a záleží na účelu využití, které snímky poskytnou dostatečné možnosti pro analýzu krajinného krytu a využití půdy (Žížala et Novák 2011). Z těchto obrazových záznamů tak získáváme informace o poloze a vlastnostech objektů, získaná data analyzujeme a následně interpretujeme. (Svatoňová et Lauermann 2010).

Prakticky všechna družicová i letecká data jsou dnes pořizována v digitální podobě a jsou dodávána ve standardizované velikosti pixelu. Prostorové rozlišení je reprezentováno velikostí jednoho bodu (pixelu), který tvoří základní jednotku každého digitálního obrazu. S narůstajícím úhlem (u šikmých scén) se skutečné prostorové rozlišení snižuje. Minimální velikost objektu, který lze na snímku identifikovat není tedy vždy totožná s velikostí pixelu. (GISAT 2015)

5.2 Druhy dat

Podle počtu a rozsahu spektrálních pásem, ve kterých byla data pořízena, rozlišujeme:

- a) *Panchromatická (černobílá) data (PAN)* – pořízena v celém rozsahu viditelného a částečně i blízkého infračerveného světla senzorem citlivým na světlo, senzor tak zachycuje světlo všech barev do jednoho obrazového pásma a výsledkem je černobílý snímek v různých odstínech šedi.
- b) *Multispektrální (barevná) data* – jednotlivé intervaly vlnových délek odpovídající určitým barvám viditelného optického spektra jsou zachycovány do oddělených obrazových pásem. Data každého pásma jsou pořízena samostatně (vypadají také jako černobílý obraz), jsou ovšem pořizována v rozsahu vlnových délek pouze jedné barvy a nepůsobí přirozeným dojmem jako data panchromatická. Multispektrální pásma se tak kombinují pomocí tzv. RGB (z angl. Red, Green, Blue – červené, zelené, modré pásmo) syntézy v obraz v přirozených barvách. Obraz v nepravých barvách získáme tehdy, pokud se do barevné syntézy použijí pásma jiného spektrálního rozsahu než oblast viditelného spektra. Družicová data jsou nejčastěji dodávána s blízkým infračerveným pásmem (z angl. Near-infrared – NIR), s jehož pomocí lze vytvořit kombinaci velmi vhodnou pro mapování vegetace, která je v této kombinaci jasně červená. Multispektrální data se zpravidla pořizují současně s panchromatickými daty, ale s nižším prostorovým rozlišením (udává se 4x nižší rozlišení) pro snížení objemu přenášených dat. Méně podrobná multispektrální data lze zaostřit panchromatickým pásmem a získat rozlišení dat panchromatických (jedná se o tzv. Pan-Sharpening).
- c) *Hyperspektrální data* – tato data popisují odrazivost v desítkách až stovkách velmi úzkých spektrálních pásem.
- d) *Radarová data* – popisují odrazivost v mikrovlnné části elektromagnetického spektra. (GISAT 2015)

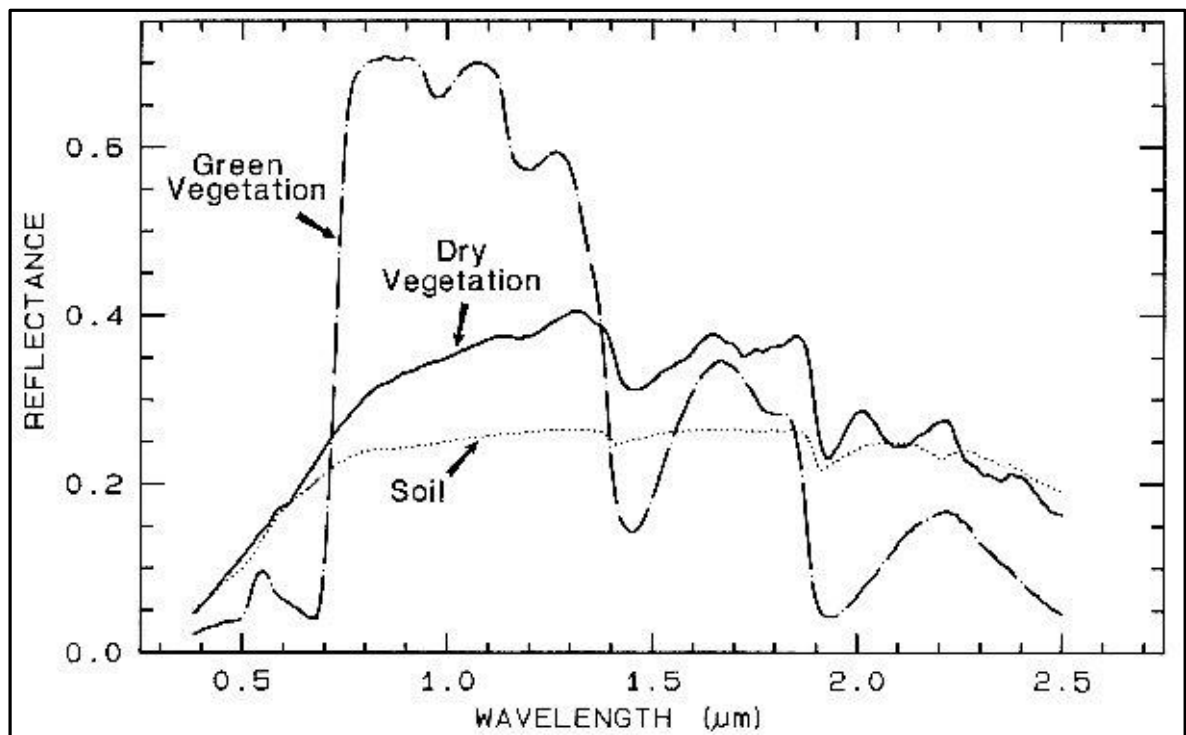
Spektrozonální snímky jsou barevné infračervené snímky s jednou vrstvou citlivou na infračervené záření. (Svatoňová et Lauermann 2010)

5.3 Zářivé vlastnosti krajinných objektů

Intenzita odraženého i emitovaného záření je závislá na elektromagnetických vlastnostech dané látky (Pavelka 2006). Rozlišení typů vegetace na snímcích

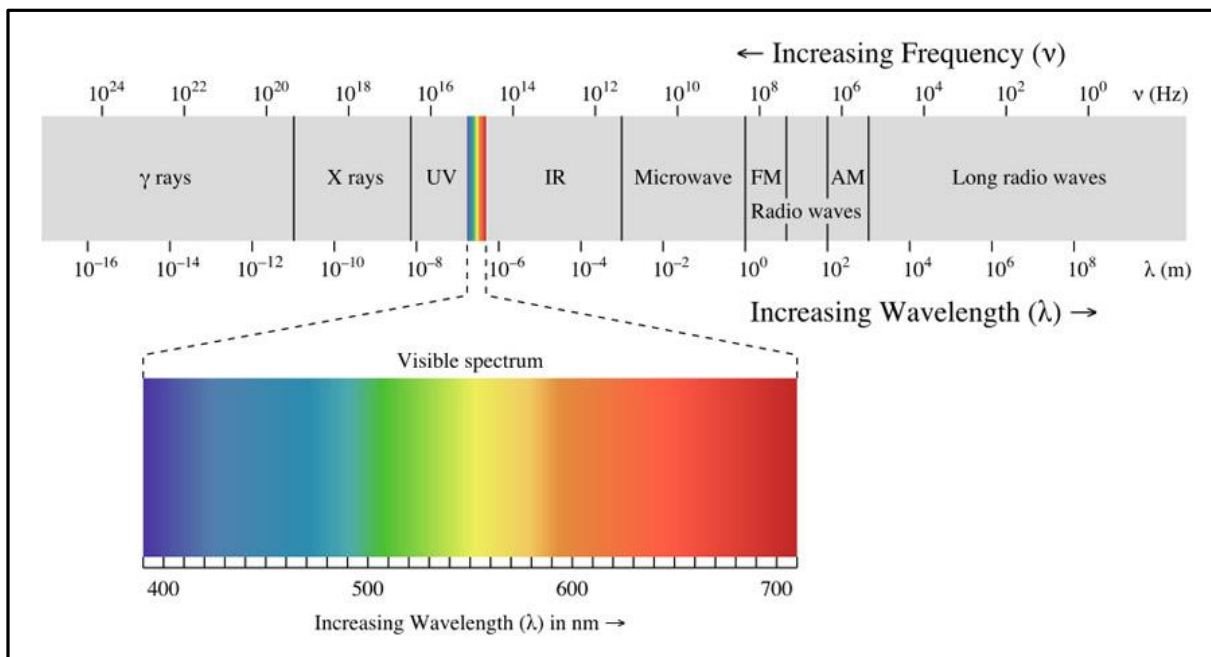
a diferenciaci od jejího okolí umožňuje znalost typických optických vlastností vegetace v různých pásmech elektromagnetického spektra (Židek 2003). Stejný autor dále pokračuje, že tyto základní vlastnosti závisí na složení listových pigmentů, struktuře a zdravotním stavu listů zelených rostlin a jsou charakterizovány typickou křivkou spektrální odrazivosti (Židek 2003), která dle Pavelky (2006) vyjadřuje průběh závislosti množství odraženého, popř. emitovaného záření dané látky na vlnové délce.

Multispektrální signatury (spektrální signatury) svými statistickými charakteristikami (směrodatná odchylka, průměrný vektor třídy), zjištěnými v jednotlivých spektrálních pásmech, reprezentují třídy objektů, které jsou definované v zájmovém území a slouží jako báze pro řízenou klasifikaci. Spektrální signatury umožňují posoudit reprezentativnost trénovacích množin, ale také míru jejich vzájemné odlišitelnosti. (Židek 2003)



Obr. 1: Křivka spektrální odrazivosti (závislost odraženého záření a vlnové délky).
Zdroj: (Clark 1999)

S elektromagnetickým zářením v přírodě se setkáváme v širokém spektru, které se dělí podle vlnové délky do několika základních oblastí (Svatoňová et Lauer mann 2010) viz obr. č. 2, a protože elektromagnetické záření má různé vlnové délky a velikost odraženého i elektromagnetického záření se liší pro různé vlnové délky, měří se současně tato záření v různých vlnových rozsazích, a získáváme tak více odlišných obrazových záznamů. Tyto záznamy jsou označovány jako spektrální pásma (bands). (Halounová 2009)



Obr. 2: Dělení elektromagnetického spektra. (zdroj: Wikimedia 2015)

Ve spektrálním pásmu viditelného záření (400–750 nm) je odrazivost poměrně nízká (maximálně 15 %). Spektrální odrazivost vzrůstá na počátku blízkého infračerveného pásma (750–1400 nm) a dochází k prudkému vzrůstu spektrální odrazivosti, v těchto vlnových délkách jsou listové pigmenty a celulóza dobře propustné, a proto je absorpce listů velmi malá a odrazivost se blíží 50 %. Spektrální odrazivost zelených rostlin ve viditelném a infračerveném pásmu elektromagnetického spektra je velmi důležitá, poněvadž umožňuje odlišit zelené rostliny od jiných objektů na zemském povrchu a umožňuje zjistit jejich stav. Vegetační indexy jsou zvláštním typem vícepásmových manipulací s obrazovými daty, které se soustřeďují na vegetaci. Jejich cílem je v datech co nejlépe zvýraznit, případně i kvantifikovat, jejich vegetační složku. (Židek 2003)

Spektrální indexy zvýrazňují požadovanou složku prostředí a vypočítávají se jako podíl pásem, kde v jednom pásmu dochází k intenzivnímu odražení záření na požadovaném povrchu a v druhém pásmu dochází naopak k pohlcování záření. (Žížala et Novák 2011)

5.3.1 Vegetační poměrový index NDVI (Normalized Differences Vegetation Index)

Dle Halounové (2009) se jedná o nejpoužívanější index. Vegetační indexy se konstruují z podílu pásem blízkého infračerveného pásma (NIR) a pásma v červené oblasti (RED) viditelného spektra (Žížala et Novák 2011). Halounová (2009) dále pokračuje, že nejvyšší hodnoty tohoto indexu se vyskytují u zdravé zelené vegetace, která pro NIR má vysoké hodnoty ve srovnání s ostatními povrchy a naopak pro červené záření hodnoty stejné nebo nižší. Tento index má následující tvar:

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

kde RED a NIR představují odrazivost v červeném a blízkém infračerveném pásmu. NDVI nabývá hodnot od +1,0 do -1,0. Rozdílná odrazivost v červeném a blízkém infračerveném umožňuje sledovat hustotu a vitalitu vegetace. NDVI vypovídá o změnách v množství zelené biomasy, obsahu chlorofylu a vodních stresech vegetace. Je vhodný pro oblasti, kde není vegetace ani příliš řídká ani příliš hustá. Pokud je vegetace příliš hustá, NDVI se nasytí, protože odrazivost v červeném se mnoho nemění, ale odrazivost v NIR stále narůstá se zhušťováním vegetace. Zelené listy mají obecně vyšší odrazivost v NIR než ve viditelném spektru. Zdravá vegetace absorbuje většinu viditelného světla a odráží velké množství NIR. Nezdravá nebo řídká vegetace odráží více viditelného a méně NIR. (Kheř 2009)

Řídčí vegetace jako keříčkovitá společenstva či louky dosahují hodnot přibližně od 0,2 do 0,5 a tropické lesy dosahují vysokých hodnot (0,6–0,9). Transformováním dat do hodnot indexu NDVI jsou výzkumníci schopni odlišit vegetační typy rostlinných společenstev, zjistit jejich plochu či zdravotní stav. NDVI index odhaluje změny na vegetaci v důsledku přírodních i antropogenních disturbancí. (Anonymus 2015b)

5.4 Digitální klasifikace obrazu

Klasifikace je proces, při němž je získán obrazový soubor, kde v každém pixelu je uložena digitální hodnota udávající jeho zařazení do předem zvolené tematické třídy (Halounová 2009). V počítačových programech jde o operace, umožňující identifikovat v souboru prvků (entit) skupiny se společnými vlastnostmi (Židek 2003). Stejný autor dále pokračuje, že v DPZ jsou entity na nejnižší úrovni reprezentovány jednotlivými pixely,

a klasifikace představuje proces, při kterém se jednotlivé pixely (vykazující podobné spektrální hodnoty) originálního numerického záznamu zařazují do tříd a vzniká tak klasifikovaný snímek.

Pro digitální klasifikaci se nejčastěji používají multispektrální obrazové záznamy, definující každý pixel souborem radiometrických hodnot v několika spektrálních pásmech. Vlastní přiřazování pixelů do jednotlivých tříd umožňují algoritmy, které zvolený soubor rozhodovacích pravidel formálně popisují. Cílem klasifikace je tedy získat takové třídy, které co nejlépe vystihují objekty a jevy zachycené v obraze a mají požadovanou interpretační hodnotu. (Židek 2003)

Dosud se v klasifikačních pravidlech používá převážně spektrálních příznaků, vyjadřujících dle Kupkové (2010) hodnotu odraženého/emitovaného záření v jednotlivých pásmech multispektrálního snímku.

Vytvořit klasifikační pravidlo znamená stanovit příznaky a určit příznakový prostor obrazových dat pro každou vybranou třídu. Každá třída je tvořena objekty, jejichž soubor vybraných příznaků má blízké si hodnoty v příznakovém prostoru a blízké i prostoru obrazových vzorů. Vzor charakterizuje objekt souborem příznaků, kterými je textura, barva, velikost aj. Při vlastním procesu klasifikace klasifikátor rozpoznává (a tedy zařazuje) objekty do tříd podle jejich vzoru. (Halounová 2009)

Výsledky klasifikace při použití různých klasifikátorů mohou být rozdílné, po ukončení klasifikace vždy následuje hodnocení její přesnosti buď vizuálně, nebo s pomocí určitých statistických veličin, které využívají algoritmy pro hodnocení klasifikace (Kupková 2010).

Metody automatické klasifikace lze rozdělit do dvou kategorií na bodovou klasifikaci (per-pixel), která zahrnuje řadu metod a postupů, které vyhodnocují obrazová data v příznakovém prostoru, a objektovou klasifikaci neboli segmentaci. (Žížala et Novák 2011). Objektově orientovaná klasifikace (tzv. segmentace), která kromě spektrální informace bere v úvahu také informaci prostorovou. Segmentace je metoda, která vytváří z obrazových dat jejich symbolickou reprezentaci tak, že definuje na základě předem daných kritérií dílčí části, tzv. segmenty, které mohou mít jistý sémantický význam. Segmenty jsou tvořeny souvislými skupinami pixelů, které jsou ve svých

multispektrálních attributech relativně homogenní a vyznačují se i jinými vlastnostmi (tvar, velikost, textura, topologické vztahy apod.). (Židek 2003)

Pro účely této práce byla nakonec použita nejčastěji používaná klasifikační technika – spektrální klasifikace „per pixel“ (Židek 2003), kterou Lillesand et al. (2008) zařazují do skupiny spektrální rozpoznávání obrazců (*spectral pattern recognition*), vztahující se k souboru hodnot odrazivosti zaznamenaných v různých spektrálních pásmech. V průběhu této klasifikace se převádějí spektrální třídy pixelů, které vykazují dostatečně vysokou míru podobnosti do menšího počtu informačních tříd (Židek 2003). Tento autor dále uvádí, že tyto operace lze realizovat dvojím metodicky odlišným pojetím, a to jako klasifikaci řízenou (*supervised classification*) a neřízenou (*unsupervised classification*) viz dále.

Kromě obrazových dat mohou být použity k podpoře klasifikace rovněž data výškopisná v podobě digitálních modelů povrchu (DMP) a digitálních modelů terénu neboli reliéfu (DMT či DMR). V současnosti jsou pro území ČR dostupná data v podobě digitálního modelu 1. generace (DMP 1G) a digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G). Digitální model povrchu České republiky 1. generace (DMP 1G) představuje zobrazení území včetně staveb a rostlinného pokryvu ve formě nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty (budovy) a 0,7 m pro objekty přesně neohrazené (lesy a další prvky rostlinného pokryvu). DMP 1G i DMR 5G vznikly z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013. DMP 1G je určen k analýzám výškových poměrů terénu a geografických objektů na něm se vyskytujících (stavby a rostlinný pokryv) regionálního a částečně i lokálního charakteru, a má být vytvořen z celého území ČR do konce roku 2015. DMR 5G představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. DMR 5G je základní zdrojovou databází pro tvorbu vrstevnic určených pro mapy velkých měřítek a počítačové vizualizace výškopisu v územně orientovaných informačních systémech vysoké úrovně podrobnosti. (ČUZK 2015)

5.4.1 Neřízená klasifikace

Neřízená klasifikace v první fázi nevyžaduje prakticky žádnou znalost klasifikovaného území a výstupem klasifikátoru nejsou třídy informační, ale spektrální (Kupková 2010). Metodami shlukové analýzy se automatizovaně extrahují dominantní obrazce spektrální odrazivosti (Židek 2003). Halounová (2009) uvádí, že při tomto druhu klasifikace jsou automaticky vytvářeny *shluky* (clusters) na základě podobnosti objektových hodnot obrazu. Algoritmy neřízené klasifikace většinou vyžadují pouze zadání počtu spektrálních tříd, které chceme klasifikovat, a počtu iterací, tzn. počtu opakování zvoleného algoritmu, která mají proběhnout proto, abychom dostali co možná nejlepší výsledek (Kupková 2010). Existuje řada shlukových algoritmů – dle Žížaly et Nováka (2011) jsou nejběžnějšími algoritmy K-means a ISODATA (Iso Cluster, což je varianta algoritmu ISODATA byl použit v této práci). Lillesand et al. (2008) uvádějí, že k nejpoužívanějším patří metoda K-průměrů (K-means), při které analytik předem stanoví očekávaný počet shluků (konstantní počet shluků). Jednotlivé pixely jsou pak zařazeny do shluku, ke kterému je pixel se svými parametry nejbliže (Halounová 2009). Poloha těchto shluků se definuje pomocí střední hodnoty (průměru), která v multispektrálním prostoru určuje průměrový vektor, tzv. centroid (Lillesand et al. 2008). Žížala et Novák (2011) uvádějí, že pokud nejsou zadány polohy centroidů, tak jsou jejich polohy rozmístěny rovnoměrně a pixely jsou přeřazeny k centroidům, ke kterým mají nejbliže. Stejní autoři uvádějí, že dále jsou spočítány nové centroidy a proces se opakuje, dokud není dosaženo zadaného počtu iterací nebo dokud centroidy mění významně svou polohu (tj. dochází k přetvoření shluků). Samotný proces přiřazování shluků je případně možno v závislosti na použitém algoritmu (klasifikační metodě) ovlivnit dalšími parametry jakými jsou směrodatná odchylka, počet změn pro ukončení iterace či maximální velikost shluku (Žížala et Novák 2011).

5.4.2 Řízená klasifikace

Řízená klasifikace kategorizuje obrazový soubor do apriorně stanovených tematických tříd (Židek 2003). Prakticky proces začíná tím, že operátor ve snímku vybere a ohraničí tzv. trénovací množiny (nejčastěji se vymezují pomocí polygonů), tj. skupiny pixelů, které patří do konkrétních informačních tříd, klasifikátor potom vyhledává pixely, které mají podobné příznaky jako pixely jednotlivých trénovacích množin (Kupková 2010), a na základě těchto množin pak dále klasifikátory přiřazují jednotlivé pixely

do stanovených tříd (Žížala et Novák 2011). Odlišnost trénovacích množin v daných spektrálních pásmech umožňuje rozpoznání tematických tříd na základě jejich spektrálních příznaků (Židek 2003). V příznakovém prostoru klasifikátory vymezují jednotlivé shluky a přiřazují je klasifikačním třídám (Žížala et Novák 2011). Předpokládá se, že vytvořené shluky mají normální rozdělení (Halounová 2009).

K testování normálního rozdělení pixelů v každé třídě slouží tzv. histogramy. Histogram určité třídy by neměl mít bimodální charakter (dva vrcholy). To značí, že je třída špatně vymezena a je potřeba ji rozdělit do dvou jiných tříd. (Žížala et Novák 2011)

Dle Židka (2003) v případě správně definovaných trénovacích množin se nejlépe jeví metoda maximální pravděpodobnosti (*maximum likelihood classifier*), kde klasifikátor kvantitativně vyhodnocuje spektrální odezvy dané třídy (Halounová 2009). Na základě této odezvy se počítá pravděpodobnost, s jakou pixel náleží do stanovených kategorií. Pixel se řadí do té kategorie, pro kterou je vypočtená hodnota pravděpodobnosti nejvyšší. (Židek 2003)

5.5 Družicové systémy

Družicová data dnes již neodmyslitelně patří k běžným informačním zdrojům. Jsou častým a cenným zdrojem plošných, prostorových i časových dat v GIS. Sběr dat pomocí družic má řadu výhod: rychlost a komplexnost sběru z daného území, bezkontaktní měření řady veličin, volba typu družice dává volbu rozlišení prostorového, časového i spektrálního a z hlediska monitorování složek životního prostředí je neocenitelná periodicita sběru dat. Nevýhodami je např. vyšší cena, dlouhá periodicita snímkování stejného území a rozlišovací schopnost. (Pavelka 2010)

Nová družicová technologie se začala rozvíjet v 60. letech 20. století. Multispektrální snímkování se prosadilo v družicovém sběru dat jako základní. (Pavelka 2010)

Družice vytvářejí snímky zemského povrchu, obíhají Zemi po kruhových nebo eliptických drahách v různých výškách ve třech typech oběžných drah – geostacionární (v rovině rovníku), v šikmé oběžné dráze a v polární dráze. (Svatoňová et Lauermann 2010)

Geostacionární družice vykonají jeden oběh kolem Země za 24 hodin. Nevýhodou z hlediska DPZ je velká vzdálenost od Země, cca 36 000 km, která předurčuje nízké

geometrické rozlišení dat. Ke geostacionárním družicím patří především meteorologické družice, např. METEOSAT. V rámci programu GARP (Global Atmospheric Research Program) jsou meteorologické družice spojeny v celosvětovou síť a díky internetu máme možnost získat pro libovolné místo na Zemi v libovolném čase záběr zvolené oblasti. Na *polární oběžné dráze* obíhá převážná část družic určená ke snímání povrchu Země. Pohybují se ve směru sever-jih ve výšce 800–900 km. Doba oběhu závisí na výšce letu a reprezentuje nejčastěji 12 až 16 oběhů za 24 hodin. Nad obzorem daného území jsou vždy jen několik minut (přelet trvá asi 15 minut) a z důvodu záběru družice a rotace Země je možno daný bod pozorovat jen několikrát denně. Oproti geostacionárním družicím mají výrazně lepší geometrické rozlišení, dané zejména výškou dráhy. Patří sem např. LANDSAT či NOAA. (Pavelka 2010; Svatoňová et Lauer mann 2010)

5.5.1 LANDSAT

Program LANDSAT je nejdéle probíhající projekt sloužící k získávání kompletních fotografií Země z vesmíru. Do poloviny 60. let nebyla ve vesmíru vyslána družice za účelem sběru terénních dat. LANDSAT 1 byla do vesmíru vyslána v roce 1972 předznamenávající nový věk dálkového průzkumu Země z vesmíru. (NASA 2015)

Družice polární dráhy LANDSAT patří k významným informačním pramenům o povrchu Země a jejích přírodních zdrojích získaných z DPZ. Tyto americké družice patří mezi nejnámější a nejvyužívanější družice DPZ. Program LANDSAT je řadou družicových misí určených k pozorování Země, řízených NASA. Tento program výrazně přispěl k rozvinutí nového vědního oboru dálkového průzkumu Země. V současnosti je funkční LANDSAT 5 a LANDSAT 7 a LANDSAT 8. Účelem poslední zmiňované družice je pokračovat v průběžném snímání celého zemského povrchu obdobným způsobem, jakým to činily její předchůdkyně. Družice LANDSAT 8 pořizuje od března 2013 panchromatická data v rozlišení 15 metrů, multispektrální data v rozlišení 30 metrů a tepelná data v rozlišení 100 metrů. Nad stejným místem přelétá jednou za 16 dní. (Pavelka 2010; Svatoňová et Lauer mann 2010; GISAT 2015)

Sedmikanálový skener TM (Thematic mapper), který používá LANDSAT 5, se stal nejpoužívanějším zdrojem družicových dat vzhledem ke svému spektrálnímu rozlišení a vysoké rozlišovací schopnosti RS 30 m. Měření probíhá v 7 kanálech, z nichž první 4 jsou ve viditelném světle a další tři v infračerveném pásmu. (Pavelka 2010)

LANDSAT 7 nese snímač tematického mapování ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), snímá 6 optických pásem v prostorovém rozlišení multispektrálního snímku (30 m), panchromatické pásmo (15 m) i pásmo tepelné (60 m). Nejnovější typ družice LANDSAT 8 je vybavena senzorem Operational Land Imager, prostorové rozlišení je 15 m (panchromatická data) a 30 m (multispektrální data). Záběr senzoru je 185 km. Perioda snímání je 16 dní. Dalším senzorem je Thermal Infrared Sensor s prostorovým rozlišením 100 m. (GISAT 2015)

Archivní data družic programu LANDSAT jsou volně ke stažení a po registraci dostupná v rámci aplikace Earth Explorer. V tab. č. 2 je porovnání vybraných spektrálních pásem družic LANDSAT.

Tab. 2: Porovnání vybraných spektrálních pásem družic LANDSAT a jejich prostorové rozlišení. (zdroj: USGS 2015)

LANDSAT 5 (TM)	Pásma (Band)	Vlnová délka (nm)	Prostorové rozlišení (m)
	1 (blue)	0,45-0,52	30
	2 (green)	0,52-0,60	30
	3 (red)	0,63-0,69	30
	4 (NIR)	0,76-0,90	30
LANDSAT 7 (ETM+)	1 (blue)	0,45-0,52	30
	2 (green)	0,52-0,60	30
	3 (red)	0,63-0,69	30
	4 (NIR)	0,76-0,90	30
	8 (PAN)	0,52-0,90	15
LANDSAT 8 (OLI)	2 (blue)	0,45-0,52	30
	3 (green)	0,52-0,60	30
	4 (red)	0,63-0,68	30
	5 (NIR)	0,85-0,89	30
	8 (PAN)	0,50-0,68	15

6 METODIKA

6.1 Charakteristika použitých dat

Zdrojovými daty pro účely této práce jsou letecké snímky poskytnuté Správou CHKO Jeseníky. Jedná se o letecké spektrozónální snímky ve formátu TIF (s pásmy G, R, NIR) z roku 2000 s prostorovým rozlišením 30 cm a letecké multispektrální snímky ve formátu JPG (s pásmy R, G, B) z roku 2012 s prostorovým rozlišením 25 cm. Pro analýzu dat byla dále použita data z družic LANDSAT 7 a LANDSAT 8 z aplikace Earth Explorer od americké společnosti United States Geological Survey (USGS). Jednalo se o multispektrální data s prostorovým rozlišením 30x30 m (ukázka dat v příloze č. 6) a panchromatická (černobílá) data (PAN pro pásmo 8) s prostorovým rozlišením 15x15 m. Pásma 2–5 jsou u dat LANDSAT 8 v pořadí B, G, R, NIR a pásma 1–4 u dat LANDSAT 7 jsou v pořadí B, G, R, NIR. Pásma z družic jsou poskytována v souřadnicovém systému univerzální transversální Mercatorův systém (UTM), bylo tedy nutné je transformovat do souřadnicového systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (JTSK). Ukázka těchto dat viz přílohu č. 5. Zpracování veškerých dat a jejich následná analýza proběhlo v softwaru ArcGIS 10.3.

6.2 Postup prací

Pro zjištění výskytu a rozšíření brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) byl nedílnou součástí terénní průzkum, který proběhl v období červenec až září roku 2014. V terénu byly zaměřeny body pro třídu borovice kleč (*Pinus mugo*), třídu brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a třídu ostatní (travinobylinná) vegetace pomocí GPS navigace Trimble Nomad. Ze snímků poskytnutých SCHKO Jeseníky byla vytvořena rastrová mozaika (nástroj *Mozaic to raster*). Pro snadnější zpracování dat bylo prostorové rozlišení snímků sníženo na 1 m pomocí bilineárního převzorkování (*Resampling*). Před tímto snížením byla provedena klasifikace s původním prostorovým rozlišením, nicméně vyšší prostorové rozlišení pixelu nezpřesňovalo analýzu dat.

Na základě identifikace vegetace ze snímku v kombinaci s terénním průzkumem byly vytvořeny trénovací množiny pro pět tříd (*Vaccinium myrtillus*, *Pinus mugo*, *Picea abies*, ostatní travinobylinná vegetace a stíny). Pro zjištění spektrální podobnosti u těchto vymezených tříd byly v programu ArcGIS vytvořeny histogramy (zvláště pro rok 2000

a 2012) viz přílohy, a dále soubor spektrálních signatur, které statisticky popisují odrazivost v rámci tříd ve vymezených pásmech. Při tvorbě trénovacích tříd a histogramů bylo využito nástrojové lišty *Image Classification* softwaru ArcGIS 10.3, která umožňuje snadnou a rychlou tvorbu trénovacích množin, včetně výpočtu zastoupení jednotlivých tříd a tvorby histogramů a signatur a zároveň i snadnou klasifikaci dat.

Výše uvedené kroky se tak staly nezbytnou součástí pro následnou a stěžejní *per-pixel* klasifikaci v softwaru ArcGIS. Součástí tohoto okruhu algoritmů je tzv. řízená a neřízená klasifikace, která vyhodnocuje data ve spektrálním prostoru. Algoritmy řízené a neřízené klasifikace byly použity pro zjištění výskytu a rozšíření druhu *Vaccinium myrtillus*.

6.2.1 Řízená klasifikace

Na základě ruční vektorizace trénovacích množin na snímku v kombinaci s daty z terénního šetření byla provedena řízená klasifikace. V rámci trénovacích množin bylo vylišeno celkem pět tříd (viz výše). U této klasifikace byla ponechána třída *Vaccinium myrtillus* včetně třídy *Pinus mugo*. Třídy stíny, smrky a ostatní vegetace byly reklasifikovány do třídy s názvem ostatní vegetace (stíny zaujímají zanedbatelnou rozlohu v území, proto ponechán pro přehlednost termín ostatní vegetace). Vylišeny tak byly tři třídy. Pro tuto klasifikaci byl použit algoritmus *Maximum Likelihood Classification* (MLC) softwaru ArcGIS. Použitím jiných algoritmů se nepřispělo ke zlepšení výsledku, a tak byl pro řízenou klasifikaci ponechán pouze tento algoritmus. Základními vstupy pro klasifikaci byly spektrální signatury (viz výše).

6.2.2 Neřízená klasifikace

V softwaru ArcGIS byl použit algoritmus *Iso Cluster* (ISO). Bylo vybráno 10 cílových tříd, které klasifikátor dle spektrální odrazivosti automaticky vylišil, následně byly třídy ručně redukovány na třídy *Pinus mugo*, *Vaccinium myrtillus* a ostatní vegetace. Třídy ostatní vegetace a *Pinus mugo* byly posléze reklasifikovány do jedné třídy, a nakonec tedy vznikla mozaika dvou tříd *Vaccinium myrtillus* a třída ostatní vegetace.

Jelikož RGB snímky z roku 2012 nejsou vhodným podkladem pro automatické klasifikace a došlo tak ke sloučení *Vaccinium myrtillus* i *Pinus mugo* do stejné třídy, neboť jsou spektrálně velmi podobné. V dalším kroku tedy byla řešena eliminace na základě výšky vegetace. Na základě dat DMP 1G a DMR 5G (ukázka v příloze č. 8) zakoupených od ČUZK byly vytvořeny přesné modely DMP a DMT. Na základě jejich

rozdílu vznikl výškový model vegetace (tzv. Canopy Height Model – CHM) s prostorovým rozlišením pixelu 1x1 m. Eliminace kleče byla následně provedena na základě klasifikace výšky vegetace, kdy místa s výškou větší než 0,5 metru byla vyřazena ze třídy *Vaccinium myrtillus*.

Neřízená klasifikace byla provedena i u dat z družic LANDSAT. Před samotnou klasifikací obrazu byl použit tzv. *Pan-sharpening* (panchromatické zostření obrazu). Jedná se o vzájemnou kombinaci panchromatických a multispektrálních snímků pomocí nástroje *Create Pan-Sharpened Raster* za účelem zvýšit prostorové rozlišení družicových dat z 30x30 m na 15x15 m. Klasifikátor opět vylišoval 10 tříd. Následný postup byl stejný jako u dat od SCHKO Jeseníky.

U všech postupů místy došlo k chybné klasifikaci osamocených pixelů. Tyto chyby byly odstraněny pomocí filtrace nástrojem *Shrink*.

7 VÝSLEDKY

Následující kapitola předkládá finální výsledky, které vznikly procesem klasifikování obrazu leteckých a družicových snímků. V této kapitole budou rozebrány výsledky z řízené a neřízené klasifikace, vzájemné porovnání těchto dvou klasifikací a dále také budou okomentovány výsledky získané pomocí dat z družic LANDSAT.

7.1 Histogramy

Spektrální podobnost vymezených tříd názorně vykreslují histogramy. Řazení grafů na snímku je dle daných spektrálních pásem spektrozónálního a multispektrálního snímku. Spektrozónální (infračervený) snímek zobrazuje lesy a zelené porosty červenými odstíny, objekty abiotické jsou obvykle zobrazovány v modré nebo šedé barvě. Nutno připomenout, že vegetace vykazuje vysokou spektrální odrazivost právě v blízkém infračerveném pásmu (NIR). Dalo by se předpokládat, že druh *Vaccinium myrtillus* bude tedy dobře rozeznatelný od okolní vegetace. Dle histogramu v příloze č. 7 (obr. 3) se v NIR znatelně překrývá třída *Vaccinium myrtillus* s ostatní (travinobylinnou) vegetací. Spektrozónální snímek však výborně odlišuje ve všech pásmech *Pinus mugo*. Třída smrky se překrývá se všemi ostatními třídami.

Histogram multispektrálního snímku (příloha č. 7, obr. 4) vykazuje jasné odlišení stínu od okolní vegetace. Brusnice borůvka (dále jen brusnice) nejlépe vykazuje svoji spektrální odrazivost v červeném pásmu. Třída smrky se kryje s ostatními třídami, nicméně ostatní vegetace je pro multispektrální snímek lépe odlišitelná od *Vaccinium myrtillus* než tomu je na snímku spektrozónálním. *Pinus mugo* se s *Vaccinium myrtillus* překrývá nejvíce v modrém pásmu.

7.2 Omezení klasifikace dat obrazu

Klasifikace dat obrazu byla na některých místech zkoumaného území zatížena chybou (viz příloha č. 9). Jedná se především o severní část území (na výsledných mapách značena černou barvou). Tato chyba pravděpodobně vznikla nevhodným nasnímáním leteckých snímků, obraz je na některých místech světlejší nebo je mírně rozmazaný. Dalším omezením vlastní klasifikace jsou stíny (vyskytující se na snímku z r. 2012) a také spektrální podobnost vymezených tříd (viz výše histogramy), nelze opomenout také rozdíl spektrozónální vs. multispektrální snímek.

7.3 Řízená klasifikace

Pro řízenou klasifikaci byl použit algoritmus *Maximum Likelihood Classification*. V příloze č. 10 (obr. č. 6) je ukázka provedené klasifikace pro rok 2000 a 2012. Na obrázku vidíme poměrně odpovídající výskyt borůvky, až na některá „chybová“ místa. Ve středu obrázku vidíme žlutou barvu značící výskyt *Pinus mugo*, ale z ukázkového snímku z r. 2000 je patrné, že se zde *Pinus mugo* nevyskytuje. Klasifikace pro rok 2012 tuto chybu ještě zvětšuje, kdy se třída *Pinus mugo* „rozšířila“ do středu obrázku. V pravém dolním rohu pro rok 2000 byla klasifikována kleč, avšak dle vizuální kontroly se jedná o brusnici borůvku, která se spektrálně velice blízce podobá *Pinus mugo*. V příloze č. 10 (obr. č. 7) je další ukázka řízené klasifikace jiného místa, kde je patrné rozšíření *Pinus mugo*.

Výsledky tohoto algoritmu jsou zatíženy chybami (v příloze č. 13 viz obr. č. 10), kdy v roce 2000 na velké ploše zařadil třídu ostatní vegetace do třídy brusnice (severní část území, záměna nastala i v jižní části území). Tato skutečnost je dána výraznou spektrální podobností třídy brusnice borůvky se třídou ostatní vegetace (viz histogram pro rok 2000). Nejčastějšími chybami klasifikace bylo také chybné zařazení třídy brusnice borůvky a třídy stíny za třídu kleče na multispektrálním snímku.

Rektifikací (překrytím) klasifikovaných snímků v r. 2000 a 2012 byla vytvořena výsledná mapa změn výskytu a rozšíření vegetace (viz příloha č. 14).

Tab. 3: Výsledné změny výskytu a rozšíření vegetace z celkové rozlohy území pomocí algoritmu ISO mezi lety 2000 a 2012.

Value	MLC_00	MLC_12	%
1	brusnice	ostatní	18,4
2	ostatní	ostatní	24,5
3	brusnice	brusnice	31,6
4	ostatní	brusnice	13,5
5	kleč	brusnice	1,7
6	kleč	ostatní	1,4
7	kleč	kleč	2,9
8	ostatní	kleč	1,8
9	brusnice	kleč	4,1

V tab. č. 3 je přehled výsledných změn výskytu a rozšíření vegetace pomocí algoritmu MLC v letech 2000 a 2012. Třída ostatní travinobylinné vegetace permanentně pokrývá 24,5 % tedy 35,3 ha. Červená barva indikuje změnu z třídy ostatní travinobylinné vegetace na *Vaccinium myrtillus* hodnotou 13,5 %. Změna brusnice na ostatní vegetaci s 18,4 % (na mapě černou barvou) značí chybu, která byla způsobena špatnou interpretací vegetace na snímku z r. 2000, černá barva také indikuje stíny v jižní části území. Jsou to právě stíny na snímku z r. 2012 (na stejném místě v r. 2000 se vyskytuje brusnice), které byly někde zařazeny do třídy ostatní vegetace nebo *Pinus mugo*. Vizualně je napojený snímek v severní části území světlejší a na některých místech je rozmazaný, dále jsou keříčky s *Vaccinium myrtillus* na multispektrálním snímku barevně proměnlivé, což výsledky klasifikace snižuje. Vzhledem ke spektrální podobnosti třídy ostatní vegetace a *Vaccinium myrtillus* na snímku z r. 2000 klasifikátor místy v tomto roce do třídy *Vaccinium myrtillus* zařadil i ostatní vegetaci. Žlutou barvou je na mapě změn v příloze č. 14 znázorněn výskyt *Vaccinium myrtillus* pokrývající 31,6 % území (neproběhl nárůst ani úbytek). Ostatní hodnoty (pod 2 %), které algoritmus vylišil, značí chybnou interpretaci klasifikace.

Mezi lety 2000 a 2012 se kleč z plochy ostatní vegetace rozšířila o 1,8 % (0,6 ha). Přeměna kleče z ploch brusnice borůvky byla vyhodnocena nárůstem o 4,1 % (1,8 ha). Nezměněná pokryvnost *Pinus mugo* je 2,9 % z rozlohy území. Kvůli spektrální podobnosti třídy kleče a brusnice na multispektrálním snímku, došlo místy k chybnému zařazení těchto tříd (tmavší pixely brusnice borůvky byly zařazeny do třídy kleče). Třída stíny byla také na některých místech multispektrálního snímku zařazena do třídy *Pinus mugo*. Na některých místech došlo v rámci této klasifikace k rozšíření druhu *Vaccinium myrtillus*, na druhou stranu jinde klasifikátor výskyt druhu nepotvrdil.

7.4 Neřízená klasifikace

Výsledky z neřízené klasifikace byly dosaženy pomocí algoritmu *Iso Cluster*. Jelikož algoritmus automaticky zařadil třídu *Pinus mugo* do stejné třídy jako *Vaccinium myrtillus* byl vytvořen digitální model povrchu k eliminaci kleče a smrku na základě výšky porostů. Posléze byla provedena klasifikace znovu. Třída ostatní vegetace tedy v sobě zahrnuje travinobylinnou vegetaci, *Pinus mugo*, smrky a stíny. Výsledky z neřízené klasifikace lze hodnotit jako zdařilé. Podíváme-li se vizuálně na snímky v kombinaci s touto klasifikací, třída brusnice borůvky je dobře vylíšena (viz porovnání MLC a ISO v příloze č. 13).

V příloze č. 11 je porovnání výskytu *Vaccinium myrtillus* pro r. 2000 a 2012. Rozšíření je patrné zejména v levé části obrázku na multispektrálním snímku. Pro rok 2012 však vylíšena chyba, jsou patrné „díry“ v klasifikaci, které algoritmus přiřadil do třídy ostatní vegetace. Na multispektrálním snímku jsou stíny, které klasifikaci negativně ovlivnily.

I v tomto případě došlo k tzv. rektifikaci klasifikací pro rok 2000 a 2012. Na základě překryvu byla vytvořena souhrnná mapa (v příloze č. 15) výskytu a rozšíření vegetace mezi lety 2000 a 2012. Třída ostatní vegetace (vč. kleče, stínů, smrků) permanentně pokrývá 48,7 % tedy 70,1 ha. Na některých místech došlo ke změně této třídy na třídu brusnice borůvky o 18,4 %. Třída *Vaccinium myrtillus* pokrývá permanentně plochu 18,2 %, tedy 26,2 ha (žlutá barva). Na druhou stranu však byla zaznamenána změna z třídy *Vaccinium myrtillus* na ostatní vegetaci o 14,9 % (černá barva). Důvodem tohoto chybného klasifikování jsou stejné jako v předchozím případě. Na některých místech je snímek i rozmazán. A z mapy celkových změn vegetace jsou černou barvou vidět stíny, které byly zařazeny do třídy brusnice borůvka (např. jižní část území).

Tab. 4: Výsledné změny výskytu a rozšíření vegetace z celkové rozlohy území pomocí algoritmu ISO mezi lety 2000 a 2012.

Value	ISO_00	ISO_12	%
1	ostatní	ostatní	48,5
2	ostatní	brusnice	18,4
3	brusnice	brusnice	18,2
4	brusnice	ostatní	14,9

7.5 Porovnání výsledků u leteckých snímků

V příloze č. 13 na obr. č. 9 je ukázka klasifikace z roku 2000 (porovnání algoritmu ISO a MLC nad snímkem z r. 2000). Klasifikace neřízená zde věrně vylišuje druh *Vaccinium myrtillus* a neslučuje jej tak výrazně (hlavně v již zmiňované severní části území) s třídou ostatní vegetace jako je tomu při klasifikaci provedené algoritmem MLC.

Spektrální podobnost *Vaccinium myrtillus* s *Pinus mugo* řadí na některých místech prvně jmenovaný druh do třídy *Pinus mugo* v řízené klasifikaci pro rok 2012. Třída ostatní vegetace byla výrazně sloučena s třídou brusnice algoritmem MLC pro rok 2000 (severní část území). V této severní části i algoritmus ISO vylišil třídy vegetace na některých místech chybně. Algoritmus řízené klasifikace však na některých místech (pro rok 2012) vylišil třídu *Pinus mugo*, i přes skutečnost, že se zde tento druh nevyskytuje, což je patrné jak ze snímku, tak z terénního průzkumu. Při porovnání řízené a neřízené klasifikace lépe vychází algoritmus ISO (neřízená klasifikace), který jen místy špatně vylišil *Vaccinium myrtillus* a nahradil tento druh třídou ostatní vegetace (nebo naopak).

Přistoupíme-li k celkovému hodnocení výsledků, při provedení vizuální kontroly na některých místech snímku došlo ve sledovaném časovém období k rozšíření *Vaccinium myrtillus* do míst vegetace alpského bezlesí. Tento nárůst (červená barva) je patrný z map celkového výskytu a rozšíření vegetace. Algoritmus MLC tuto změnu zachytil o 13,5 % a algoritmus ISO o 18,4 % z plochy ostatní vegetace. Výsledek z neřízené klasifikace je přesnější a to zejména díky tomu, že třídy kleč, smrky, stíny a ostatní vegetace byly eliminovány a následně sloučeny do jedné třídy. Pomocí algoritmu MLC byl zmapován výskyt kleče (viz zelená barva na mapě v příloze č. 14). Mapové výstupy v příloze č. 14 a č. 15 předkládají výsledné změny vegetace v oblasti Vysoké hole. I přes nestejnorodá data (spektrální vs. multispektrální snímek) a odchylku při rozhodování o zařazení do spektrálních tříd těmito dvěma algoritmy, je z těchto výstupů patrný předpokládaný nárůst brusnice borůvky oběma použitými algoritmy ve sledovaném časovém období do ploch ostatní vegetace.

7.6 Vyhodnocení družicových dat

Vzhledem k nízkému prostorovému rozlišení byla u těchto dat použita pouze neřízená klasifikace. Samotnému vyhodnocení družicových dat předcházela kombinace panchromatických dat s multispektrálními daty za účelem zvýšení prostorového rozlišení

pixelu na 15x15 m. Pro tuto kombinaci byl použit tzv. pan-sharpening. Výsledkem byl tedy multispektrální snímek. Pro následnou klasifikaci byla použita data z r. 2000 a 2013, neboť družice LANDSAT 8 byla vypuštěna v březnu 2013.

V příloze č. 12 (a, b) je výsledek neřízené klasifikace pro data z družic LANDSAT 7 a 8 pro širší okolí Vysoké hole. Z porovnání těchto časově odlišných snímků je patrné, že se *Vaccinium myrtillus* rozšířila. Tento typ dat je pro mapování druhu *Vaccinium myrtillus* poměrně nevhodný na tak malém území, protože se jedná o malé prostorové rozlišení pixelu (15x15 m). Tato data by se však dala použít například pro analýzu celého Hrubého Jeseníku. Docílilo by se tak lokalizování (alespoň orientačně) kritických míst výskytu *Vaccinium myrtillus* a následně by se mohl navrhnout vhodný management pro každou oblast výskytu. Nelze tedy pomocí těchto dat určit přesnou pokryvnost tohoto zkoumaného druhu, protože kvůli nízkému prostorovému rozlišení pixelu dochází k výraznému sloučení s ostatní (z hlediska spektrální odrazivosti podobnou) travinobylinnou vegetací. Ve středu obrázku je znázorněna oblast Vysoké hole. Ze snímku z r. 2000 tedy vyplývá, že tento druh se spíše nachází v závětrném úbočí svahu, v r. 2013 je však viditelné rozšíření na opačné (západní) straně svahu.

8 DISKUZE

Hlavním cílem této práce bylo zjistit pomocí DPZ výskyt a rozšíření druhu *Vaccinium myrtillus* v oblasti alpínského bezlesí na Vysoké holi (144 ha) mezi lety 2000 a 2012. Dílčím cílem byl návrh vhodné metodiky pro zpracování dat spolu s nalezením nejvhodnějšího klasifikačního algoritmu pro mapování, a následný návrh managementu pro zkoumané území. Na nelesních plochách se značně rozšiřují poměrně uniformní porosty borůvky často na úkor subalpínských trávníků (SCHKO Jeseníky 2014). DPZ je jednou z metod, kterou se dá mapovat prostorová stratifikace jednotlivých populací v různých časových horizontech, v tomto případě rozšiřující se borůvky. Návrh efektivního managementu o (ne)lesní společenstva je založen na podrobném mapování a inventarizaci prostředí (Židek 2003).

Tundrová vegetace, která se na plochých hřebenech Hrubého Jeseníku vytvořila, je reliktem periglaciálního prostoru z dob ledových (Jeník et Hampel 1992). Karové uzávěry údolí vzniklé z dob posledního zalednění tak daly za vznik různorodým rostlinným společenstvům. V závětrném prostoru je díky tzv. anemo-orografickým systémům vytvořen prostor pro koexistenci velkého množství společenstev a druhů (Jeník 1961). Biotopy alpínského bezlesí jsou z hlediska druhové diverzity velice cenné, na některých místech se nachází druhy endemické. Není proto divu, že se většinová část tohoto území nachází v I. zóně CHKO. Naskýtá se zde otázka, jak tato společenstva chránit. Orgány ochrany přírody by prioritně měly soustředit pozornost nad těmito výše zmíněnými přírodními procesy, které jsou důležité pro zachování výskytu významných fytoocenóz a jejich vzájemných vazeb. Ponechání území bez biotechnických zásahů vede k podpoře přirozené sukcese a ke změnám druhového složení vegetace. Může se jednat o zánik některých rostlinných druhů anebo o postupné zvyšování populací aktivních druhů na úkor druhů ustupujících. Právě úbytek významných travinobylinných společenstev vlivem postupného rozšiřování druhu *Vaccinium myrtillus* je v současnosti jedním z témat, které řeší orgány ochrany přírody v CHKO Jeseníky.

Odlíšná geomorfologie terénu jako jsou sklony svahů, dále pak jiný typ dat u snímků z let 2000 a 2012, to vše znesnadnilo přesnost konečných výsledků. I přes tuto skutečnost se podařilo výskyt a změnu rozšíření tohoto druhu zachytit. Pomineme-li problematickou část území v severním cípu Vysoké hole, byl v této práci ve vymezeném časovém období zmapován nárůst druhu *Vaccinium myrtillus*. Srovnáním výsledných map s aktuálním

ortofoto snímkem bylo dle vizuální kontroly zjištěno, že rozšíření borůvky je patrné zejména v závětrných polohách svahu. Přesnější z hlediska mapování vegetace je mapa z neřízené klasifikace (algoritmus ISO). Ve většinové části území spektrozónálního i multispektrálního snímku tento algoritmus poměrně věrně kopíroval keříčky brusnice borůvky. Spektrální podobnost třídy *Vaccinium myrtillus* a třídy ostatní vegetace je patrná u obou typů snímků. Andrštová (2014), která se ve své diplomové práci zabývala *Mapováním vybraných biotopů alpského bezlesí v západní části Krkonošského národního parku pomocí metod DPZ*, uvádí, že třída brusnice borůvky byla nejčastěji zaměňována se třídou třtiny a se třídou vysokobylinné vegetace. Tato skutečnost v této předkládané práci znesnadňovala klasifikaci na snímku, kdy došlo v některých místech k záměně těchto tříd anebo k jejich sloučení.

Vysohorské hole v Hrubém Jeseníku byly v minulosti obhospodařovány pomocí pastvy a travení. Snížení horní hranice lesa a ochrana svahů před erozními pochody vedlo k výsadbě alochtonní borovice kleče v těchto oblastech. Ukončení pastevního hospodaření mělo patrně za následek změny na vegetaci podmíněné dlouhodobou sukcesí. Na obměně vegetace se patrně podílejí i změny v půdě vyvolané imisemi a také změny klimatické (Bureš et Kočí 2010). Hledání příčin změn vegetace není jednoduchý úkol. Z dosavadních odborných studií však vyplývá, že dochází k proměně rostlinných společenstev v této vysokohorské oblasti.

Změnami vegetace alpského stupně se zabývali např. Bureš et Kočí (2010) či Banaš et al. (2005) ve svých studiích. Ze studií od Bureše et Kočího (2010) a Banaše et al. (2005) vyplývá, že keříčky s brusnicí borůvkou (*Vaccinium myrtillus*) rychle expandují. Bureš et Kočí (2010) uvádějí, že tento nárůst probíhá především do původně travinných společenstev třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*).

Bureš et Kočí (2010), porovnávali staré fytoocenologické snímky (z počátku 70. let 20. století) a snímky aktuální (z r. 2010). Dle studie od Bureše et Kočího (2010), kteří se soustředili zejména na oblast Velké kotliny, se ukázalo, že v třtinových i brusnicových porostech došlo k statisticky signifikantnímu snížení počtu druhů a k výraznému snížení druhové diverzity – statisticky se porovnávala (mimo jiné) druhově stejná společenstva *Sileno vulgaris-Calamagrostietum villosae* (s dominantní *Calamagrostis villosa*) a *Festuco supinae-Vaccinietum myrtilli* (s dominantní *Vaccinium myrtillus*). Celkem bylo srovnáváno 15 fytoocenologických snímků. Byla zjištěna zvýšená pokryvnost u druhu *Vaccinium myrtillus* a naopak snížená pokryvnost u *Calamagrostis villosa* a *Avenella*

flexuosa, úbytek metličkových trávníků potvrzují i Banaš et al. (2005). Na základě porovnání fytoocenologických snímků a jejich následného statistického zpracování vyplývá, že se brusnice borůvka rozšiřuje.

Banaš et al. (2005) porovnávali změnu vegetace (sub)alpínských společenstev na sjezdové trati a v přirozeném prostředí na svahu pod Petrovými kameny. Pro porovnání změn byly použity mapy aktuální vegetace z let 1990 a 2005, které vznikly v kombinaci s terénním šetřením (Banaš et al. 2005). V tomto výzkumu byl zaznamenán výrazný nárůst zastoupení společenstev keříčků s brusnicí borůvkou (*Festuco-Vaccinietum*) konkrétně z 12 % (0,74 ha) na 33% (2,04 ha) – relativní zastoupení v přirozeném prostředí a z 3 % (0,01 ha) na 17 % (0,9 ha) na sjezdovce (relativní zastoupení). K nárůstu v obou typech prostředí došlo zejména na úkor společenstva metličkových trávníků (*Cetrario-Festuceum*). Rozloha metličkových trávníků se na sjezdovce snížila z 22 % (0,12 ha) v r. 1990 na 0 % v r. 2005, v přirozeném prostředí ze 14 % (0,88 ha) na 4 % (0,22 ha). V případě přirozeného prostředí došlo k nárůstu plochy keříčků s brusnicí borůvkou zčásti také na úkor třtinových trávníků. Dále byl zjištěn ústup dominanty *Nardus stricta* a přeměna těchto společenstev na společenstva as. *Festuco-Vaccinietum* či třtinové trávníky as. *Sileno-Calamagrostietum*.

Problematika změn alpínské vegetace je nelehké téma, protože tyto změny podmiňuje více faktorů. Před samotným návrhem managementu v daném území je potřeba si uvědomit možné příčiny úbytku určité populace. Vzhledem ke skutečnosti, že se populace druhu *Vaccinium myrtillus* rozrůstá spíše plošně a na některých místech tvoří mozaikovitá uskupení, bylo by vhodné na těchto plochách obnovit přímé zásahy do vegetace hřebenových oblastí, jež navrhuje i Bureš (2013). Jedná se především o znovuoobnovení pastvy, která byla na jesenických holích po 2. světové válce ukončena a jejíž historie spadá až do 17. století (Jeník et Hampel 1992).

Nespásaná krajina tedy začala zarůstat a toto zarůstání dnes zřejmě vrcholí. Teprve v 70. a 80. letech 20. století si biologové a ochránci přírody všimli, že dochází k zarůstání bývalých pastvin klečí a k výraznému ochuzování druhového bohatství rostlin a živočichů. Do té doby byla pastva považována na faktor, který spíše škodí, a z chráněných území byla vyloučena. Dnes se ukazuje, že právě pastvou lze vhodně udržovat nelesní společenstva. Řešením je rozčlenění ploch na menší části, kdy jsou tyto paseny nebo sečeny v různou dobu. Údržbou dílčích ploch v delším časovém intervalu se

zajistí mozaikovitost porostu a vytvoří se tak úkrytová místa pro mnohé bezobratlé. (Čížek et Konvička 2006)

Pastva hospodářských zvířat se podílela mimo jiné na utváření a údržbě smilkových trávníků T2 (dle Chytrého et al. 2010), které se nacházejí kolem horní hranice lesa. Původní porosty jsou známy z okolí sudetských ledovcových jam a kotlin, časté jsou i sekundární porosty na kyselých a živinami chudých půdách odlesněných míst využívaných dříve jako pastviny. Ohrožením těchto porostů je rozrůstání kleče, sešlap turisty a zánik hospodaření ve vyšších horských polohách. Dochází tak k úbytku cenných druhů (viz příloha č. 3 – T 2.1) ve prospěch náletových bylin (např. *Callamagrostis villosa*, *Deschampsia caespitosa*). (Mládek et Hejzman 2006)

Bureš (2013) se v návrhu pastevního způsobu hospodaření přiklání k pastvě skotu, protože na rozdíl od ovcí, které trávu jednotlivě okusují, skot podebere jazykem větší chomáč trávy. Odběr biomasy skotem je podstatnější a disturbance je také větší, a pastva skotu nevytváří selektivní tlak na ojedinelé druhy. V době pastvy a travení bylo území jesenických holí biotopově rozmanitější než dnes, což dokládají i floristické údaje uváděné botaniky z 19. století (Bureš 2013). Pro pastvu může být použit skotský náhorní skot neboli Highland Cattle (původem ze Skotska), což je odolné a nenáročné plemeno vhodné do horských oblastí (Krtouš 2009). V současnosti je obnovena pastva tohoto druhu skotu v okolí horské chaty Švýčárna, které je také součástí NPR Praděd (Báčová 2012). Pro pastvu v přirozených travních porostech může být použito i plemeno skotu Aberdeen Angus, které není vybíravé na druh spásaného porostu a odolává drsným povětrnostním podmínkám (Pavlů et Miklas 2006). Pastvu skotu lze využít např. pro biotopy zapojených alpínských trávníků A1.2, a to zejména na lokalitách, kde převažuje dominantní druh *Avenella flexuosa* vytvářející zapojené kompaktní porosty.

Vhodným druhem hospodaření může být dále také smíšená pastva skotu a ovcí, protože tyto dva druhy dávají přednost různým druhům rostlin, a tak se dobře doplňují. Ovce je sice selektivní spásač, ale významně redukuje výskyt keřů na pastvině (Háková et al. 2004). Redukcí homogenních ploch s převahou keřů *Vaccinium myrtillus* pomocí pastvy ovcí by se přispělo ke snížení pokryvnosti tohoto druhu.

Brusnice borůvka, jež se vyskytuje i v porostech kleče (je přítomna i na fytoecologickém snímku č. 1 v příloze č. 4, výskyt brusnice borůvky v kleči je viditelný i na obr. č. 7 v příloze č. 10) by mohla být odstraněna zároveň s vyřezáváním porostů kleče.

Při volbě konkrétního typu obhospodařování je nutné jasně definovat, jak by měl vypadat cílový stav travního porostu. Pastva zvířat nepůsobí na porost stejně po celé ploše, ale její vliv se liší místo od místa. Struktura a druhové složení porostu je ovlivněna důsledky rozrůzněné pastevní aktivity (selektivní vypásání, sešlap či zpětný návrat živin formou výkalů). V místech, kde druh *Vaccinium myrtillus* vytváří zapojená dominantní společenstva, je vhodné použít tzv. intenzivní pastvu, kdy na dané ploše vzniká méně nedopasků (protikladem je extenzivní pastva, kdy zvířata zkonzumují max. 60 % dostupné rostlinné hmoty, zbytek porostu pokálejí a pošlapou). Intenzivní pastva podporuje eliminaci nežádoucích druhů, v tomto případě brusnice borůvky. Na druhou stranu jsou nedopasky v chráněných územích důležité (pro přežití vysokého počtu druhů – např. bezobratlí, hnízdění ptáků), a tak by měly pokrývat asi 30 % z plochy území o velikosti do 10 ha. Vliv pastvy v chráněném území je vhodné monitorovat systémem menších trvalých ploch. Kromě pastevních ploch je nutné sledovat i plochy kontrolní tj. nepasené. Tyto různě obhospodařované plochy je nutno vždy umístit blízko sebe, kde bude pastevní porost na počátku stejnorodý. Důležité je sledovat změny porostu delší dobu (např. 5–10 let), aby bylo možné vyloučit jevy náhodné a popsat tak změny vývojové, které se vyskytují častěji a jsou tedy očekávatelné i na jiné lokalitě. (Mládek et al. 2006)

Délka pastevní sezóny v horských oblastech trvá 80–100 dnů, a s pastvou je doporučeno v těchto oblastech začít v červnu (výška porostu by měla dosahovat zhruba 5 cm) a končit v polovině září. Dlouhodobým sečením a sklizní sena (např. smilkových travních porostů) dochází k postupnému ochuzování stanoviště. Díky defekaci zvířat zůstává na pastvině většina živin a dále dochází k jejich zpřístupnění pro rostliny. Dm narušený kopyty zvířat přispívá ke generativní reprodukci lučních druhů. Na stanovištích je vhodné střídat kosení a pastvu. (Háková et al. 2004)

9 ZÁVĚR

V této diplomové práci bylo provedeno mapování vegetace pomocí DPZ mezi lety 2000 a 2012 se zaměřením na druh *Vaccinium myrtillus*. Rozšíření tohoto druhu se v tomto období projevilo a to zejména do ploch ostatní (travinobylinné) vegetace. Výsledky však byly zatíženy chybami (např. podobná spektrální odrazivost vybraných tříd, na některých místech území nekvalitně nasnímané snímky či přítomnost stínů). Dle vizuální kontroly snímku byla klasifikace na některých místech výstižná oproti současnému stavu, na druhou stranu na některých místech byly výsledky klamné. Pro přesné mapování výskytu a rozšíření tohoto druhu je vhodnější užít rozlohou menší plochy a s pomocí vyhodnocování fytoecologických snímků určit rozlohu vegetace. Na rozdíl od metod DPZ se však jedná o časově náročnější proces. Touto metodou prováděli mapování vegetace ve svých výzkumech např. Banaš et al. (2005) i Bureš et Kočí (2010). Zjištěné výsledky výskytu a rozšíření druhu *Vaccinium myrtillus* pomocí metod DPZ mohou být oporou při rozhodování o budoucím managementu. Pro mapování rozsáhlých území je možné využít také data z družic LANDSAT, která mohou alespoň orientačně poskytnout přehled o výskytu vegetace. Zde je však nutno počítat s větší chybou, která vzniká malým prostorovým rozlišením pixelu (např. 15x15 m).

Použití DPZ pro mapování vegetace je rychlá metoda, jíž lze získat přehledné výsledky týkající se aktuálního stavu vegetace. Přes nepřesnosti, které byly v této práci zapříčiněny nestejnorodými daty, je možné získat přehled o plošné stratifikaci vegetace. Použitím této metody lze tedy rychle zmapovat rozsáhlá území. Díky tomu je tato metoda celospolečensky přínosnější, i přes to, že není přesnější než mapování vegetace od Bureše et Kočího (2010) či Banaše et al. (2005). Použitím této metody rychle získáme povědomí o aktuálním stavu vegetace a z příslušných podkladů (mapy) vyhodnotíme prioritní cíle v zájmu ochrany přírody. Na základě takto získaných výsledků pak lze odlišit problematická místa s převahou *Vaccinium myrtillus*. Výsledky metod DPZ tak mohou urychlit rozhodovací proces návrhu managementu v územích, jež jsou významná svou druhovou rozmanitostí. Člověk jako kulturní činitel ovlivňoval zdejší krajinu stovky let. Orgány ochrany přírody jsou nyní postaveny před zásadní otázku – jak nadále pečovat o toto přírodní dědictví a zachovat jej tak budoucím generacím?

10 SUMMARY

In this diploma thesis the vegetation mapping was carried out by using the methods of remote sensing between 2000 and 2012 with a focus on species of *Vaccinium myrtillus*. The extension of this species was demonstrated during the given time period, particularly in the areas of the other vegetation. The final results were dependent by error assessment (for example: similar spectral reflectance of choosing classes, badly recorded aerial photographs or presence of shade). The classification made by the visual inspection of the slide was in some places proper, nevertheless the results were in some places deceptive. For the accurate mapping of the incidence and the expansion of this species it is better to use an area of smaller size and specify the vegetation size by using the plant frames evaluation. Unlike the methods of the remote sensing it is a time-consuming process. This method was used in research of Banaš et al. (2005) and Bureš et Kočí (2010). The final results of the *Vaccinium myrtillus* presence and expansion made by the remote sensing methods can serve as the support while making decision about the future management. For the large area mapping could be also used LANDSAT satellite data which could at least provide an overview of the vegetation occurrence. However, a higher error caused by the low spatial pixel resolution has to be expected (for ex. 15x15 metres).

The application of the remote sensing method for the vegetation mapping is a quick method to get the clear results of the current vegetation stratification. In spite of inaccuracies that were detected in this diploma thesis (non homogeneous data) it is possible to get an overview of the stratification of the vegetation. Thus, by using this method is possible to quickly map out an extensive territory. Therefore, it is much more socially beneficial in spite of the fact Bureš et Kočí (2010) or Banaš et al. (2005) mapping is more accurate. By the usage of the remote sensing methods for the large area mapping we would quickly get an awareness of the current vegetation condition and on the basis of the relevant documents (maps) we could evaluate the priority objectives in the interest of the conversation. On the basic of the thesis results it is possible to distinguish the problematical locations with the *Vaccinium myrtillus* predominance. The results of the remote sensing methods can therefore speed up the design of the management decision making process. These valuable territories are significant for their biodiversity. Man as a cultural factor was influencing the local landscape for hundred years. The nature conservancy authorities are now facing the crucial question – how to take care of this natural heritage and preserve it for the future generations?

11 SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

ACTAEA (2015): Společnost pro přírodu a krajinu o.s.: *Natura 2000 Jeseníky*. [online] citováno 2. 2. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.natura2000jeseniky.cz/clanky/natura-2000-jeseniky/evropsky-vyznamne-lokality-a-druhy-chko-jeseniky/>>.

Andrštová, M. (2014): *Využití hyperspektrálních dat ke klasifikaci vegetace alpínského bezlesí v Krkonoších*. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. 109 s.

Anonymus, (2015a): *Správa CHKO Jeseníky*. [online] citováno 4. 2. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.jeseniky.ochranaprirody.cz>>.

Anonymus, (2015b): *Remote sensing phenology*. USGS. Science for a changing world. [online] citováno 1. 3. 2015. Dostupné na WWW: <http://phenology.cr.usgs.gov/ndvi_foundation.php>

AOPK ČR (2015): *Informační systém ochrany přírody*. [online] citováno 20. 3. 2015. Dostupné na WWW: <http://portal.nature.cz/publik_syst/ctihtmlpage.php?what=3&nabidka=hlavni>

Báčová, H. (2012): *Obnovení pastvy skotu na horských loukách Švýcarska*. [online] citováno 24. 4. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.lesycr.cz/o-nas/casopis-lesuzdar/Stranky/obnoveni-pastvy-skotu-na-horskych-loukach-u-svycarny.aspx>>

Banaš, M. (2007): *Alpínská hranice lesa v Hrubém Jeseníku a její recentní stav*. Rigorózní práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Banaš, M. (2014): *Vybraná společenstva nad alpínskou hranicí lesa*. Prezentace v rámci přednáškového kurzu z ekologie horských ekosystémů ze dne 16. 12. 2014. [online] citováno 16. 2. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.ekologie.upol.cz/assets/uploads/EKO/HOEK/Nelesni%20spolecenstva%202014.pdf>>

Banaš, M. et al. (2005): *Vliv rekreačního využití na stav a vývoj biotopů ve vybraných VCHÚ (CHKO Beskydy, Krkonošský národní park, CHKO Jeseníky, Národní park a CHKO Šumava) za r. 2005*. Zpráva o řešení projektu VaV/620/15/03. Manuskript pro MŽP ČR. 140 s.

Banaš M., Lekeš V., Tremel V. (2001): *Stanovení alpínské (horní) hranice lesa v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku*. Manuskript pro Lesy ČR s.p., Taxonia a.s. 76 s.

Buček, A. (2004): *Hodnocení stavu a dynamiky vývoje geobiocenóz v Národní přírodní rezervaci Praděd*. Brno: Paido, 115 s. ISBN 80-7315-098-0.

Buček, A., Lacina, J. (1999): *Geobiocenologie II*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 240 s.

Bureš, L. (2013): *Chráněné a ohrožené rostliny CHKO Jeseníky*. Olomouc, Agentura Rubico. ISBN 978-80-7346-158-4.

Bureš, L., Kočí, M. (2010): *Problematika dlouhodobých změn flóry a vegetace subalpínského stupně Hrubého Jeseníku*. AOPK ČR. 115 s.

- CENIA (2015): *Portál veřejné správy České republiky*, Mapové služby [online] citováno 15. 1. 2015. Dostupný na WWW: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>>.
- Clark, R. N. (1999): Chapter 1: *Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy*, in *Manual of Remote Sensing, Volume 3, Remote Sensing for the Earth Sciences*, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York.
- Culek, M., Grulich, V., Povolný, D. (1996): *Biogeografické členění České republiky*. Praha, Enigma, 347 s. ISBN 80-85368-80-3.
- ČGS (2015): *Mapové služby online*. Česká geologická služba. [online] citováno 1. 2. 2015. Dostupné na WWW:<http://mapy.geology.cz/geocr_50/>
- Čížek, L., Konvička, M. (2006): Pastva a biodiverzita. In: Mládek, J., Pavlů, V., Hejman, M. & Gaisler, J. (eds.), *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. VÚRV Praha, 104 s.
- ČUZK (2015): *Státní správa zeměměřičství a katastru*. [online] citováno 2. 3. 2015. Dostupné na WWW:<<http://www.cuzk.cz/>>
- Demek, J. et al. (2006): *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR*. 2. vyd. Brno: AOPK ČR. 582 s. ISBN 80-86064-99-9.
- Divíšek, J., Culek, M., Jiroušek, M. (2010): *Fytocenologie*. [online] citováno 27. 4. 2015. Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita. Dostupné na WWW:<http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps10/biogeogr/web/index_book_5-4-3.html>
- Dolanský, T. (2004): *Lidary a letecké laserové skenování*. Ústí nad Labem. Acta Universitatis Purkynianae 99. ISBN 80-7044-575-0. Dostupné na WWW:<<http://wvc.pf.jcu.cz/ki/data/files/160lidaryweb.pdf>>
- GISAT (2015): *Geoinformační služby založené na moderní technologii dálkového průzkumu Země*. [online] citováno 30. 3. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.gisat.cz/content/cz/o-nas>>
- Hadaš P., 2000: *Analysis of the climate as a stress factor to forest ecosystems*. Ekologia (Bratislava) Vol. 19, Supplement 1/2000, 162-176 pp.
- Háková A., Klaudivová A., Sádlo J. (eds.) (2004): *Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy Natura 2000*. PLANETA XII, 3/2004 – druhá část. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Halounová, L. (2009): *Zpracování obrazových dat*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 102 s. ISBN 978-80-01-04253-3.
- Hošek, E. (1972): *Vlivy minulosti na přírodu a historické zajímavosti v chráněné krajinné oblasti Jeseníky*. Ostrava, Campanula.
- Hošek, E. (1973): *Vývoj dosavadního hospodaření v nejvyšších polohách Jeseníků a jeho vliv na horní hranici lesa*. Ostrava, Campanula.
- Hošek, E. (1987): *Průzkum dlouhodobého vývoje lesních porostů v oblasti SPR Praděd*. Manuskript, Správa CHKO Jeseníky, 83 s.

Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M. (eds.) (2010): *Katalog biotopů České republiky*. 2. vyd. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 445 s. ISBN 978-80-87457-02-3.

Jeník, J. (1961): *Anemo-orografické systémy v evropských pohořích*. Geografické rozhledy. [online] citováno 4. 2. 2015. Dostupné na WWW: <http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2008/12/4-7.pdf>

Jeník, J. (1973): *Alpínské ekosystémy a hranice lesa v Hrubém Jeseníku z hlediska ochrany přírody*. Ostrava, Campanula.

Jeník, J., Hampel, R. (1992): *Hřebeny Hrubého Jeseníku: příroda a historie*. Die Waldfreien Kammlagen des Altvatergebirges: Geschichte und Ökologie. Mährisch-Schlesischer Sudetengebirgsverein, Kirchheim/Teck.

Kavalcová, V. et al. (2005): *Plán péče o národní přírodní rezervaci Praděd na období 2006–2015*, dep. in SCHKO Jeseníky, Jeseník.

Khel, T. (2009): *Metodický postup interpretace podkladů Dálkového průzkumu Země k omezení dopadů přírodních a antropických vlivů na půdu*. Vyd. 1. Praha: VÚMOP, 2009, 45 s. ISBN 978-80-904027-6-8.

Kirschner, K. (2004): Geobiocenologická typologie NPR Praděd. In: Buček et al. (2004): *Hodnocení stavu a dynamiky vývoje geobiocenóz v NPR Praděd*. Brno: Paido, 115 s. ISBN 80-7315-098-0.

Kolejka, J. (2013): *Nauka o krajině: geografický pohled a východiska*. Vyd. 1. Praha: Academia, 439 s., ISBN 978-80-200-2201-1.

Krtouš, P. (2009): Skotský náhorní skot. [online] citováno 20. 4. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.highland.cz/cattle-skotsky-nahorni-skot.htm>>

Křížek, M., Engel, Z., Tremel, V. (2005): *Strukturní půdy ve studovaných oblastech střední Evropy – stručná charakteristika*. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK. [online] citováno 22. 2. 2015. Dostupné na WWW: <<https://www.natur.cuni.cz/geografie/fyzicka-a-geoekologie/krizekma/vedecko-vyzkumna-cinnost/recentni-aktivita-strukturnich-pud-ve-vybranych-oblastech-stredni-evropy-gaav-kjb301110804/strukturni-pudy-ve-studovanych-oblastech-stredni-evropy-2013-strucna-charakteristika/view>>

Kupková, L. (2010): *Geografické rozhledy: výuka a popularizace geografie, ekologická výchova* Praha: Česká geografická společnost, č. 2 (2010/2011), s. 10–13

Lillesand, T., Kiefer, R., W., Chipman, J. (2008): *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley & Sons. 804 s. ISBN 978-0-470-05245-7.

Mládek, J., Hejčman, M. (2006): Typy pastevně využívaných TTP dle Katalogu biotopů ČR. In: Mládek, J., Pavlů, V., Hejčman, M. & Gaisler, J. (eds.), *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. VÚRV Praha, 104 s.

Mládek, J., Pavlů, V., Hejčman, M. (2006): Struktura a druhová skladba vegetace. In: Mládek, J., Pavlů, V., Hejčman, M. & Gaisler, J. (eds.), *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. VÚRV Praha, 104 s.

NASA (2015): *Landsat Science. History*. [online] citováno dne 15. 2. 2015. Dostupné na WWW: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=2281>

Novák, J., Petr, L., Treml, V. (2010): *Late-Holocene human-induced changes to the extent of alpine areas in the East Sudetes, Central Europe*. The Holocene. p. 895–905

Pavelka, K. (2006): *Využití multispektrálních družicových dat nové generace a laserového skenování pro dokumentaci a analýzu jevů v životním prostředí, starých zátěží a jejich vlivu na okolí: závěrečná zpráva projektu*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 244 s. ISBN 80-01-03620-0.

Pavelka, K. (2010): *Dálkový průzkum Země - družicové systémy*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 116 s. ISBN 978-80-01-04628-9.

Pavlů, V., Miklas, Z. (2006): Hospodářské limity ze strany zemědělce. In: Mládek, J., Pavlů, V., Hejman, M. & Gaisler, J. (eds.), *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. VÚRV Praha, 104 s.

Petránek, J. (2007): *Geologická encyklopedie online*. Česká geologická služba. [online] citováno 1. 2. 2015. Dostupné na WWW: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?polygonalni_puda>

Quitt, E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 73 s.

SCHKO Jeseníky, (2003): *Plán péče o chráněnou krajinnou oblast Jeseníky – rozborová část*. Jeseník, SCHKO Jeseníky, 198 s. Dostupné na WWW: <<http://www.drusop.nature.cz>>.

SCHKO Jeseníky, (2014): *Plán péče o chráněnou krajinnou oblast Jeseníky na období 2014–2023*. Jeseník, SCHKO Jeseníky, 53 s. Dostupné na WWW: <<http://jeseniky.ochranaprirody.cz/cinnost-spravy-chko/plan-pece/>>.

Schmidtová, T., Hajný, L., Halfar, J., Chlapek, J. (2009): *Chráněná krajinná oblast Jeseníky. Ochrana přírody 2009 (1)*. [online] citováno dne 6. 2. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.casopis.ochranaprirody.cz/clanky/chranena-krajinna-oblast-jeseniky.html>>

Svatoňová, H., Lauermann, L. (2010): *Dálkový průzkum Země - aktuální zdroj geografických informací*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 96 s. ISBN 978-80-210-5162-1.

Šafář, J. (2003): *Olomoucko*. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 454 s. ISBN 80-860-6446-8.

Štykar, J. (2004): Geobiocenologická typologie NPR Praděd. In: Buček et al. (2004): *Hodnocení stavu a dynamiky vývoje geobiocenóz v NPR Praděd*. Brno: Paido, 115 s. ISBN 80-7315-098-0.

Timoshok, E. E. (2000): *The ecology of Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and Cowberry (*Vaccinium vitis-idaea*) in Western Siberia*. Tomsk Branch of Sukachev Institute of Forestry, Siberian Division. Russian Academy of Sciences. Russia. Published in Russian Journal of Ecology. s. 11–16.

Tremel, V., Banaš, M. (2005): *Alpínská hranice lesa v Hrubém Jeseníku*. Campanula, Sborník referátů z konference k 35. výročí CHKO Jeseníky (1969–2004), Správa ochrany přírody-Správa CHKO Jeseníky, s. 50–56.

ÚHÚL (2001): *Oblastní plán rozvoje lesů pro přírodní lesní oblast 27 Hrubý Jeseník*. Platnost 2011–2020. ÚHÚL Brandýs nad Labem pobočka Olomouc.

ÚHÚL (2015): *Katalog mapových informací*. [online] citováno dne 10. 2. 2015 Dostupné na WWW: <<http://www.uhul.cz/mapy-a-data/katalog-mapovych-informaci>>

USGS (2015): *United States Geological Survey*. [online] citováno 15. 2. 2015. Dostupné na WWW: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

UUR (2015): *Ústav územního rozvoje*. Upřesňování prvků nadregionálního ÚSES oproti jejich vymezení v ÚTP. [online] citováno dne 7. 2. 2015. Dostupné na WWW: <<http://www.uur.cz/default.asp?ID=3806>>

Wikimedia (2015): Citováno 17. 4. 2015. Dostupné na WWW: <www.wikimedia.org>

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Zeidler, M., Banaš, M. (2013): *Vybrané kapitoly z ekologie horských ekosystémů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. ISBN 978-80-244-3457-5.

Židek, V. (2003): *Od analogových snímků k digitálním objektům: From analog photographs to digital objects : metody dálkového průzkumu Země a fotogrammetrie v českém a slovenském lesnictví: monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 159 s., ISBN 80-7157-651-4.

Žížala, D., Novák, P. (2011): *Metodika hodnocení historického vývoje land use s využitím DPZ*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, ISBN 978-80-87361-13-9.

12 PŘÍLOHY

12.1 Seznam příloh

Příloha č. 1: Mapa zájmového území v NPR Praděd

Příloha č. 2: Charakteristiky skupin typů geobiocénů

Příloha č. 3: Charakteristiky typů biotopů

Příloha č. 4: Fytocenologické snímky

Příloha č. 5: Ukázka použitých dat (RGB x spektrozónální)

Příloha č. 6: Ukázka použitých dat (LANDSAT)

Příloha č. 7: Histogramy

Příloha č. 8: DMR – ukázka

Příloha č. 9: Chybové snímky – ukázka

Příloha č. 10: Obrázky z řízené klasifikace

Příloha č. 11: Obrázky z neřízené klasifikace

Příloha č. 12 a: Klasifikace družicových dat pro rok 2000

Příloha č. 12 b: Klasifikace družicových dat pro rok 2013

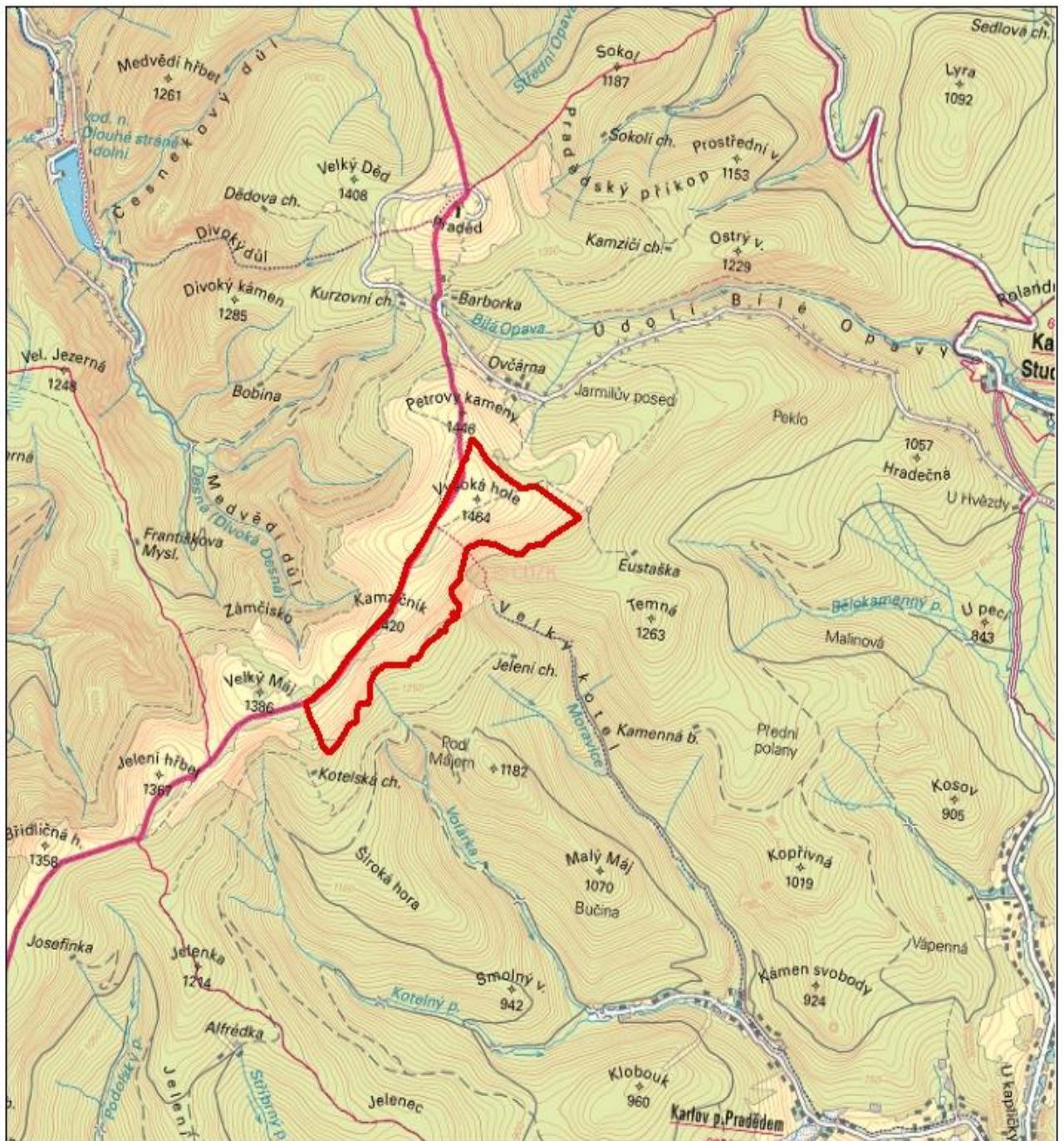
Příloha č. 13: Obrázky vzájemného porovnání algoritmu MLC a ISO

Příloha č. 14: Mapa výskytu a rozšíření vegetace mezi lety 2000 a 2012 (MLC)

Příloha č. 15: Mapa výskytu a rozšíření vegetace mezi lety 2000 a 2012 (ISO)


Příloha č. 16: Fotodokumentace

Zájmové území v NPR Praděd



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
m

1:50 000

 Hranice území



Vypracovala: Bc. Andrea Beierová
Souř.systém: S-JTSK
ZMP: (CENIA 2015)
Formát: A4

Příloha č. 2: Charakteristiky skupin typů geobiocénů

Dle portálu ÚHÚL (2015) byly z mapové kompozice oblastních plánů rozvoje lesů určeny tyto skupiny typů geobiocénů: *Pineta mugo* 8 A-AB 3, *Sorbi-piceeta humilia* (viz dále). Následující charakteristika je dle Bučka et Laciny (1999):

Přírodní stav biocenóz:

Souvislé stromové patro není vyvinuto. V Krkonoších se přirozeně vyskytují souvislé porosty borovice kleče (*Pinus mugo*), v Hrubém Jeseníku však byla kleč uměle vysázena. Zvláštností Jeseníků je tedy absence přirozených klečových porostů. Kromě kleče vnikají do tohoto stupně ojediněle silně krnící a netvárné smrky (*Picea abies*), často vlajkovitých forem, dále jeřáb ptačí olýsalý (*Sorbus aucuparia* ssp. *glabrata*). Reliktem alpských holí Krkonoš a Hrubého Jeseníku jsou vrba laponská (*Salix lapponum*) a vrba bylinná (*Salix herbacea*), v Hrubém Jeseníku také vrba šípovitá (*Salix hastata*).

Bylinné patro tvoří druhově bohaté spektrum subalpinských a alpských druhů, často arкто-alpinského geoelementu - např. sítina trojklanná (*Juncus trifidus*), jestřábek alpský (*Hieracium alpinum*), koprníček bezobalný (*Ligusticum mutellina*), mochna zlatá (*Potentilla aurea*), sasanka narcisokvětá (*Anemone narcissiflora*) a mnohé jiné. Vysokou pokrývností i druhovou rozmanitostí se vyznačuje lichenoflora. Druhově velmi bohatá a cenoticky rozmanitá je vegetace karů.

Dle geoportálu uhul.cz (2015) jsou na území vymezeny tyto SLT: 9Z0 (smrková kleč smilková), 8Z2 (jeřábová smrčina borůvková na hřebenech). Vymezené skupiny typu geobiocénů (STG) viz níže. Tato práce se ale zabývá vegetací nad horní hranicí lesa (definice tohoto termínu viz níže).

Kosodřevina však zde není původní, přirozeně se vyskytuje na SLT 9K jen zakrslý smrk a ojediněle jeřáb v silně rozvolněném zápoji, na SLT 9Z jednotlivě nebo ostrůvkovitě zakrslý smrk (ÚHÚL 2001). Vymezené STG jsou následující: *Pineta mugo* a *Sorbi-piceeta humilia*.

Pineta mugo 8 A-AB 3

Přírodní stav biocenóz:

Souvislé nebo jen málo mezernaté porosty borovice kleče (*Pinus mugo*). Jednotlivě až hloučkovitě se vyskytuje smrk ztepilý (*Picea abies*), velmi silně krnící, netvárného, často vlnkovitého vzrůstu, který se zde reprodukuje především vegetativně hřížením. V podrostu kleče jsou dominantní keříčky, zejména borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*), dále se nejčastěji vyskytují třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Deschampsia flexuosa*), sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea*) a podbělice alpská (*Homogyne alpina*). Vždy se vyskytují alespoň některé z montanních druhů - např. koniklec alpský (*Pulsatilla alpina*), vranec jedlový (*Huperzia selago*), papratka alpská (*Athyrium distentifolium*). I přes to, že kleč byla v Jeseníkách uměle vysázena (Buček et Lacina 1999) lze výčet druhů v podrostu přiřadit i ke studované oblasti. Culek et al. (1996) uvádí, že horní hranice lesa, tvořená smrčiny, navazuje v nejvyšších polohách přímo na primární bezlesí alpského charakteru, nelesní přirozená vegetace je charakteristická i pro lavinové dráhy v karech a karoidech.

Sorbi-piceeta humilia

zakrslé jeřábové smrčiny

7(8) A-AB 2v

Porosty smrku ztepilého (*Picea abies*) jsou nízké a mezernaté, často parkového charakteru, s kmeny zavětvenými až k zemi. Směrem ke stromové hranici se jejich výška výrazně snižuje. Ojedinelou příměs tvoří jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Synusie podrostu je složená ze stejných druhů jako v základní skupině, vzhledem k mezernatosti porostů se zde s vyšší pokryvností uplatňují druhy snášející oslunění - např. papratka alpská (*Athyrium distentifolium*).

Zakrslé jeřábové smrčiny mají jednoznačně charakter ochranného lesa s významem půdoochranným, vodohospodářským a jsou velmi významné pro ochranu horské bioty. V ekologické síti tvoří jádrová území montanních biocenter a je třeba je ponechat bez zásahu přirozenému vývoji.

V podmínkách vrcholového fenoménu se stupňují důsledky negativního působení imisí, nevhodného rekreačního využití a vlivů nevhodně lokalizovaných staveb a komunikací.

K této skupině přiřazujeme též segmenty geobiocenóz 8. vegetačního stupně nad horní hranicí lesa ve vrcholových polohách Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku, kde smrk již nedosahuje stromovitého vzrůstu a přitom se zde přirozeně nevyskytuje borovice kleč (*Pinus mugo*).

Příloha č. 3: Charakteristiky typů biotopů

Biotopy byly zjištěny na základě podkladové mapy z portálu portal.nature.cz (AOPK ČR 2015). Následující výčet byl proveden na základě Katalogu biotopů od Chytrého et al. (2010).

A 1.1 Vyfoukávané alpské trávníky

Lokality v hřebenových polohách alpského stupně. Jedná se o deflační vrcholové plošiny. Tento biotop je rozšířen v nejvyšších polohách Hrubého Jeseníku. Extrémní ekologické podmínky výrazně umocňuje zejména účinek větru, který mechanicky i fyziologicky ovlivňuje rostliny, způsobuje vysušování půd a odnos půdních částic. Účinkem větru je v zimě vegetace kryta jen tenkou vrstvou sněhu, což umožňuje promrzání půdy a aktivní kryopedogenetické procesy.

Druhé složení: zpravidla nezapojené porosty střídající se s holými plochami holé půdy. V bylinném patře převažují trsnaté trávy (*Avenella flexuosa*, *Festuca supina*), hojně vtroušeny keříčky (*Calluna vulgaris* a *Vaccinium vitis-idaea*) tvořící dohromady mozaiku.

Tato společenstva jsou mimo jiné ohrožena výsadbou kleče.

A 1.2 Zapojené alpské trávníky

Na rozdíl od A 1.1 jsou zapojené alpské trávníky po celou zimu chráněny vyšší vrstvou sněhu. Jedná se o hustě zapojené trávníky s dominancí smilky tuhé (*Nardus stricta*) nebo metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*). Ohrožení je sešlap turisty, výsadba kleče.

A 2.1 Alpská vřesoviště

Porosty drobných keříčků často vytváří mozaiku s A 1.1. Vyskytují se na vyfoukávaných místech nad horní hranicí lesa s mělkými substráty. Sešlapávání, eutrofizace jsou možnými druhy ohrožení.

A 2.2 Subalpínská brusnicová vegetace

Zapojené chudé porosty nízkých keříčků v subalpínském stupni tvořené zejména borůvkou (*Vaccinium myrtillus*), řidčeji také brusinkou (*V. vitis-idaea*). Ve vegetaci přítomny i juvenilní dřeviny (*Picea abies*, *Pinus mugo*, *Sorbus aucuparia* subsp.

glabrata). Borůvku doplňují trávy jako *Calamagrostis villosa*, *Avenella flexuosa*. Porosty brusnic se vyskytují především v blízkosti horní hranice lesa, kde vytvářejí přirozené lemy horských smrčín. Vyskytují se v závětrných i návětrných svazích, v závětrných prostorech karů. V posledních desetiletích se patrně šíří.

A 4.1 Subalpínské vysokostébelné trávníky

Dominanty jsou především trávy *Calamagrostis arundinacea*, *C. villosa*, *Deschampsia cespitosa*, *Molinia caerulea*, k nimž přistupují světlomilné byliny např. *Anemone narcissiflora*, *Gentiana asclepiadea*, *Silene vulgaris* atd. Porosty jsou zapojené a dosahují výšky 40–60 cm. Jedná se o svahy jižní a východní orientace, závětrné svahy nad horní hranicí lesa. Důležitým ekologickým faktorem je sníh, který vegetaci chrání před účinky nízkých teplot. Druhově nejbohatší porosty bývají vyvinuty v karech.

T 2.1 Subalpínské smilkové trávníky

Krátkostébelné smilkové trávníky s výskytem mnoha druhů bylin (*Gentiana asclepiadea*, *G. punctata*, *Hieracium alpinum*, *Homogyne alpina*, *Potentilla aurea* atd.). Z trávníků kromě smilky tuhé (*Nardus stricta*) a *Avenella flexuosa* významné i např. *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*. Tyto trávníky se vyskytují kolem alpínské hranice lesa. Primární porosty v sudetských karech, sekundární ve stupni přirozených smrčín na kyselých a živinami chudých půdách. Dříve využívané jako pastviny, což mělo za následek eutrofizaci a vývoj monotónní *Nardus stricta*, které jsou těžko odlišitelné od přirozené vegetace tohoto druhu.

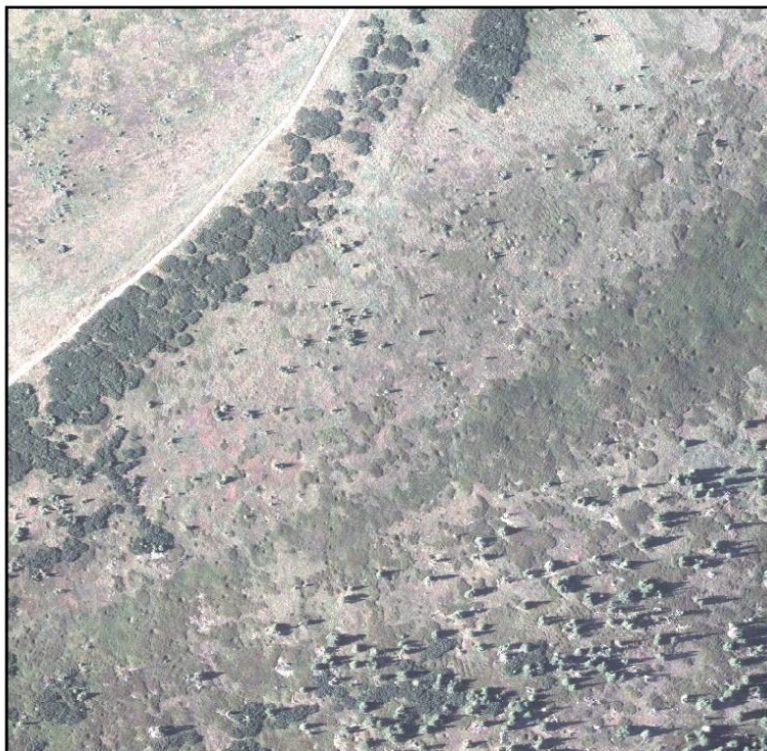
Tyto trávníky přecházejí v druhově chudé A 2.1 *Zapojené alpínské trávníky* s dominující *Nardus stricta*. Ohrožením je zánik pastvin a u primárních porostů výsadba kleče.

Příloha č. 4: Fytocenologické snímky

Tab. 5: Fytocenologické snímky dle Braun-Blanquetovy stupnice.

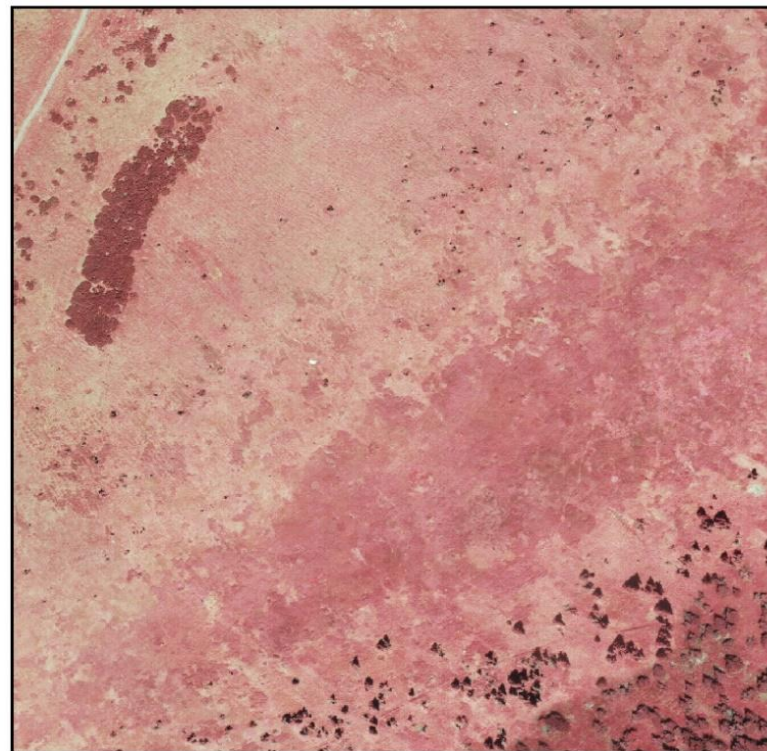
Snímek č.1, lokalita Hrubý Jeseník, Vysoká hole		Snímek č.2, lokalita Hrubý Jeseník, Vysoká hole		Snímek č.3, lokalita Hrubý Jeseník, Vysoká hole	
Expozice: SV		Expozice: SV		Expozice: SV	
Nadmoř.výška: 1410 m		Nadmoř.výška: 1380 m		Nadmoř.výška: 1370 m	
Plocha snímku: 5 x 5 m		Plocha snímku: 5 x 5 m		Plocha snímku: 5 x 5 m	
Autor: A. Beierová		Autor: A. Beierová		Autor: A. Beierová	
Datum: 8. 8. 2014		Datum: 8. 8. 2014		Datum: 8. 8. 2014	
Sklon: 0 °		Sklon: 2 °		Sklon: 3 °	
Plocha: Svaz <i>Pinion mugo</i> (Pawlovski et al. 1928)		Plocha: Svaz <i>Nardo-Caricion rigidae</i> (Nordhagen 1937)		Plocha: Svaz <i>Vaccinion</i> (Böcher 1943)	
Keřové patro	pokryvnost 70 %	Bylinné patro	pokryvnost 98%	Bylinné patro	pokryvnost 98 %
<i>Pinus mugo</i>	5	<i>Bistorta major</i>	1	<i>Bistorta major</i>	+
Bylinné patro	pokryvnost 80 %	<i>Avenella flexuosa</i>	5	<i>Vaccinium myrtillus</i>	5
<i>Dryopteris dilatata</i>	3	<i>Festuca supina</i>	3	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1
<i>Calamagrostis villosa</i>	2	<i>Carex bigelowii</i>	1	<i>Calluna vulgaris</i>	+
<i>Avenella flexuosa</i>	+	<i>Vaccinium myrtillus</i>	R	<i>Calamagrostis villosa</i>	R
<i>Trientalis europaea</i>	R	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	R	<i>Avenella flexuosa</i>	R
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2	<i>Luzula luzuloides</i>	1	<i>Carex bigelowii</i>	R
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	2	<i>Trientalis europaea</i>	+	Mechové patro	pokryvnost 2 %
<i>Rubus ideus</i>	R	<i>Calamagrostis villosa</i>	R	<i>Cetraria islandica</i>	+
<i>Bistorta major</i>	R	<i>Solidago virgaueri alpina</i>	R		
<i>Solidago virgaueri alpina</i>	R				

Příloha č. 5: Ukázka použitých dat (RGB x spektrozónální)



0 25 50 100 150 200
m

Multispektrální RGB snímek (zdroj: SCHKO Jeseníky)
Vypracovala: Andrea Beierová
Souř.systém: S-JTSK

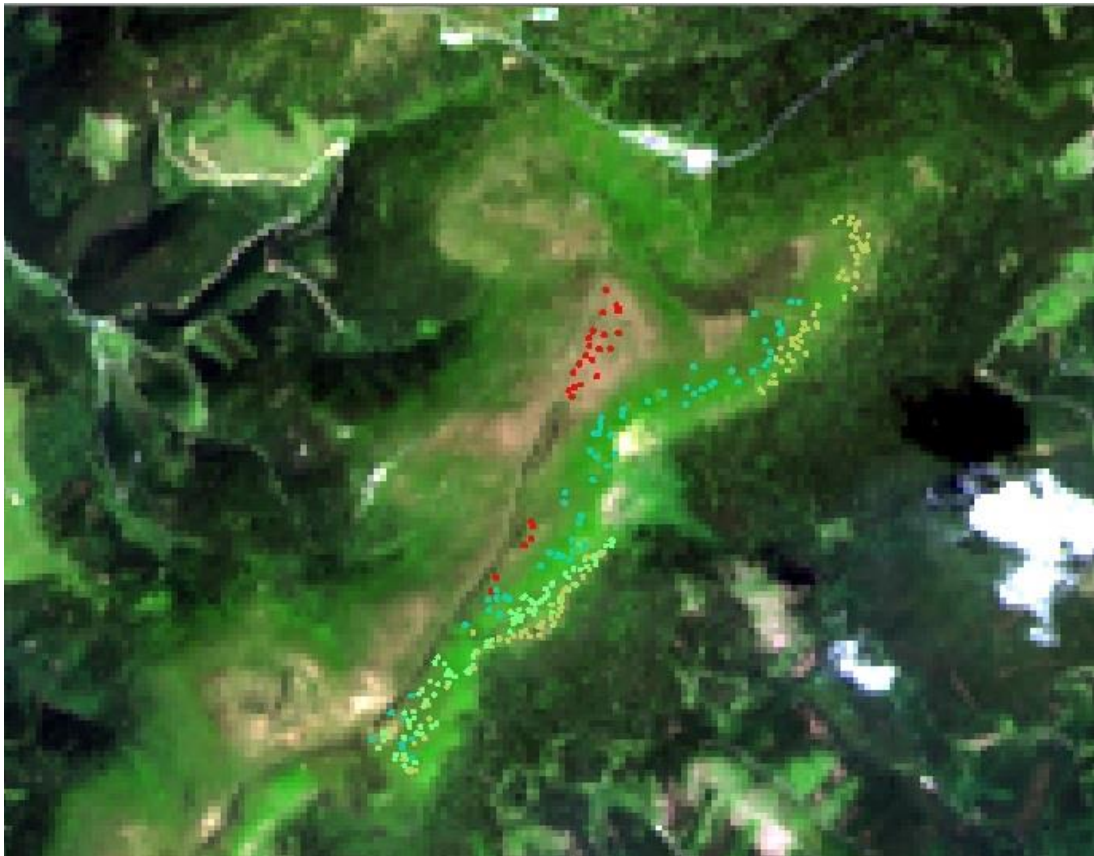


0 25 50 100 150 200
m

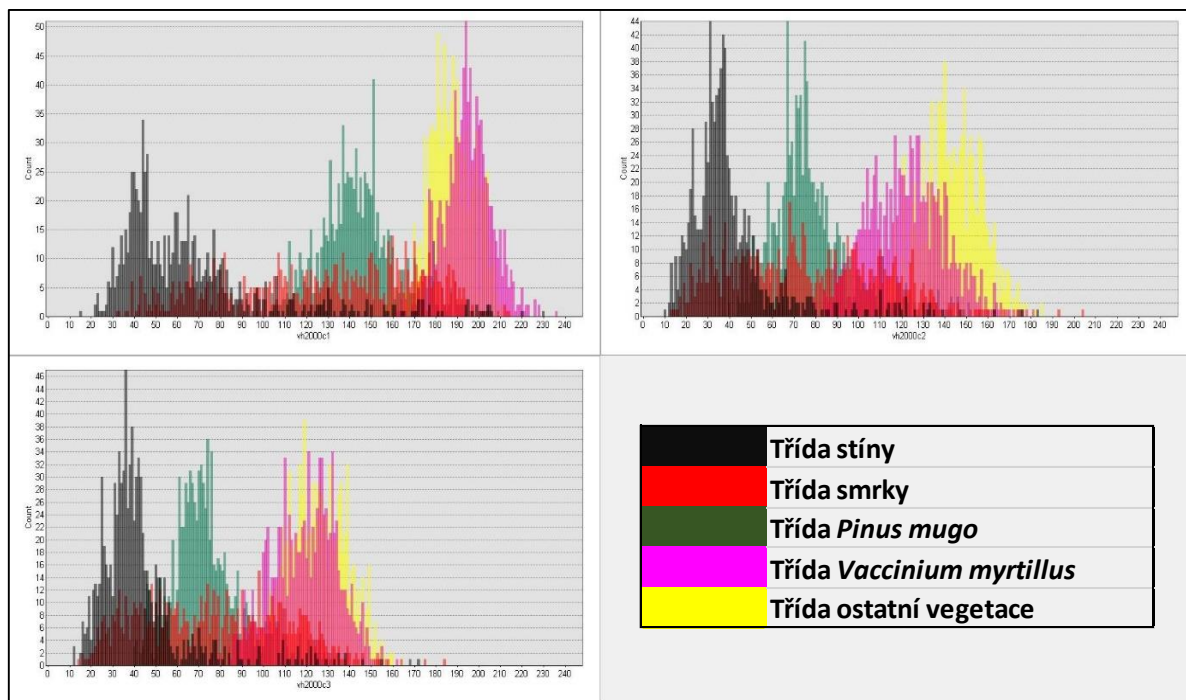
Spektrozónální G, R, NIR snímek (zdroj: SCHKO Jeseníky)
Vypracovala: Andrea Beierová
Souř.systém: S-JTSK



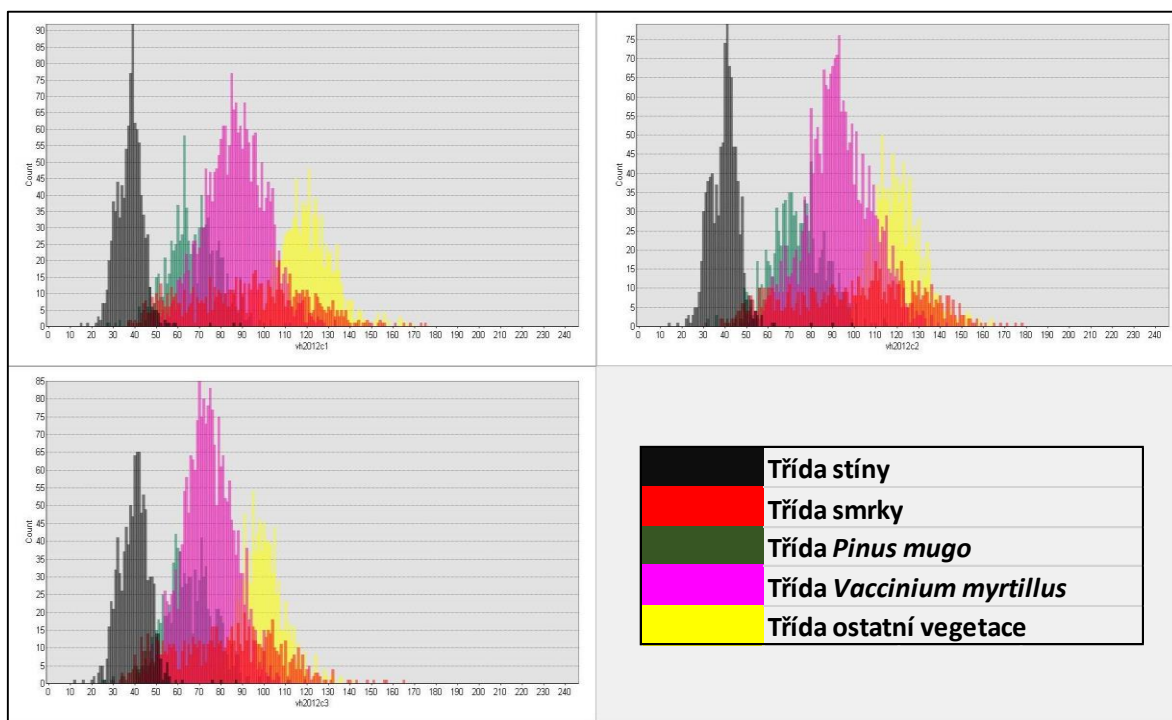
Příloha č. 6: Ukázka použitých dat (LANDSAT)



Příloha č. 7: Histogramy

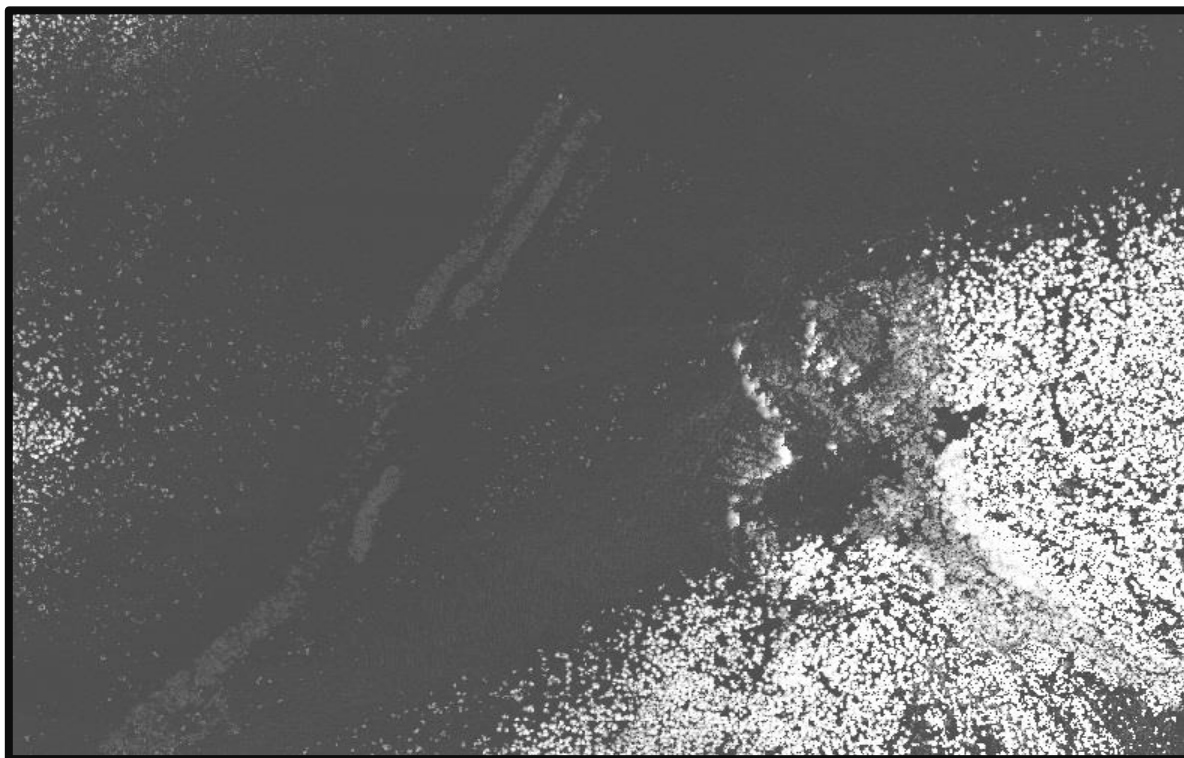


Obr. 3: Histogram spektrozónálního snímku pro rok 2000.

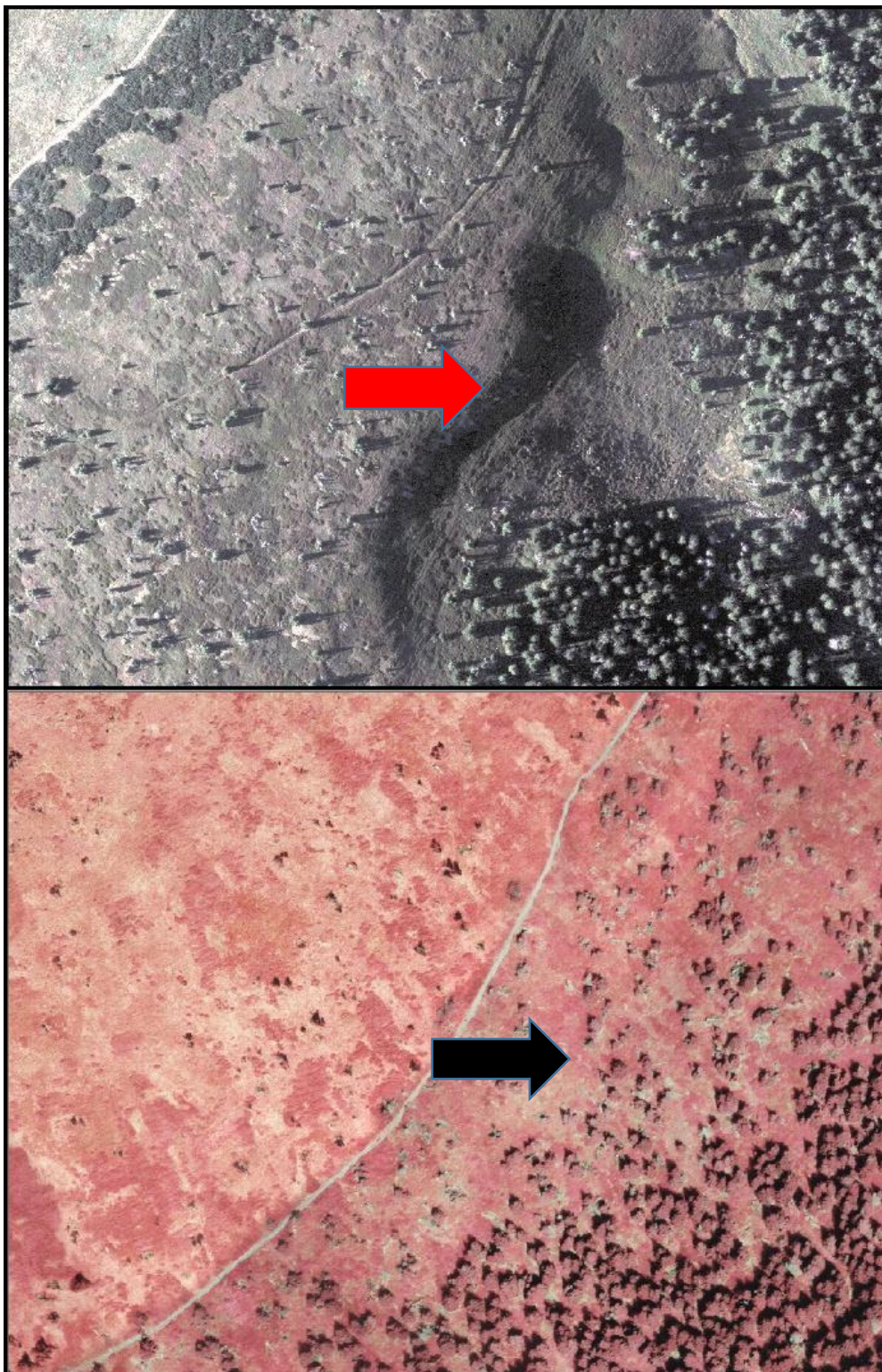


Obr. 4: Histogram multispektrálního snímku pro rok 2012.

Příloha č. 8: DMR – ukázka

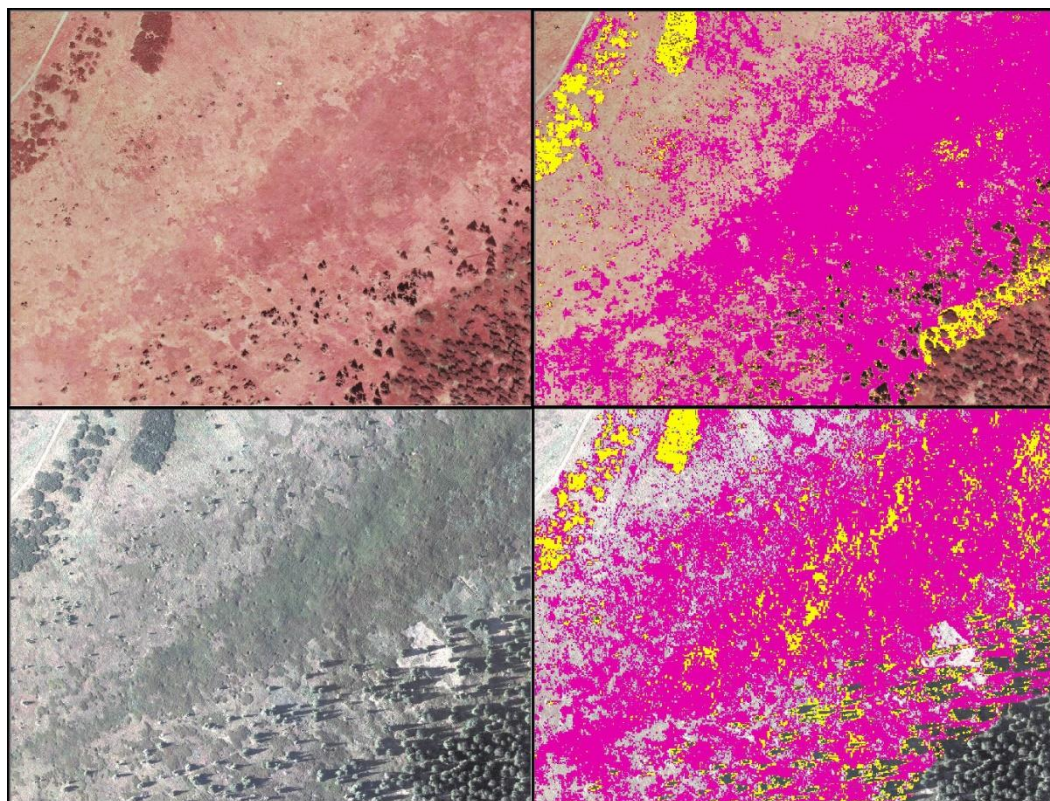


Příloha č. 9: Chybové snímky – ukázka

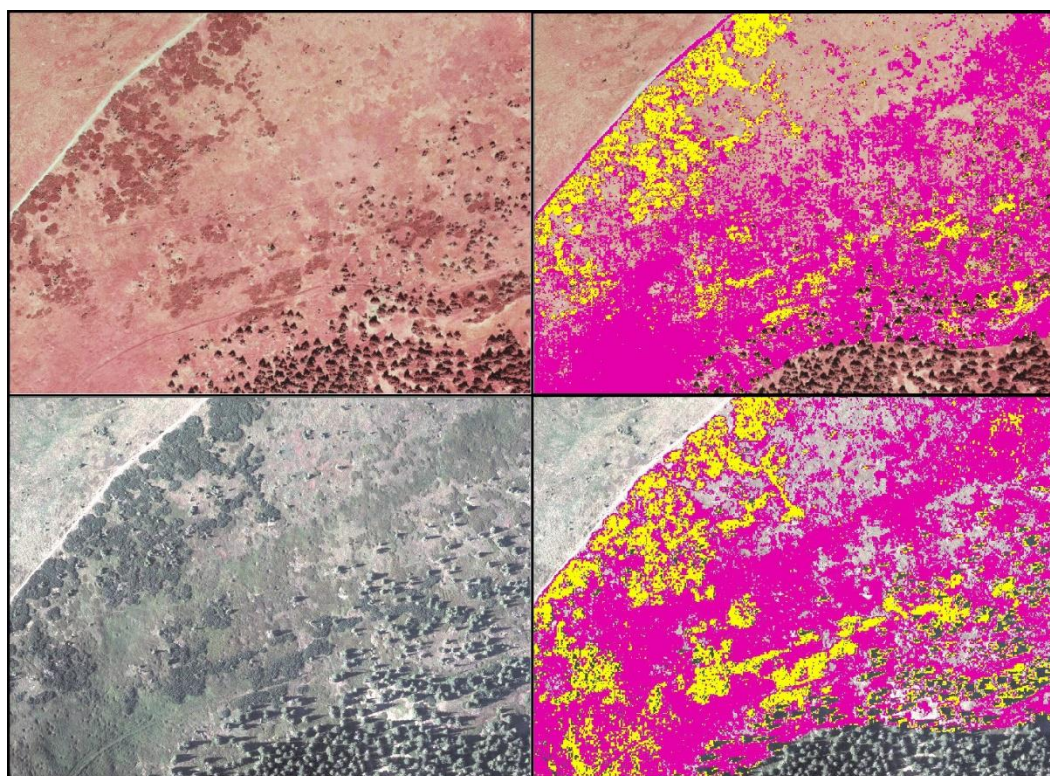


Obr. 5: Vlastní klasifikaci ztěžovala nestejnorodá data. Na obrázku nahoře je to přítomnost stínů, na obrázku dole pak jiný odstín barevné mozaiky v pravé části snímku.

Příloha č. 10: Obrázky z řízené klasifikace (MLC)

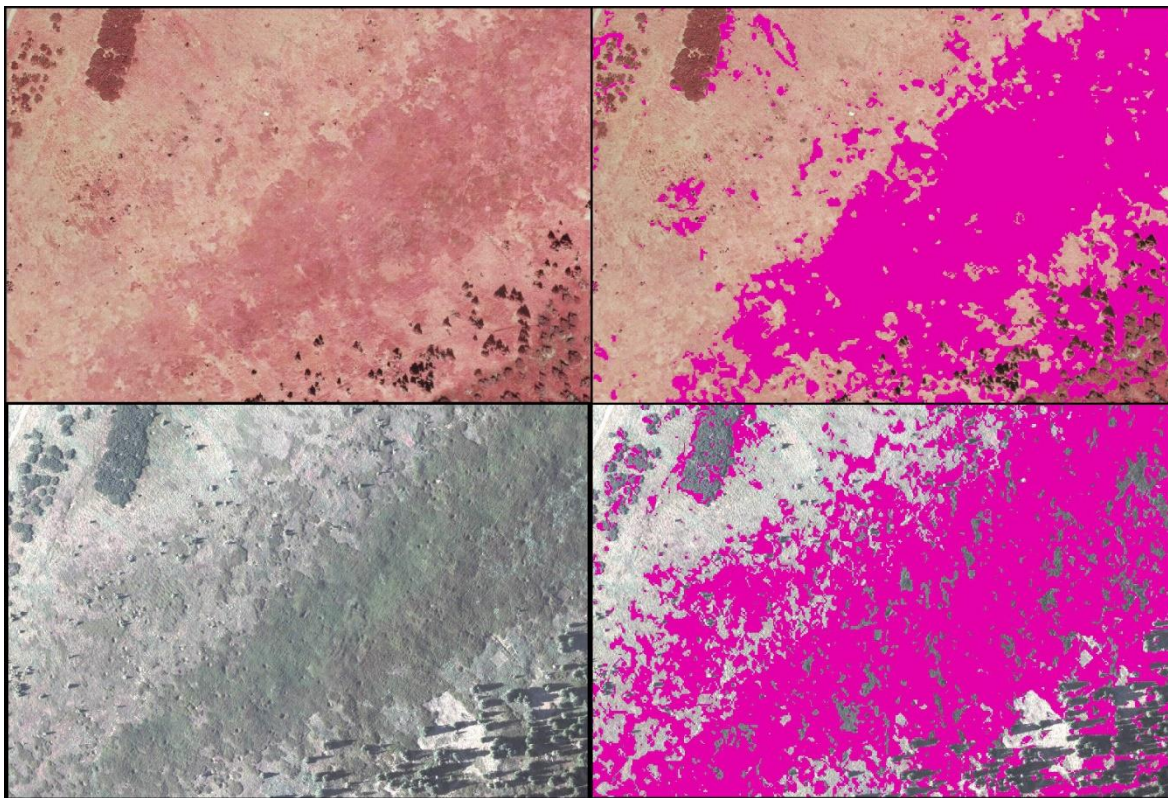


*Obr. 6: Klasifikace pro r. 2012 (dole na snímku) – ve střední části snímku chybně vylišena kleč (žlutá barva). Klasifikace pro r. 2000 (nahore) – ukázka vylišení *Vaccinium myrtillus* (růžová barva).*



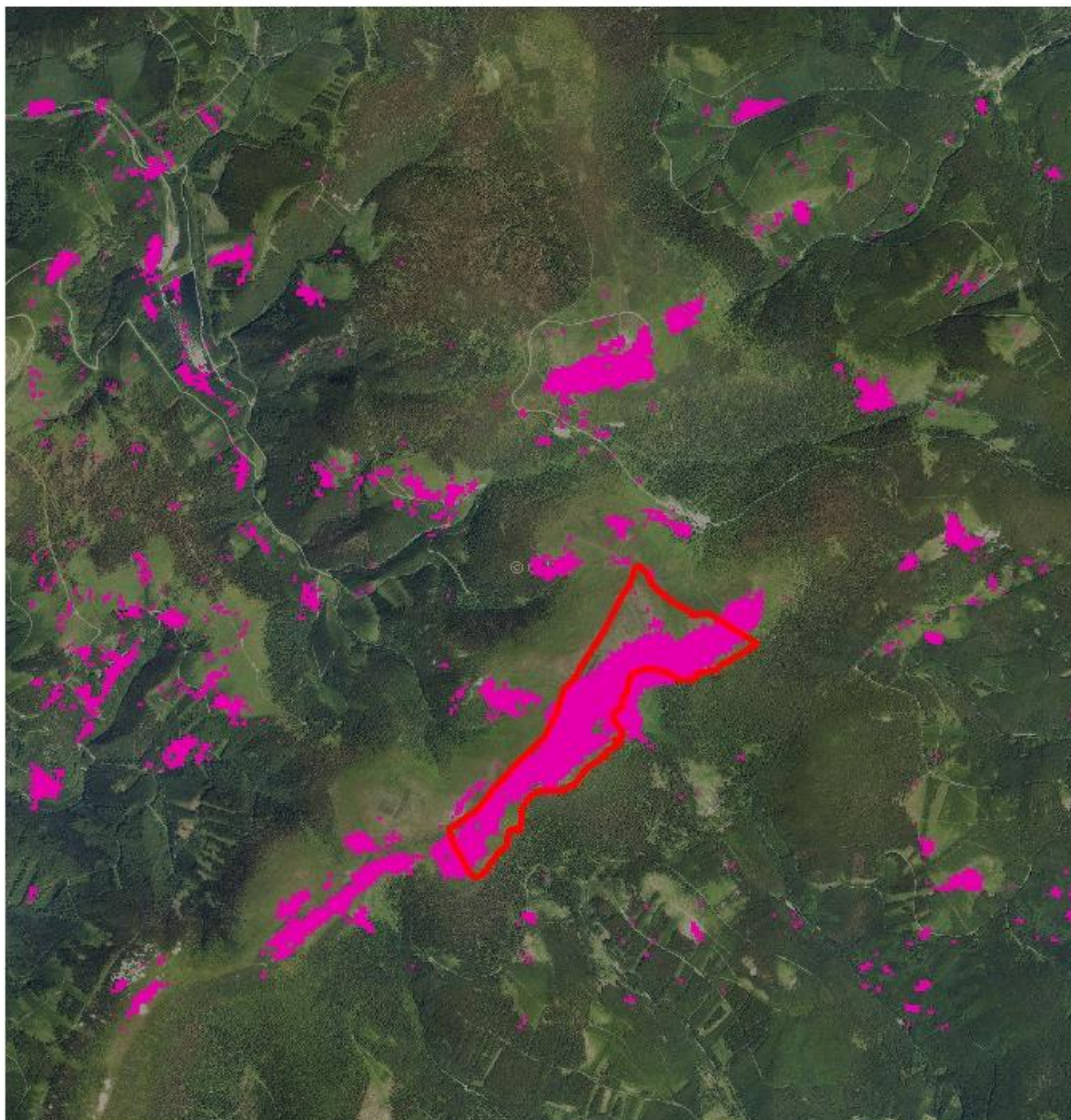
Obr. 7: Viditelné dobré odlišení borovice kleče od okolí (žlutá barva) v obou letech. Bрусnice borůvka (růžová barva) se prolíná s kosodřevinou.

Příloha č. 11: Obrázky z neřízené klasifikace



*Obr. 8: Ukázka neřízené klasifikace (borovice kleč zde nebyla do klasifikace zahrnuta). Na snímku z r. 2012 viditelné rozšíření *Vaccinium myrtillus* do plochy ostatní vegetace.*

Výskyt *Vaccinium myrtillus* v roce 2000 (LANDSAT 7)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
m

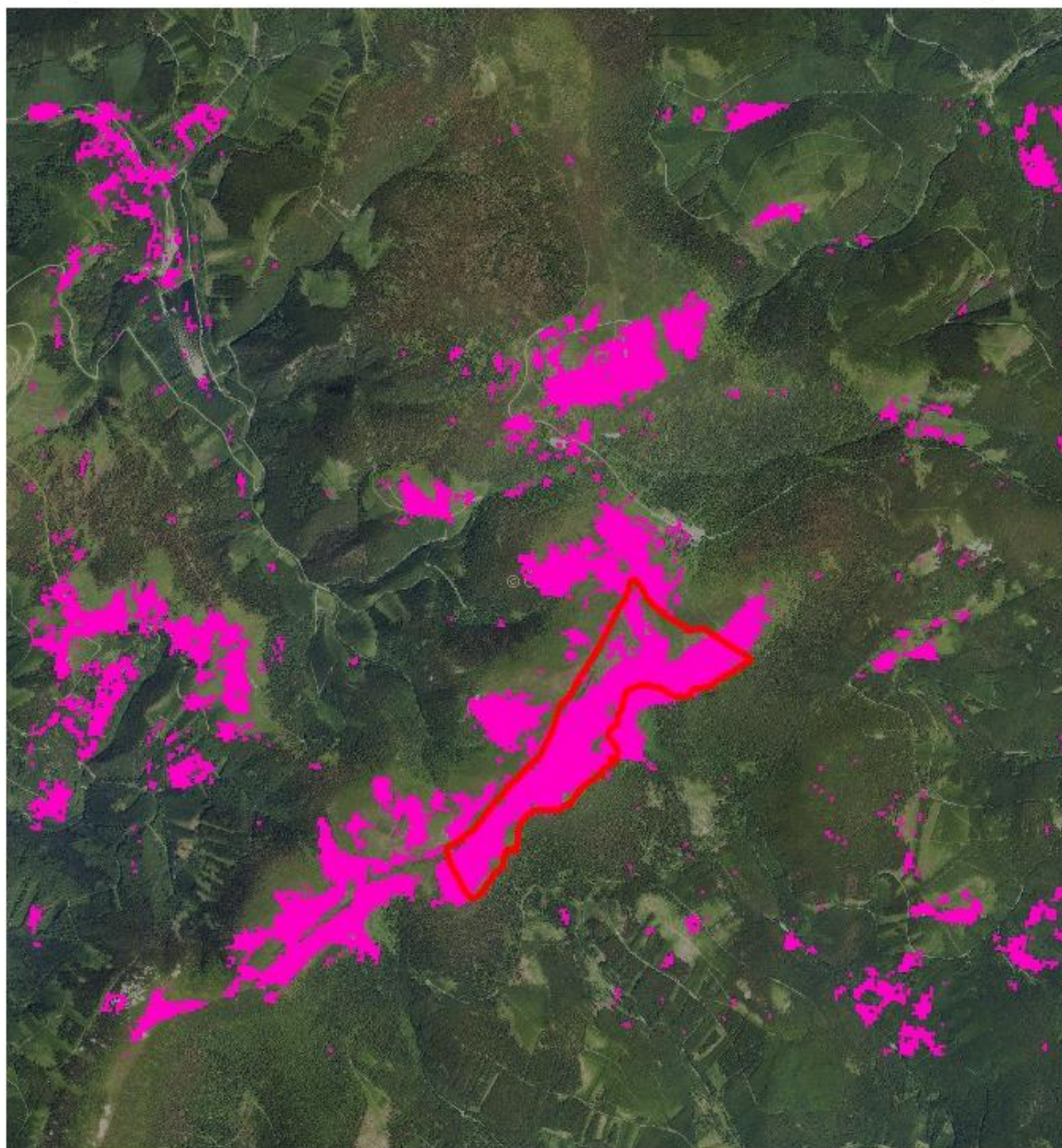
1:50 000



 Hranice území

Vypracovala: Bc. Andrea Beierová
Souř. systém: S-JTSK
ZMP: ČUZK 2015
Datum vypracování: březen 2015
Formát: A4

Výskyt *Vaccinium myrtillus* v roce 2013 (LANDSAT 8)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
m

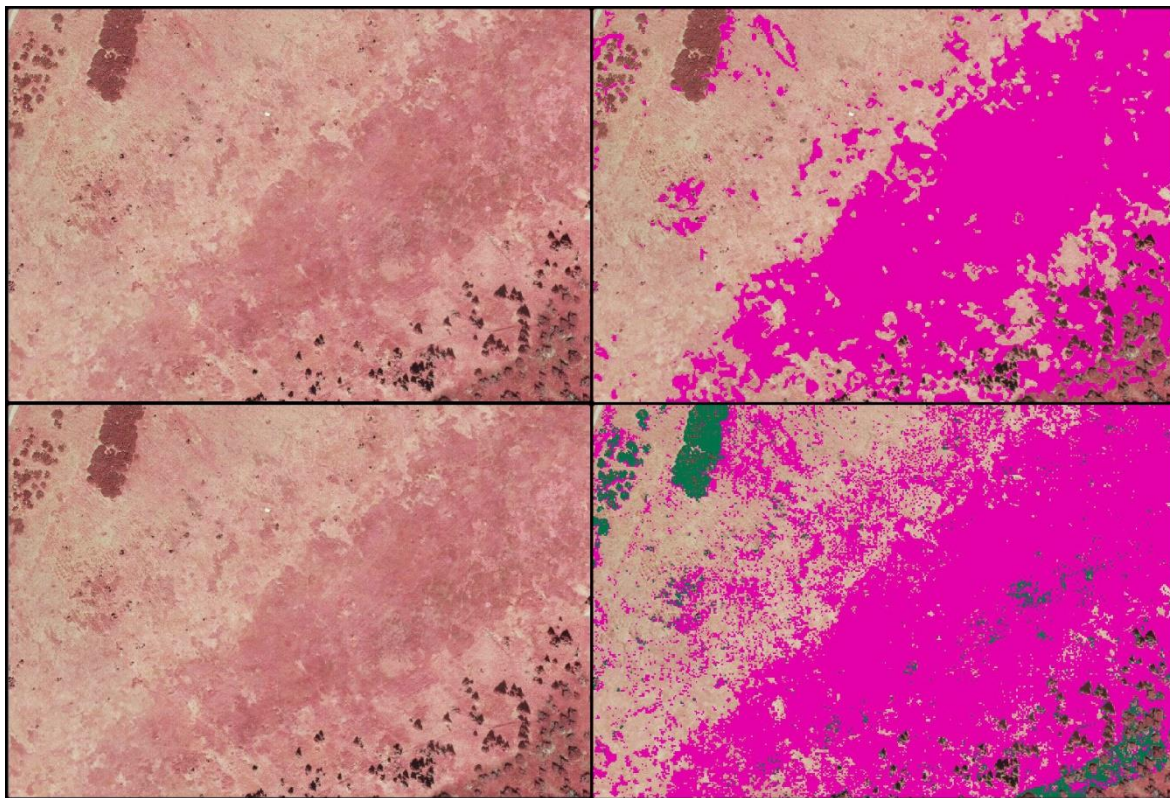
1:50 000



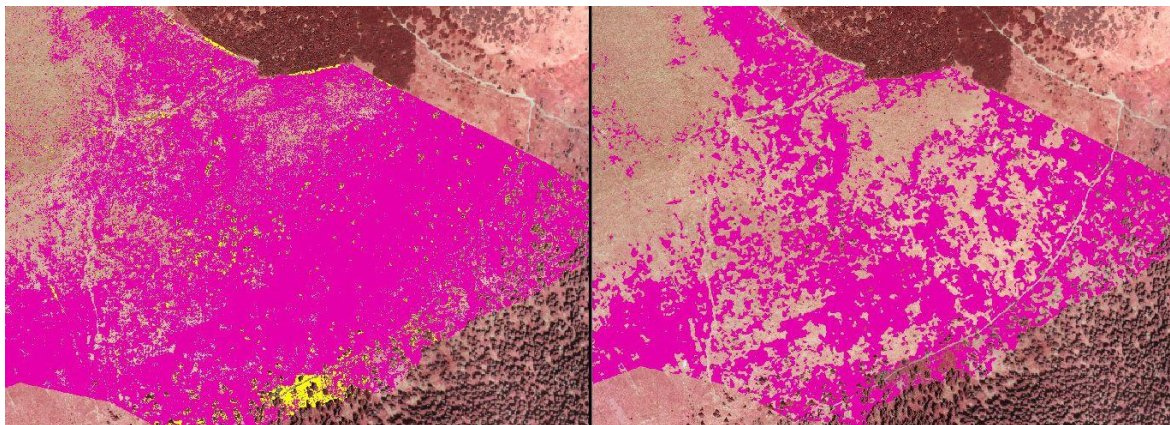
 Hranice území

Vypracovala: Bc. Andrea Beierová
Souř. systém: S-JTSK
ZMP: ČUZK 2015
Datum vypracování: březen 2015
Formát: A4

Příloha č. 13: Obrázky vzájemného porovnání algoritmu MLC a ISO



Obr. 9: Vpravo nahoře klasifikace algoritmem ISO, vpravo dole klasifikace pomocí algoritmu MLC pro rok 2000.



Obr. 10: Porovnání klasifikace MLC (vlevo) a ISO (vpravo) v severní části území pro r. 2000.

Příloha č. 16: Fotodokumentace



*Obr. 11: V popředí *Vaccinium myrtillus* s *Calluna vulgaris*. Datum pořízení 8. 8. 2014.*



*Obr. 12: *Vaccinium myrtillus* vytváří hnědé „bochníky“ v pozadí snímku. Datum pořízení 3. 10. 2014.*