

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE



Vliv sjezdových tratí na horskou přírodu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. RNDr. Michal Hejcman, Ph.D. et Ph.D.

Bakalant: Jakub Fišera

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Fišera

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv sjezdových tratí na horskou přírodu

Název anglicky

Effect of skislopes on the mountain nature

Cíle práce

Cílem práce je prostudovat dostupnou literaturu k problematice vlivu sjezdových tratí na horskou přírodu a provést vegetační snímkování vybrané sjezdovky v Krkonoších.

Metodika

Student prostuduje vědecké databáze a provede analýzu dostupné literatury k problematice vlivu sjezdových tratí na horskou přírodu. Dále student provede vegetační snímkování vybrané sjezdové tratě v Krkonoších.

Doporučený rozsah práce
50 stran

Klíčová slova
lyžařský turismus, umělé zasněžování, zimní ekologie

Doporučené zdroje informací

- Flousek J. (2016) Vliv lyžování na horskou přírodu: shrnutí současných poznatků a stav v Krkonoších. *Opera Corcontica* 53, 15-60.
- Gilaberte-Burdalo et al. (2014) Impact of climate change on ski industry. *Environmental Science and Policy* 44, 51-61.
- Wipf et al. (2005) Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. *Journal of Applied Ecology* 42, 306-316.

Předběžný termín obhajoby
2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce
prof. RNDr. Michal Hejcman, Ph.D. et Ph.D.

Garantující pracoviště
Katedra ekologie

Konzultant
Mgr. Stanislav Březina, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením prof. RNDr. Michala Hejcmana, Ph.D. et Ph.D. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze, dne 25. 4. 2018

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval prof. RNDr. Michalu Hejcmanovi, Ph.D. et Ph.D. za jeho ochotu při vedení této práce, poskytnutou metodickou pomoc, za jeho vstřícnost a cenné rady během konzultací. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům Správy KRNAP za poskytnuté rady a své rodině za podporu a trpělivost při studiu.

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá širokou problematikou vlivu sjezdových tratí na horskou přírodu. V hlavní části přináší ucelený přehled dostupné české i zahraniční literatury, který může být podkladem pro další možné studie v tomto oboru. Jednotlivá témata se zabývají vlivy, jenž působí na vegetační společenstva, půdu, hydrologické poměry či faunu. Aktuálními tématy jsou také globální klimatická změna a její vliv na zimní turismus a působení umělého zasněžování na horské prostředí. V praktické části poskytuje příkladový záznam o vegetaci vybrané sjezdové tratě Machytka v Krkonoších.

Klíčová slova: lyžařský turismus, umělé zasněžování, zimní ekologie

Abstract

The submitted bachelor thesis summarizes the actual knowledge about impacts of ski activities on the mountain environment. The main part of the thesis is about czech and foreign literature, which is the basis for future possible studies in this problematic. Individual themes are about affect of skiing to vegetation communities, soil, hydrological conditions or fauna. Very popular themes are global climate change and its impact on winter tourism and the effects of artificial snow on the mountain environment. In the practical part provides an example note of the vegetation on the selected ski piste Machytka in Krkonoše Mts.

Key words: ski tourism, artificial snow-making, winter ecology

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíle práce.....	2
3 Literární rešerše.....	3
3. 1 Narušení a fragmentace krajiny lyžařskými areály.....	3
3. 1. 1 Světelné znečištění.....	4
3. 1. 2 Hlukové znečištění.....	5
3. 2 Sníh.....	5
3. 2. 1 Umělý sníh.....	5
3. 2. 1. 1 Podmínky výroby umělého sněhu.....	7
3. 3 Změna hydrologických poměrů.....	9
3. 4 Vlivy působící na půdní poměry.....	10
3. 4. 1 Dekompozice na sjezdových tratích.....	12
3. 5 Vlivy působící na vegetaci.....	14
3. 5. 1 Problematika založení vegetačního krytu na sjezdovkách.....	16
3. 5. 2 Přirozená sukcese vegetace lyžařských tratí.....	17
3. 5. 3 Klíčivost semen.....	18
3. 5. 4 Plavuníky.....	18
3. 6 Vlivy působící na faunu.....	19
3. 6. 1 Savci.....	19
3. 6. 2 Ptáci.....	20
3. 6. 3 Plazi.....	20
3. 6. 4 Bezobratlí.....	21
3. 7 Globální změna klimatu a její vliv na lyžařský průmysl.....	22
4 Metodika.....	25
4. 1 Analýza dostupné literatury.....	25
4. 2 Vegetační snímkování sjezdové tratě.....	25
4. 2. 1 Lokalizace sjezdové tratě Machytka.....	25
4. 2. 2 Vegetační snímkování.....	26
5 Výsledky.....	27
5. 1 Literární rešerše.....	27
5. 2 Vegetační snímkování.....	29
6 Diskuze.....	30

7 Závěr.....	32
8 Seznam literatury.....	33
9 Přílohy.....	41
9. 1 Záznam výskytu jednoděložných rostlin.....	41
9. 2 Záznam výskytu dvouděložných rostlin.....	42
9. 3 Záznam základních informací o jednotlivých vegetačních snímcích.....	43

1 Úvod

Sjezdové lyžování a zimní turismus obecně má velký vliv na horské prostředí. Rapidní nárůst zájmu o tento sport zvyšuje pozornost odborné veřejnosti na studium zimní horské ekologie. Ochrana přírody v oblastech vyšších nadmořských výšek se ukazuje jako velice komplexní problematika, na kterou je potřeba se dívat z několika pohledů. Turismus v horských oblastech úzce souvisí se socioekonomickými pohledy a více než kde jinde by se zde měl uplatňovat environmentální management.

Horské oblasti na celém světě poskytují domov 10 % lidské populace a nemalým podílem též zasahují na ekonomický trh jednotlivých regionů (Martin 2013). Zimní turismus se v posledních desetiletích těší čím dál větší popularitě, spousta obyvatel tímto způsobem tráví svůj volný čas, a tak je na vzestupu i samotná výstavba nových lyžařských areálů v mnoha evropských i světových pohořích (Wipf a kol. 2005). V dřívějších dobách na horách přitom byly jedinými aktivitami drobné zemědělství a pastva (Caprio a kol. 2014).

Horské ekosystémy jsou však velice citlivé na změny a z jakéhokoliv narušení se zotavují velmi pomalu. Ohrožení citlivých alpských společenstev jedním z nejvýznamnějších a nejkompexnějších antropogenních dopadů je právě rozvoj zimních rekreačních areálů (Wipf a kol. 2005, Rolando a kol. 2007). Dochází tak k častým střetům se zájmy ochrany životního prostředí. Budování lyžařských areálů se ovšem neobejde bez rozsáhlých terénních úprav, změn půdních a vodních poměrů či přeměny vegetačního krytu. Samotný provoz sjezdovek přitahuje velké množství návštěvníků do hor, zvyšuje světelné a hlukové znečištění (Flousek 2016). Všechny tyto změny mají nejspíše kumulativní účinek, který je patrný až po několika letech provozu.

Nezanedbatelnou částí fungujících lyžařských areálů je umělé zasněžování, v posledních letech téměř nutnost pro konkurence schopné areály. Jedná se o jedno z prvních adaptačních opatření areálů v nižších nadmořských výškách na globální klimatickou změnu. Negativní vliv umělého zasněžování na přírodu potvrzuje mnoho studií (Flousek, Harčarik 2009).

Tato bakalářská práce se snaží z dostupné literatury vytvořit souhrn poznatků k pochopení problematiky lyžařských areálů a ochrany přírody. V praktické části představuje vegetaci na konkrétní sjezdové trati v Krkonoších.

2 Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je prostudovat dostupnou českou i zahraniční literaturu k pochopení problematiky vlivu sjezdových tratí na horskou přírodu. Dílčím cílem je provést vegetační snímkování vybrané sjezdovky v Krkonoších za účelem seznámení se s horskou vegetací narušovaných stanovišť.

3 Literární rešerše

3.1 Narušení a fragmentace krajiny lyžařskými areály

Rozvoj lyžařských areálů je především vázán na horské polohy, které z větší části tvoří les. Dochází k rozsáhlé fragmentaci horské krajiny, destabilizaci jejich funkcí a snížení biodiverzity. Velkým problémem je také budování umělých bariér a tím zhoršení sezónních vertikálních migrací živočichů na horách (Martin 2013). Jiný úhel pohledu se na vznik sjezdové trati v zalesněné krajině může dívat jako na možné zvýšení heterogenity prostředí (Burt, Rice 2009).

Při výstavbě sjezdovek se tvoří ostré hranice bez přechodové ekotonální zóny (Flousek 2016). Dochází k vykácení velké plochy lesa a vzniku porostních stěn. Ty často nejsou schopny odolávat vlivu bořivých větrů, les se stává náchylnějším na šíření škůdců, např. lýkožroutů. Vznik roztroušených fragmentů biotopů a ztráta přechodových zón má negativní vliv především na výskyt lesních živočichů. Studie (Davies a kol. 2000) zkoumající závislost vlivu fragmentace lesních komplexů na různé skupiny brouků prokázala, že druhy vzácné, lokálně izolované či dravé negativně reagují na fragmentaci lesů a snižují svoji početnost.



Obr. 1: Fragmentace lesních komplexů sjezdovými tratěmi, sjezdovka Machytka.

V rámci České republiky navíc lesy v těchto partiích spadají pod tzv. lesy zvláštního určení, kde ochrana stanovištních podmínek, vodních poměrů či ochrana půdy je prioritním zájmem (Flousek, Harčarik 2009).

3. 1. 1 Světelné znečištění

Je známo, že sjezdové tratě jsou při nočním provozu přesvětlovány a světelné záření viditelné pouhým okem několikanásobně převyšuje vlastní území skiareálů. Velice často je to ovšem pouze vinou špatné konstrukce či náklonu osvětlení. Umělé osvětlení v noční krajině výrazným způsobem fragmentuje horská území a osvětlené sjezdovky zde působí jako dominanty (Bašta 2005).

Intenzita umělého osvětlení se např. při mlze zvyšuje až stonásobně (Bujalský 2010) a až téměř 40 % umělého světla se odráží šikmým směrem vzhůru, mimo sjezdovku (Brychtová a kol. 2005). Účinnou ochranou před šířením světla může být smrková porostní stěna, která má velice dobré tlumící vlastnosti (Bujalský 2010). Samotná odrazivost sněhu se přitom pohybuje až mezi 80 – 90 % (Drobilíková 2013).

Např. osvětlená sjezdová trať o délce 1400 m a šířce 30 m, tedy celkovou osvětlovanou plochou 42 000 m² a průměrnou intenzitou světla 20 lx vydává srovnatelné množství světla jako město se třemi tisíci obyvateli. Toto množství je pro národní parky i jejich ochranná pásma naprosto neakceptovatelné. Doporučenou intenzitou světla je v těchto oblastech cca 0.5 lx (Brychtová 2005), avšak na našem území dochází i k naměření hodnot 300 lx (Bujalský 2010).

Experimentálně je zjištěn přímý dopad osvětlení sjezdovek na dřívější zahnízdění ptáků v době, kdy ještě nejsou vhodné klimatické podmínky. Opakem je chování spárkatá zvěře, na kterou jsou dopady umělého osvětlení minimální (Bašta 2005).

Koncepce monitoringu a výzkumu v Krkonošském národním parku pro období 2010 - 2020 (Flousek 2010) dává studiu světelného znečištění prioritní zájem a nad tímto znečištěním uvažuje jako nad velmi problematickým faktorem ovlivňujícím Krkonoše. Je nanejvýš na místě držet se principu předběžné opatrnosti z hlediska posuzování výstavby nových umělých osvětlení sjezdovek, jelikož získání výsledků vlivu může trvat až několik let (Bašta 2005).

3. 1. 2 Hlukové znečištění

Problematikou dopadu nezanedbatelného hluku vycházejícího od mechanických zařízení při provozu sjezdovky není publikováno příliš mnoho studií. Rozsah hluku jednotlivých děl se pohybuje mezi 60 - 115 dB (Flousek, Harčarik 2009). Dlouhodobý a pravidelný hluk ovlivňuje schopnost volně žijících zvířat odhadnout možné nebezpečí či se oslabuje komunikace mezi jednotlivými jedinci. Nejvíce narušen se tak zdá být vztah dravec-kořist (Drobilíková 2013). Tyto účinky mohou vést k přímým či nepřímým dopadům na fitness jedinců (Francis, Barber 2013).

3. 2 Sníh

Sněhová vrstva se skládá z neuspořádaně uložených krystalků a pórů vyplněných vzduchem a vodní párou nebo při vyšších teplotách i vodou. Pro rostliny má sněhová pokrývka naprosto existenční význam ve schopnosti je izolovat od extrémních zimních podmínek (Sklenář, Vojta 2014). Při této vlastnosti hraje zásadní roli hustota sněhu, čím nižší je, tím lépe pokrývka izoluje a to je jeden z rozdílů mezi přírodním a umělým sněhem (Jones, Devarennes 1995; Wipf a kol. 2005; Flousek, Harčarik 2009). Nejlepší izolační schopnosti má čerstvý prachový sníh a naopak nejméně izoluje starý, firnový sníh (Sklenář, Vojta 2014). Minimální hloubka sněhové pokrývky pro uspokojení potřeb lyžařů je okolo 40 – 50 cm (Spandre a kol. 2016).

3. 2. 1 Umělý sníh

Umělé zasněžování se v posledních 20 letech stalo důležitým prvkem provozu sjezdových tratí. Jedná se o nástroj, kterým se zejména areály nižších nadmořských výšek adaptují na globální změnu klimatu a areály ve vyšších nadmořských výškách si prodlužují lyžařskou sezónu (Flousek 2016; Kocková 2008). Zavedení technologie výroby umělého sněhu je iniciováno potřebami dnešních lyžařů, kteří mají zvyšující se nároky na kvalitu sjezdových tratí a dlouhotrvající kvalitní sněhové podmínky jsou již naprostým základem (Pütz a kol. 2011).

Přírodní sníh se skládá z vloček hvězdicovitého tvaru, zatímco umělý sníh je složen z kulatých ledových zrn (Rixen a kol. 2003). Umělý sníh má díky tomu daleko vyšší hustotu a to zhruba o 35 % než u přírodního sněhu (Stoeckli, Rixen 2000). Hustší a tenčí sněhová pokrývka vede ke snížení izolačních schopností na půdu, následně dochází k ovlivnění mineralizace dusíku (Rixen a kol. 2008).

Větší množství minerálních látek a až 4x vyšší vodivost je charakteristická pro umělý sníh, takže působí jako hnojivo (Kocková 2008). Změny provázející umělý sníh proto již v malé intenzitě působí na změnu půdních a vegetačních procesů (Rixen a kol. 2008). Umělý sníh a jeho dotace živin na sjezdovky má též vliv na dřívější klíčení rostlin ještě před zmizením sněhové pokrývky (Richardson, Salisbury 1977; Flousek, Harčarik 2009).

Švýcarská studie (Keller a kol. 2004) potvrdila vyšší hustotu, tvrdost či tepelnou vodivost umělého sněhu, ale ani tyto rozdílné vlastnosti nepotvrdily promrzání půdy pod umělým sněhem. Jedním z důvodů však může být pozorování pouze jedné sezóny, při které chladné období bylo relativně krátké. Snížená tepelná izolační schopnost tohoto sněhu, související s výškou pokrývky (Rixen a kol. 2004), vede např. k poškození jemných kořenů rostlin.

Vlivem umělého zasněžování dochází především k prodloužení trvání sněhové pokrývky. Dochází ke změně vegetační doby a hydrologických vlastností (Štursa 2007; Zeidler, Banaš 2014; Jones, Devarenes 1995; Wipf a kol. 2005; Flousek, Harčarik 2009; Zeidler a kol. 2013). Zimní úpravou sjezdovek dochází ke ztenčení sněhové pokrývky a tím ke zhoršení tepelně izolačních vlastností (Wipf a kol. 2005). Při měření teplot pod sněhem dosahuje umělý upravený sníh nejnižších hodnot v porovnání s přírodním upraveným a neupraveným sněhem (Rixen a kol. 2001). Stejně výsledky byly změřeny i u doby tání jednotlivých typů sněhových pokrývek. Největší rozdíly při měření teploty půdy 3 cm pod povrchem na sjezdovkách a mimo ně byly v období jarního tání. Nejprve rostly teploty mimo sjezdovou trať a až s přibližně 3týdenním časovým zpožděním i uprostřed sjezdovky. Pod přirozenou sněhovou pokrývkou málokdy teploty klesají pod bod mrazu, zatímco u mechanicky upravovaného sněhu mohou teploty dosahovat až $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Wipf a kol. 2005). Průměrně je teplota na sjezdových tratích o $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ nižší než mimo sjezdovku (Zeidler a kol. 2016).

Doba tání má obrovský vliv na časně kvetoucí rostlinné druhy (Rixen a kol. 2001), přičemž zpoždění tání u sjezdovek s umělým sněhem je v průměru o 19 dní (Stoeckli, Rixen 2000). Rostlinné druhy pramenišť, extrémně citlivé na stabilní vlhkostní podmínky, jsou další skupinou ovlivňovanou, zejména negativně, umělým zasněžováním (Tremli a kol. 2012).

Nižší propustnost umělého sněhu může vést k nedostatku kyslíku a ke zvýšenému množství koncentrace CO₂. Tyto podmínky mohou být kritické pro druhy citlivé na mráz, např. *Trifolium montanum* (jetel horský), (Newesely a kol. 1994).

Naměřené hodnoty pH u přirozeného sněhu se ve studii Jonese, Devarennese (1995) pohybovaly okolo pH 4.0, zatímco u umělého sněhu hodnot 8.4 – 9.0, respekt. 4.90 a 8.52 (Kammer 2002), což potvrzuje zvýšené pH na sjezdovkách s umělým sněhem (Barni a kol. 2007; Kocková 2011). Vyšší hodnoty fosforu též byly naměřeny ve finských jezerech ovlivňovaných lyžařskými středisky (Kangas a kol. 2012).

3. 2. 1. 1 Podmínky výroby umělého sněhu

První využití umělého sněhu, jenž pocházel z rozdrčeného jezerního ledu, bylo o Vánocích roku 1947 na hoře Mohawk v Connecticutu v USA (Erickson 1980). Výroba umělého sněhu určená pro zasněžování sjezdových tratí závisí na několika hlavních faktorech, zejména na teplotě a vlhkosti vzduchu (Drobilíková 2013).

V praxi je možné využít biologické přísady užívané při tvorbě umělého sněhu jako nukleační jádra, kvůli zvýšení produkce umělého sněhu při vyšších teplotách. Ačkoliv používání biologických aditiv je v národních parcích plošně zakázáno a neexistují studie potvrzující užití na sjezdovkách, je v obecném podvědomí, že se tento zákaz v některých případech porušuje. Nejčastěji se dnes využívají přípravky Snomax, kde službu nukleačních jader vykonávají bakterie *Pseudomonas syringae*, a Drift, chemická látka fungující na principu smáčedla (Flousek 2016). Bylo prokázáno, že *P. syringae* optimalizuje díky syntéze specifického proteinu zmrazení vody a to již při teplotě -2 °C. Množství buněk doporučené výrobcem je však vyšší v řádech desítek oproti přirozenému výskytu těchto bakterií v přírodě. Při výzkumu nebezpečí těchto biologických přísad na člověka, se došlo k závěrům, že možnost rizika je pouze v případě alergické reakce citlivějších jedinců. Nepřímo dotace těchto bakterií může podporovat produkci mikroorganismů a tím zhoršovat hygienickou kvalitu pitné vody v horských regionech (Lagriffoul a kol. 2010).

Zajímavý pohled je na vysokou energetickou náročnost umělého zasněžování. Podle dostupných studií se odhadem v alpských zemích spotřebuje neuvěřitelných 600 GWh ročně (Flousek, Harčarik 2009). Jedná se o další kumulativní vliv, kdy při výrobě energie dochází k znečišťování ovzduší emisemi CO₂.

Významnou součástí při zavedení umělého zasněžování je též posouzení vydatnosti vodního zdroje a analýza možných dopadů na životní prostředí (Štursa 2007). Naprostá většina lyžařských areálů ve francouzských Alpách má vlastní nádrž na zachycení vody pro umělé zasněžování, velikost se odvíjí od plochy sjezdovky a poměru 150 - 190 l vody na m². Vybaveno technologií na umělé zasněžování je zde cca 35 % sjezdovek a do roku 2020 by produkovat umělý sníh měla polovina lyžařských areálů (Spandre a kol. 2016). Ve Francii bylo v roce 2007 využito 19 milionů m³ vody na umělé zasněžování. Výrazná část vody při výrobě umělého sněhu se ale ztrácí vypařováním (Falk, Vanat 2016).

Rozvoj lyžařských středisek s umělým zasněžováním může ve vyšších nadmořských výškách vést k eutrofizaci vod a ke zhoršení kvality vod (Kangas a kol. 2012). Voda používaná k umělému zasněžování je totiž ve většině případů čerpána z jezer, řek, nádrží a potoků. Tyto vodní útvary se od srážkové vody liší v jejich chemickém složení, obsahují více živin, včetně základních kationtů pro růst rostlin, pH je často také vyšší (Wipf a kol. 2005; Barni a kol. 2007).

Zajímavostí a aktuálně horkým tématem je, že provozovatelé čerpající vodu na umělé zasněžování mají výjimku ze zákona č. 254/2001 Sb. o vodách, v platném znění a čerpají vodu bez jakýchkoliv poplatků. To sebou nese značnou nevoli především u provozovatelů malých vodních elektráren či rybářů, které čerpání vody na umělé zasněžování může ovlivňovat (Flousek 2016).

3. 3 Změna hydrologických poměrů

Množství vody dodané umělým zasněžováním na sjezdové tratě je až dvojnásobné oproti přirozené sněhové pokrývce, což se odráží ve změně hydrologických poměrů či ve zvýšení eroze (Baranová 2007). Kombinovaný vliv odstranění vegetace, stavby infrastruktury, umělého zasněžování či mechanizovaná úprava sjezdových tratí může způsobit zvýšené zatížení toků podél lyžařských středisek (David a kol. 2009).

Nejvyšší odběr vody na umělé zasněžování z potoků či jezer se shoduje s obdobím nejmenších průtoků a tak často dochází k promrznání těchto toků (Kocková 2008). Studie vlivu odběru vody na umělé zasněžování na odtokovou výšku toků v Krkonoších (Tremel a kol. 2012) zatím nepotvrdily významný vliv, je však potřeba zavést dokonalou monitorovací síť a do budoucna vždy nové odběry pečlivě monitorovat a zvažovat kumulativní vliv.

Důležitým předmětem změny hydrologických poměrů na sjezdovce a následně i vegetace je fenomén svážnic. V okolí svážnic je pozorován nástup vlhkomilné vegetace, známé z vlhkých příkopů lesních cest, vyskytuje se zde zvýšené množství např. *Juncus effusus* (sítina rozkladitá), *Juncus filiformis* (sítina niťovitá) či *Deschampsia cespitosa* (metlice trsnatá), (Štursa 2007). Díky vyššímu množství vody a živin na sjezdových tratích jsou zde konkurenceschopnější druhy rostoucí na živinami bohatších stanovištích, oproti druhům suchých a chudých trávníků (Kammer 2002). Kammer (2002) dále uvádí, že v Savojském regionu jarní tání (duben/květen) sněhových pokrývek sjezdových tratí odpovídá 132 % průměrné srážky v tomto období a regionu.

Při úplném odlesnění z důvodu výstavby sjezdové trati se mění odtok při jarním tání. Zatímco v lesích dochází k odtoku pomalu, např. díky neprůchodnosti slunečních paprsků skrz koruny stromů, tak na odlesněných sjezdových tratích je jarní tání často důvodem záplav (Neradilová 2008).

3. 4 Vlivy působící na půdní poměry

K extrémnímu ovlivnění půdních poměrů na svazích dochází pouze tehdy, pokud je výstavba sjezdové tratě spojená s odkrytím vegetačního pokryvu (Fiedlerová 2010). Následné práce na lyžařských areálech jsou obvykle spojeny s terénními úpravami a jsou doprovázeny těžkou technikou, díky tomu dochází ke zhutňování půdy, převrstvení půdních horizontů a bývá zlikvidována humusová vrstva, která se v horském prostředí tvoří až stovky let (Fiedlerová 2010; Flousek, Harčarik 2009; Barni a kol. 2007). Takový stav snižuje míru infiltrace a zvyšuje se proudění vody na povrchu a tím odnos půd (Burt, Rice 2009; Roux-Fouillet a kol. 2011). Díky zvýšené koncentraci návštěvníků lyžařských areálů v okolí horních stanic lanovek a vleků mohou být ohrožené vzácné polygonální půdy (Neradilová 2008).



Obr. 2: Převrstvení půdních horizontů při terénních úpravách sjezdových tratí má za následek vynesení větších kamenů na povrch.

V rámci Krkonoš Štursa (2007) upozorňuje na dominantní výskyt porostů *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká) v subalpinském stupni Krkonoš právě na všech erozí ovlivňovaných plochách. Důležitost přikládá ochraně iniciálních mechových společenstev, zejména porostům *Oligotrichum hercynicum* (plonitka horská), kde spleť podzemních rhizoidů tohoto druhu má nezastupitelnou protierozní úlohu. Tudiž v dnešní době velmi populární mimosezónní aktivity na sjezdovkách (horské koloběžky, čtyřkolky apod.) je potřeba na erozí ohrožených sjezdovkách intenzivně omezovat. *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá) mimo svého protierozního významu tvoří natolik hustá společenstva, která brání přirozenému náletu dřevin, což může být významným pozitivním efektem při údržbě sjezdových tratí. Z důvodu nejmenší citlivosti na vymrzání a další extrémní působení umělým zasněžováním Štursa (2007) zdůrazňuje význam porostů *D. cespitosa* na dlouhodobě zasněžovaných sjezdovkách.

Důležitou součástí sjezdovek jsou také jejich břehy. Zde velice často dochází k nevhodným zásahům, kdy se skelet mísí s horním horizontem půdy a dochází ke každoročním přesunům a následné erozi. Důslednou podporou ozelenění, zejména druhy *A. flexuosa* a *C. villosa* či náletovými dřevinami *Betula alba* (bříza pýřitá), *Sorbus aucuparia* (jeřáb ptačí) a *Salix caprea* (vrba jíva), se těmito negativními dopady dá předejít (Štursa 2007).

Erozi sjezdových tratí se zabývala i studie z japonského ostrova Hokkaido (Tsuyuzaki 1990), která potvrdila nízkou pokrývnost vegetace na místech silně ovlivněných erozí půdy na sjezdovkách. Jako nejvýznamnější faktor vegetačních změn byl popsán vliv pohybu půd a erozní činnost na tratích. Takto narušené sjezdové tratě s nízkým vegetačním pokryvem jsou extrémně náchylné na povrchovou erozi díky jarním táním a silným deštům (Wipf a kol. 2005), zvýšení pokrývnosti je však v horských podmínkách časově náročná činnost, jenž trvá podstatně déle než v nižších polohách.

Mechanická úprava sjezdových tratí spolu s pastvou během letního období mají negativní vliv na vegetační pokryv a dochází k rozsáhlé erozi (Ries 1996). Povrch sjezdových tratí by se tak měl mechanicky upravovat pouze tam, kde je to nutné s ohledem na bezpečnost lyžařů a neměla by na nich v létě probíhat pastva (Kocková 2008). V zimním období je prevencí proti mechanickému poškození povrchu dostatečná vrstva sněhu, nejméně 30 cm. Obnova půdních procesů na sjezdovkách je ovšem dlouhodobý a složitý proces a tak je důležité předcházet degradaci půd na sjezdových tratích (Meyer 1993).



Obr. 3: Narušení povrchu sjezdových tratí těžkou mechanizací.

3. 4. 1 Dekompozice na sjezdových tratích

Strojová úprava sjezdových tratí způsobuje větší tlak na půdu a dochází ke zmenšení jak makropórů, tak mikropórů půdy, což vede k nižší zásobě vody v půdě a ke snížení mikrobiální dekompozice (Delgado a kol. 2007). Dekompozice, rozklad odumřelých částí rostlin, je proces, který člověk pouhým okem nevidí, avšak pro existenci živých jedinců má naprosto zásadní význam. Lyžařské sjezdové tratě jsou pro studium vlivů působících na přírodní procesy ideálním modelovým stanovištěm a to díky citlivosti horských ekosystémů na změny a zároveň zde lze pozorovat i antropogenní vlivy. Tématem dekompozice na sjezdových tratích se široce zabývá studie Zeidlera a kol. (2014).

Díky mechanickým úpravám či umělému zasněžování se na tratích výrazně mění fyzikální a chemické vlastnosti sněhové pokrývky oproti okolnímu ekosystému. Tyto změny vedou ke snížení mikrobiální aktivity nebo např.: ke změnám v ukládání zásobních látek rostlinami (Zeidler a kol. 2013). Dekompoziční procesy během zimního období mohou rozložit až 50 % organické hmoty, negativně se však odráží časté střídání teplot (Zeidler, Banaš 2014).

Vyšší množství sněhu na sjezdovkách zároveň kumuluje větší množství vody, která významně ovlivňuje dekompozici. Ideální průběh procesu je při středních vlhkostních parametrech, při vysokém odtoku ze sjezdovky v průběhu jarního tání dochází k vymývání důležitých rozpuštěných látek (Zeidler, Banaš 2014).

Bez ohledu na vliv managementu sjezdových tratí dochází k ovlivňování dekompozice také ze strany společenstva, které na dané lokalitě roste, ať už jde o vliv opadu či specializovaného společenstva mikroorganismů. Např. u rodu *Athyrium* (papratka) je známo, že produkují látky zpomalující dekompozici (Zeidler, Banaš 2014). Při procesu humifikace má větší vliv typ vegetačního pokryvu, než samotné lyžování (Hédl a kol. 2012).

Výsledky studie z Hrubého Jeseníku (Zeidler, Banaš 2014) hodnotí, že při dostatečné sněhové pokrývce jsou nastaveny příhodné podmínky pro dekompozitory, avšak při pokrývce nedostatečné, často promrzající, dochází k negativnímu ovlivnění společenstev dekompozitorů.

Na stejné lokalitě došlo i k dalším závěrům studií. Analyzoval se stav sorpčního komplexu, jako ukazatele „kvality“ půdy zohledňující koncentrační rovnováhu živin a dobře indikující negativní dopady sjezdového lyžování. Výsledky ukázaly na zhoršené parametry sorpčního komplexu na sjezdovce než v přirozeném okolí. To potvrzují i výsledky další studie (Hédl a kol. 2012). Za možnou příčinu lze považovat kumulativní charakter vlivů na sjezdovou trať v její padesátileté historii (Zeidler a kol. 2013).

3. 5 Vlivy působící na vegetaci

V lyžařských areálech jsou hodnoty živin, pH a konduktivity zvýšené oproti okolním ekosystémům a mění se zde díky těmto parametrům i vegetační struktura (Kangas a kol. 2009). Modelová studie (Patthey a kol. 2008) uvádí, že v oblastech lyžařských středisek je přibližně o 36 % menší výskyt klíčových alpských druhů vegetace. Přičemž právě druhová bohatost určuje kvalitu přírodního stanoviště, zvyšuje ekosystémovou odolnost vůči narušení, erozi či zlepšuje hydrologický cyklus (Bart, Rice 2009). Vyšší druhová diverzita společenstva má pozitivní vliv na rezistenci vůči suchům (Dulínková 2004).

Kocková (2011) zkoumala vliv umělého sněhu na druhovou diverzitu rostlin a u sjezdovek obhospodařovaných umělým sněhem 10 let se nevyskytly statisticky významné změny, což potvrzuje kumulativní vliv, kdy ke změnám dochází až po mnoha letech užívání zasněžovací technologie.

Výstavba a management sjezdových tratí má za následek snížení druhové diverzity a oslabení kořenových systémů vegetačního pokryvu sjezdovek (Barni a kol. 2007; Wipf a kol. 2005; Kammer 2002), oproti přirozené vegetaci v okolí. Nevhodným managementem může docházet ke snížení celkového vegetačního pokryvu sjezdovky i o více než 50 % (Kammer 2002). Roux-Fouillet a kol. (2011) uvádí, že se na po 8 let strojově upravované sjezdovce snížila pokryvnost vegetací, oproti strojově neupravované sjezdovce. To jenom dokazuje, jak je těžká obnova původních stanovišť v horských podmínkách. Vegetace sjezdových tratí také trpí sníženou produktivitou, která souvisí se sníženým obsahem dusíku v půdě (Roux-Fouillet a kol. 2011). Na sjezdovkách je také více než dvakrát menší semenná zásoba vegetace oproti okolním, přirozeným trávníkům (Urbanska a kol. 1998). Na tyto změny vegetace mají největší vliv používání těžkých strojů, razantní přemísťování půd, narušování vegetačního pokryvu a vrchního půdního horizontu (Roux-Fouillet a kol. 2011). Způsob obhospodařování (kosení, pastva, mulčování) sjezdových tratí v letním období nemá zásadní vliv na druhovou diverzitu (Kuncová 2015).

Horské druhy rostlin jsou často přizpůsobeny extrémním podmínkám. Existují druhy snášející vyfoukávaná místa s extrémními mrazy (chionofóbní), ale také druhy sněhových výložisek s vysokou sněhovou pokrývkou (chionofilní), (Sklenář, Vojta 2014). Podmínky sjezdových tratí s častými extrémy vyhovují spíše druhům chionofóbním a pozdně kvetoucím druhům, často se množícím vegetativně. Opačně reagují časně kvetoucí druhy, pro které je delší doba tání sněhové pokrývky nežádoucím vlivem (Wipf a kol. 2005). *Athyrium distentifolium* (paprátka horská) může sloužit jako příklad, jak některé druhy reagují na zkrácení vegetační doby na sjezdovkách. Dochází k rychlému vývoji směrem k dosažení generační fáze na úkor snížení investic do růstu (Banaš a kol. 2010). Mechanickou úpravou sněhu dochází ke vzniku ledovatých míst a tím zhoršení plynové propustnosti. Díky nedostatku kyslíku pod sněhem se tak zvyšuje náchylnost rostlin k poškození mrazem (Kocková 2008).

Skladba vegetace se tak na sjezdovkách mění a převládají byliny s trávami oproti dřevinám či keřům (Kangas a kol. 2009). Dochází k ústupu specializovaných horských druhů a nástupu druhů široce rozšířených. Provoz lyžařských areálů tak může potlačovat či upřednostňovat různé skupiny rostlin (Flousek 2016).



Obr. 4: Příklad druhově velice chudé části porostu sjezdovky Machytka s dominancí *Holcus mollis* (medyněk měkký).

Druhem, preferujícím stanoviště s déletrvající sněhovou pokrývkou, jenž je významně ovlivňován přítomností sjezdové trati, patří v prostředí severní a střední Evropy *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka). Tříletý výzkum (Zeidler, Banaš 2016) zjistil, že pro borůvku není limitujícím faktorem zkrácení vegetační doby a dokáže se přizpůsobit. Překvapivým výsledkem je až 3x vyšší produkce květů a plodů keříčků na sjezdovkách oproti okolním porostům. Zde pozitivně funguje pozdější odtávání sněhové pokrývky jako krytu před jarními mrazy a studií neopřena možná vyšší dotace dusíku či vyšší vlhkost půdy.

Při srovnávání možných zimních aktivit má na stav vegetace tratí větší vliv horská jízda na koních, než běžecké lyžování, kde velký vliv má vylučování koní a defoliace vegetace. Tyto faktory vedou také k erozi a degradaci tratí. Rizikem je též možnost zavlečení agresivních plevelů díky epizoochorii či samotným vylučováním semen. Běžecké lyžování by mělo pouze minimální vliv na vegetaci, pokud by nedocházelo k úpravě tratí mechanizací a tím zkrácení vegetační doby. Některé druhy však díky snížení zápoje při úpravách okrajů tratí, tím zvýšením prostupnosti světla, na své početnosti vzrůstaly, např. *B. alba* (Törn a kol. 2009).

3. 5. 1 Problematika založení vegetačního krytu na sjezdovkách

V dnešní době neexistuje jediný semenářský podnik u nás, který by zvažoval regionální a funkční složení osevních směsí, zejména se zastoupením 3 nosných druhů – *C. villosa*, *A. flexuosa* a *D. cespitosa*, jenž by se daly využít při zatravnění sjezdových tratí (Štursa 2007). Jediným případem pokusů o namíchání regionálních osiv je na území CHKO Bílé Karpaty (Ebermannová 2011). Tudíž zůstává otázkou, zda by se neměla větší pozornost věnovat zavedení klíčových druhů pro biotechnické asanace do komerční sféry. Důležité bude také sledovat možné křížení komerčních druhů, jako např. druhy rodu *Lolium* (jílek) či *Festuca* (kostřava), s autochtonními populacemi těchto rostlin. Avšak u vyšetých druhů, ve většině případů regionálně a stanovištně nepůvodních, se neprokázalo možné šíření do okolních lesních ekosystémů, jedním z důvodů může být sečení těchto trávníků ještě před dozráním semen vegetace (Kangas a kol. 2009) či redukce drsnými přírodními podmínkami na horách (Kocková 2008).

Mnohokrát je však založení vhodných porostů jednodušší než se zdá. Klíčové rostlinné druhy (*A. flexuosa*, *D. cespitosa*) zpravidla rostou v těsném okolí sjezdových tratí a tak sklizení plodných lat ve vhodném období (přelom srpna – září) a následné mulčování přímo pozemků určených k zatravnění je více než dostupným řešením (Štursa 2007, Ebermannová 2011).

Jak dále uvádí Štursa (2007), tak u druhu *C. villosa*, vzhledem k málo klíčícím semenům, je velice efektivním řešením tzv. drnování, jedná se ovšem o metodu poměrně nákladnou jak realizačně, tak i finančně (Ebermannová 2011).

Důležitým parametrem při úspěšném zatravnění tratí je však doba managementu. Nedoporučuje se provádět kosení či drnování na začátku léta, jelikož rostliny nestačí vykvést a přejít do generativní fáze, zároveň však dřívější seč upřednostňuje širokolisté byliny (Ebermannová 2011).

Barni a kol. (2007) studovali vegetační kryt v italských Alpách. Vyseté druhy zde ihned vytvořily hustý vegetační kryt, jenž vytrval i po 10 letech využívání sjezdovky. Problémem již byly původní druhy, kterým nevyhovují změněné podmínky (zvýšení pH, ztráta humusové vrstvy, vymrzání), u nich dosahovala pokryvnost maximálně 5 % z povrchu. Dobře založený porost však může velmi pozitivně zpomalovat invazi dřevin či keřů na sjezdovkách (Behan 1983).

3. 5. 2 Přírozená sukcese vegetace lyžařských tratí

Vegetace sjezdových tratí jako nově se tvořící vegetační kryt má tendence procházet přírozenou sukcesí a určitými stádii vývoje. Štursa (2007) uvádí 3 základní fáze vývoje:

1. iniciální mechové (a lišejníkové)
2. s *A. flexuosa* a s postupným pronikáním keříčků *V. myrtillus* a *Vaccinium vitis idaea* (brusnice brusinka)
3. klimaxové společenstvo *Calamagrostio villosae-Piceetum* (horské třtinové smrčiny bez dřevinných pater)

Ebermannová (2011) uvádí, že spontánní sukcese lze využít pro vznik vegetačního pokryvu na sjezdovkách, jde ovšem o proces zdlouhavý a i po deseti letech se vegetační pokryv liší od okolních ploch.

3. 5. 3 Klíčivost semen

Jones a Devarenes (1995) testovali klíčení semen *Betula alleghaniensis* (bříza žlutá) a *Picea glauca* (smrk sivý) na sjezdovce a mimo sjezdovou trať. Pokus nepřinesl žádný signifikantní vliv. Bude zapotřebí založit dlouhodobý pokus, který zohlední kumulativní vliv umělého zasněžování na klíčení určitých druhů rostlin či dřevin.

3. 5. 4 Plavuníky

Ne všechny vlivy sjezdových tratí však mohou mít pouze negativní dopad. Významným objevem Správy KRNAP je výskyt rostlin chráněných ve smyslu vyhlášky č. 395/1992 Sb. Největší ohlas vyvolaly druhy z čeledi *Lycopodiaceae* (plavuňovité), zástupci rodů *Lycopodium* (plavuň), *Huperzia* (vranec) a *Diphasiastrum* (plavuník). Počet objevených lokalit těchto druhů v poslední době v Krkonoších roste a je velkým předmětem pozornosti. Doslova raritou v botanickém světě je nález hned všech šesti z České republiky popsanych plavuníků na jediné lokalitě. Tou je lyžařská sjezdovka z Medvědína do Špindlerova Mlýna, kde na ploše asi 4000 m² roste společně *D. alpinum* (p. alpínský), *D. issleri* (p. Isslerův), *D. zeilleri* (p. Zeillerův), *D. complanatum* (p. zploštělý), *D. tristachium* (p. cypřiškovitý) a *D. oelgaardii* (p. Øllgaardův). U posledně jmenovaného druhu jde přitom zřejmě o jedinou lokalitu v ČR (Štursa 2007).

3. 6 Vlivy působící na faunu

Naprostá většina studií o vlivu lyžařského průmyslu na faunu hodnotila vliv jako negativní. Zcela jistě se potvrdil negativní vliv na druhovou bohatost a početnost alpské fauny. Nejhuře působí lyžařský průmysl na ptáky a největší efekt má samotné odstranění původního ekosystému (Sato a kol. 2013). K potvrzení kumulativního negativního vlivu lyžařských středisek na faunu je však zapotřebí dlouhodobých studií, které aktuálně chybějí (Ukkola a kol. 2007). Fragmentace území a zvýšená rušivá činnost v zimním období, kdy zvířata potřebuje největší klid pro přežití tohoto náročného období, mohou výrazně ovlivňovat populace živočichů, např. rýsa ostrovida či puštíka bělavého (Flousek 2016).

3. 6. 1 Savci

Pro přežití drobných savců na horách je důležitá izolace sněhem během zimního období, vrstva 50 cm sněhu již zaručí přežívání hlodavců v subnivální vrstvě pod sněhovou pokrývkou (Sklenář, Vojta 2014), při mechanické úpravě (rolbováním) dochází ke snížení početnosti o 75 – 80 % (Sanecki a kol. 2006). Na velmi malé počty drobných savců na sjezdovkách upozorňuje i Negro a kol. (2009). Zřejmě největším problémem je šíře sjezdovek, která na tyto malé savce působí jako nepřekonatelná migrační bariéra (Caprio a kol. 2014). Např. početnost *Myodes gapperi* (podčeď hrabošoviti) byla větší v okolních zalesněných pozemcích než na sjezdovkách, především díky možnosti úkrytu v mrtvém dřevě v lesích, které se pro výskyt a migraci hrabošovitých zdá jako limitující (Hadley, Wilson 2004).

Letní přehřívání povrchu sjezdovek či eroze vedoucí k menšímu počtu půdní fauny může vést též k nižšímu počtu hmyzožravců na sjezdovkách, jako jsou např. rejskovití (Hadley, Wilson 2004). Meyer (1993) uvádí, že celková početnost půdní fauny je na sjezdovkách oproti okolním stanovištím až o 70 % nižší.

Na studii sobů v Norsku (Nellemann a kol. 2000) se obecně prokázalo, že do 5 km od pozemních staveb v turistickém středisku se stáda těchto savců nevyskytují. Přičemž v okolí do 10 km se téměř z 92 % vyskytovali pouze samci či odrostlá mláďata a samic přibývalo až ve větších vzdálenostech.

3. 6. 2 Ptáci

Druhová rozmanitost ptačích druhů na sjezdovkách se oproti okolním lesním společenstvům snižuje (Caprio a kol. 2011). Při srovnání podobného, lyžováním nezatežovaného, lučního společenstva a lesa vycházely i tak nejnižší hodnoty u sjezdových tratí (Laiolo, Rolando 2005). Navíc sjezdové tratě negativně ovlivňují i populace ptáků v nejbližším okolí. Jedním z faktorů ovlivňujících nižší počty může být nedostatek potravy, bezobratlých, na sjezdových tratích (Rolando a kol. 2007). Problémem dále může být velice úzká přechodová část, ekoton sjezdovka-les, jenž téměř postrádá keřové patro (Kocková 2008). Dalším negativním faktorem je samotný vytvořený povrch tratí, často s nízkým vegetačním pokryvem a mnoha kameny ze spodních vrstev půd, který je naprosto nevhodný pro hnízdění (Caprio a kol. 2011).

Zaznamenané jsou také střety tetřevovitých ptáků s lany lanovek a vleků či záchytnými sítěmi podél sjezdovek (Flousek, Harčarik 2009). Silně také působí rušení sjezdaři jezdících mimo sjezdové tratě na tyto ptáky (Caprio a kol. 2014).

3. 6. 3 Plazi

Vlivy sjezdového lyžování působí hlavně na specializované druhy plazů (Sato a kol. 2014a), což potvrzuje obecný trend sjezdovek ve snižování druhové rozmanitosti. Lyžařské plochy postrádají dostatek úkrytů pro tyto živočichy či míst na vyhřívání. Stresujícím faktorem je též extrémní přehřívání svahů v letním období a s tím spojená velmi těžká migrace přes tato místa (Sato a kol. 2014b). Větší atraktivnosti sjezdovek pro plazy lze dokázat např. osetím původními druhy rostlin.

3. 6. 4 Bezobratlí

Kašák a kol. (2013) tvrdí, že lyžařské svahy podporují spíše výskyt druhů s širokým potravním zaměřením a druhy otevřených biotopů, zatímco zde mizí lesní druhy. Dále jsou na svazích podporovány druhy brouků spojené s vegetací *Calamagrostis* a *Vaccinium*. Na svazích se prokázalo zvýšené množství druhů s širokou mírou variability výskytu, zároveň tyto druhy také indikují narušená stanoviště, např.: *Amara lunicollis* (rod kvapník) či *Poecilus versicolor* (rod střevlíček). U 9 druhů brouků byl signifikantně prokázán negativní vliv lyžařských tratí.

Studie (Illich, Haslett 1994) srovnávala početnost řádu rovnokřídlých na sjezdových tratích a přilehlém okolí. Na jedné sjezdovce se nevyskytoval žádný zástupce řádu, zatímco na přilehlých kontrolních loukách se hojně vyskytovaly dva druhy. Změny byly pozorovány také ve zrychlení nymfálního vývoje či celkovém snížení druhové bohatosti a nižší hustoty počtu jedinců. Tyto výsledky potvrzuje Negro a kol. (2009), který uvádí úbytek členovců na sjezdových tratích. U pavouků však dochází k opačnému trendu a početnost se zvyšuje směrem od lesních společenstev ke sjezdovým tratím či pastvinám (Negro a kol. 2009).

Studie motýlů potvrzuje obecný trend sjezdových tratí, kdy početnost motýlů je na sjezdovkách sice vyšší oproti pastvinám v okolí, ale druhová bohatost na sjezdovkách klesá (Rolando a kol. 2013).

Za rozhodující faktory změny druhového složení bezobratlých je považován dopad pozdějšího tání naakumulovaného sněhu na sjezdovkách (Kašák a kol. 2013) a nedostatečný pokryv sjezdovek vegetací (Negro a kol. 2009). Potenciální rozšiřování lyžařských areálů tudíž přináší na populace bezobratlých cenných alpských stanovišť velké riziko.

3. 7 Globální změna klimatu a její vliv na lyžařský průmysl

Lyžařský průmysl se stal jednou z hlavních ekonomických aktivit mnoha horských oblastí po celém světě. Ekonomická životaschopnost této činnosti je však velmi závislá na meziroční variabilitě sněhových a klimatických podmínek a je ohrožena oteplováním klimatu. I přes nejistotu ohledně chronologického vývoje a regionálních charakteristik jsou nyní negativní účinky změny klimatu na ekosystémy a socioekonomické aktivity měřitelnou skutečností (Gilaberte-Búrdalo a kol. 2014).

Budoucnost lyžařského průmyslu tak významnou měrou ovlivňuje klimatická změna (Flousek 2016), ta nemá zásadní vliv na všechny lyžařské areály, ale ohrožuje pouze ty, jenž jsou zranitelné v oblasti technických sněhových schopností, lokalitě či obchodní strategii (velikost střediska, zimní versus celoroční turistika), (Rutty a kol. 2017). Yang, Wan (2010) zdůrazňuje nutnost brát v úvahu možné dopady globálních změn klimatu při dalším rozšiřování skiareálů v nižších nadmořských výškách. Rušení lyžařských středisek kvůli nedostatečným klimatickým podmínkám není novou věcí, během 80. a 90. let v USA bylo zavřeno na 592 lyžařských areálů. S přicházející změnou klimatu bude docházet ke koncentraci a konsolidaci lyžařských areálů (Dawson, Scott 2013). Provozovatelé jsou již v dnešní době nuceni budovat adaptační opatření, zejména systémy umělého zasněžování. Tato opatření však již svým vlivem přesahují pouze území sjezdových areálů a ovlivňují celé horské regiony, např. ovlivněním průtoků horských potoků a řek, vliv emisí z důvodu vysoké energetické náročnosti sněhových děl apod. (Flousek 2016).

Změny na sněhové pokrývce a ledu jsou nejlépe sledovaným vlivem klimatické změny, jelikož je nápadná již malá změna způsobená rozdíly teplot a srážek samotných (López-Moreno a kol. 2008). Pro většinu horských oblastí je pravděpodobné, že se sníží množství nahromaděného sněhu, zkrátí se období trvání sněhové pokrývky a tím zároveň bude časnější nástup jara (Barnett a kol. 2005, Beniston a kol. 2003). Navzdory zájmu o téma změny klimatu a vztahu k lyžařskému průmyslu již v osmdesátých a devadesátých letech minulého století, vzrůstá důraz na řešení této problematiky až v posledních letech díky podstatně vyšším ekonomickým a sociálním interakcím v dnešní době (Breiling, Charamza 1999).

Většina klimatických modelů, které jsou aktuálně k dispozici, předpovídají tendenci oteplování vlivem stoupající úrovně skleníkových plynů v atmosféře. Tento trend má významný a nejviditelnější vliv na hydrologický cyklus, zejména v oblastech pokrytých sněhem či ledem (Barnett a kol. 2005). Vojtek a kol. (2003) publikovali studii ze Slovenska, zabývající se vývojem sněhových srážek. Studie nevykazovala žádný dostatečně průkazný trend, vyjma lokalit v rozmezí 1000 – 1500 m n. m., kde byl úbytek pevných srážek (sněhu) nejvyšší. Z dat dále byly vymezeny dvě dolní meze, 1800 m a pro jižní svahy 2300 m, kde se sněhové množství nemění či nad těmito mezemi dokonce mírně stoupá. Samozřejmě však existují speciální lokální odlišnosti, např. mezi Nízkými a Vysokými Tatrami. Menší množství srážek má většina stanic v Nízkých Tatrách, než ve Vysokých Tatrách. Shrnutím této studie lze říci, že předpokládaný trend snížení srážek byl viditelný, avšak byla nalezena kritická hranice, kde se tento trend měnil.

V Rakousku bylo k roku 2008 již 59 % lyžařských areálů pokryto sněhem z umělého zasněžování, což ovšem není čistě důsledek pouhé změny klimatu, ale je zde také propojení se zvyšováním kvality lyžařského povrchu, prestiže a konkurenční výhody areálů. Výsledky studie naznačují, že požadovaná doba 100denní lyžařské sezóny v nadmořských výškách 1500 - 1600 m nebude dosažena. Ve vyšších nadmořských výškách splnění dostatečného množství sněhu stále možné bude, avšak jen při zintenzivnění kapacity zasněžování, což povede k vyšším provozním nákladům. Technicky vyrobený sníh tak je a bude nejpoužívanější adaptační strategií pro mimořádně teplé zimní období (Steiger, Mayer 2008). Vzhledem k tomu, že rakouské lyžařské areály se nacházejí v průměru v nižších nadmořských výškách, se do budoucna bude zvyšovat konkurenční tlak výše položených sjezdovek ve Švýcarsku, Francii či jižním Tyrolsku (Damm a kol. 2014).

Díky možnosti používání regionálních modelů simulace vývoje klimatických změn hrozí ve Švýcarsku v rozmezí let 2071 – 2100 snížení objemu sněhové pokrývky až o 90 % v nadmořských výškách okolo 1000 m n. m., o 50 % ve výškách při 2000 m n. m. a o 35 % okolo 3000 m n. m. Dále změny klimatu budou mít vliv na dobu trvání sněhové pokrývky a ta se při výškách 2000 – 2500 m n. m. zkrátí o 50 - 60 dnů a v nižších polohách okolo 1000 m n. m. o 110 - 130 dnů. Očekává se ovšem spíše větší zkrácení lyžařské sezóny v jarních měsících než v podzimním období (Beniston a kol. 2003).

Již z čistě praktického hlediska studie z Rakouska uvádí, že běžecké lyžování a jízda na saních potřebují okolo 10 cm sněhové pokrývky, zatímco sjezdové lyžování či snowboarding okolo 30 cm v závislosti na povrchu terénu. Za nejnižší hranici, která je ekonomicky únosná pro lyžařské areály tak označují již 400 m n. m. Pouhé zvýšení teploty o 0.8 °C bude znamenat výrazné adaptace na toto oteplení, při zvýšení o 2 °C přežije pouze pár lokalit vhodných pro zimní turismus a to v těch nejvyšších polohách okolo 2000 m n. m. (Breiling, Charamza 1999). Nejvíce ohrožené lyžařské areály s výhledem do roku 2100 při modelu +2 °C jsou v Rakousku a poté v Itálii (Damm a kol. 2017).

Koenig, Abegg (1997) zkoumali dopad třech po sobě jdoucích zim bez sněhu na konci osmdesátých let na lyžařský průmysl ve Švýcarsku. Ukázalo se, že pro oblasti v nižších nadmořských výškách mohou mít takové výkyvy klimatu obrovský vliv. Oblasti ve vyšších nadmořských výškách zvýšily své finanční příjmy, právě na úkor oblastí níže položených. V současné době je 85 % lyžařských areálů Švýcarska ležících nad 1200 m n. m. sněhem zásobováno spolehlivě, avšak při očekávaném zvýšení průměrné teploty o 2 °C klesne toto procento na 63 %. Tento pokles by mohl významně ohrozit regionální hospodářský růst, který zimní turistika přináší. Elsasser, Burki (2002) uvádějí, že finanční životaschopnost zimní turistiky je přímo závislá na dostatečných sněhových podmínkách. Pokud dojde k uvažované změně klimatu, spolehlivou zásobu sněhu by měly podle této studie dokonce pouze sjezdovky nad 1800 m n. m., což by bylo již pouhých 44 % sjezdovek ve Švýcarsku. Tyto změny by vedly k několika adaptačním opatřením (např. výroba umělého sněhu), avšak pro řadu areálů by znamenaly de facto zrušení zimní turistiky. Zároveň by se zvýšila koncentrace turistů ve vyšších nadmořských výškách a hrozily by environmentální problémy (znečištění, tlak na vodní zdroje, dopad na citlivá horská společenstva, změny krajinného rázu).

Ačkoliv lze v posledních letech pozorovat zvýšený zájem o sledování změn klimatu a vlivu na lyžařský průmysl, lze jen těžko porovnávat tyto práce z důvodu použití mnoha různorodých metodik, scénářů oteplování či klimatických modelů. Důležitým důsledkem bude také reakce samotných lyžařů na pozměněné, hlavně cenové podmínky lyžování (Rutty a kol. 2017).

4 Metodika

4. 1 Analýza dostupné literatury

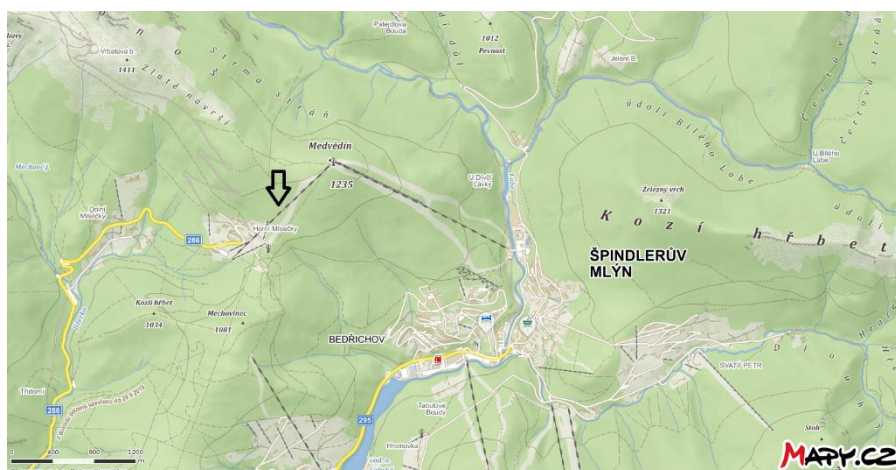
K vyhledávání dostupné literatury vztahující se na problematiku sjezdového lyžování a ochrany přírody byly použity vyhledávače Google Scholar a Web of Science. Generování studií probíhalo na základě použití klíčových slov a to zejména: ski pistes, ski resorts, alpine ecosystems, climate change, soil erosion či vegetation cover. Literatura též byla hojně vyhledávána na základě seznamů literatury ostatních autorů.

Získaná literatura byla zpracována, porovnána a rozdělena do dílčích témat. Byl zpracován grafický výstup hodnotící množství a témata probíraná v literatuře.

4. 2 Vegetační snímkování sjezdové tratě

4. 2. 1 Lokalizace sjezdové tratě Machytka

Sjezdová trať Machytka se nachází v Krkonošském národním parku v severní části České republiky v obci Horní Mísečky. Zdejší lyžařský areál s mírnými loukami, ale spolehlivou zásobou sněhu leží v ideální nadmořské výšce 1000 m. Je častým cílem méně zdatných lyžařů a začátečníků. Modře značená trať Machytka je jednou z nejstabilnějších tratí v okolí Špindlerova Mlýna, kde sněhová pokrývka vydrží až do konce lyžařské sezóny.



Obr. 5: Lokalizace sjezdové trati Machytka v Krkonošském národním parku (zdroj: mapy.cz, 18. 4. 2018).

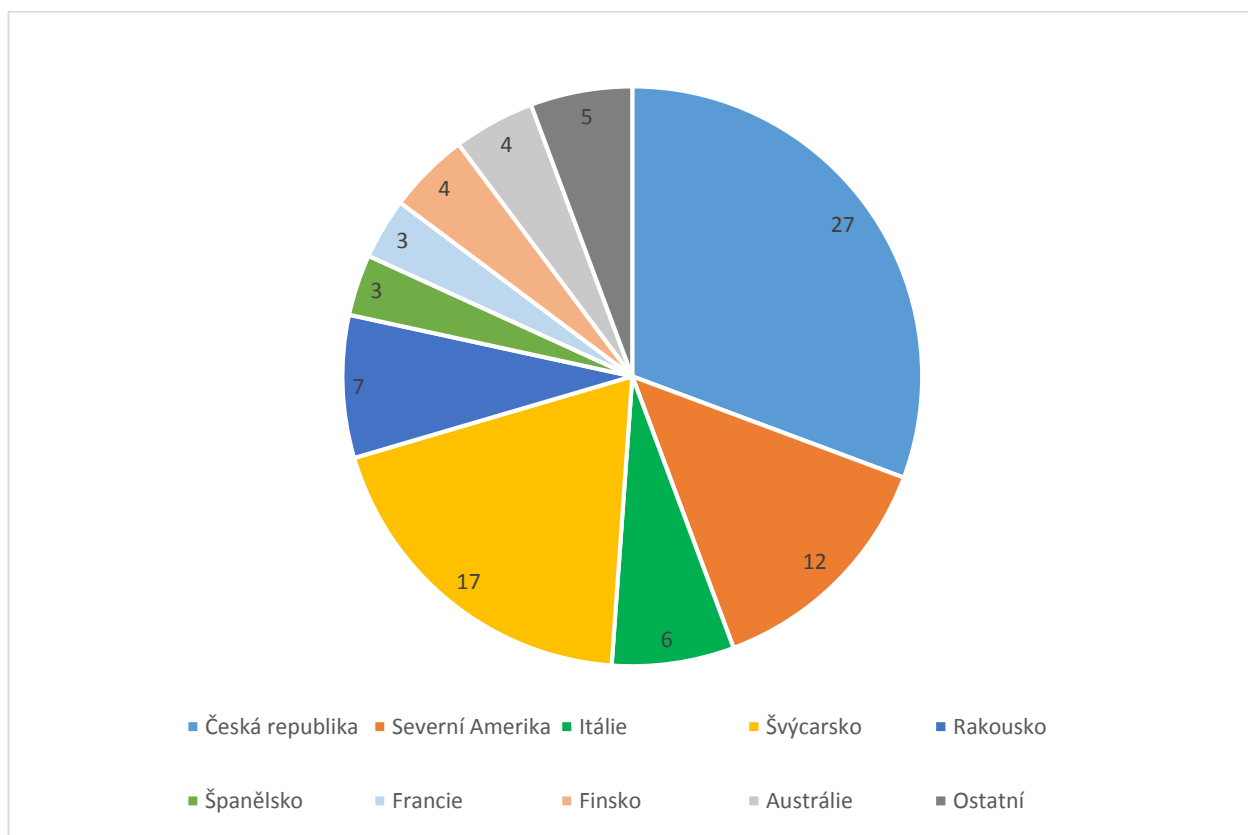
4. 2. 2 Vegetační snímkování

Cílem vegetačního snímkování bylo seznámení se se stanovištními podmínkami a vegetací sjezdových tratí. Snímkování probíhalo v červenci 2017. Jednotlivé snímky měly tvar čtverce o délce strany 5 m a byly vedeny středem sjezdové tratě. Vzdálenost mezi snímky byla 100 m. Každý snímek byl zaměřen a opatřen GPS souřadnicemi z důvodu možnosti opakování vegetačního snímkování.

Při záznamu vegetace každého snímku se nejprve odhadla celková pokryvnost, poté zvlášť pokryvnost jednoděložných a dvouděložných rostlin. Následoval soupis všech rostlinných druhů a odhad jejich pokryvností, vyjma mechového patra, jenž do soupisů nebylo zahrnuto. Rostlinné druhy byly určeny pomocí Klíče ke květeně České republiky, Kubát a kol. 2002. Výjimečně byly zaznamenávány chráněné druhy rostlin rostoucí mimo vegetační snímky.

5 Výsledky

5.1 Literární rešerše

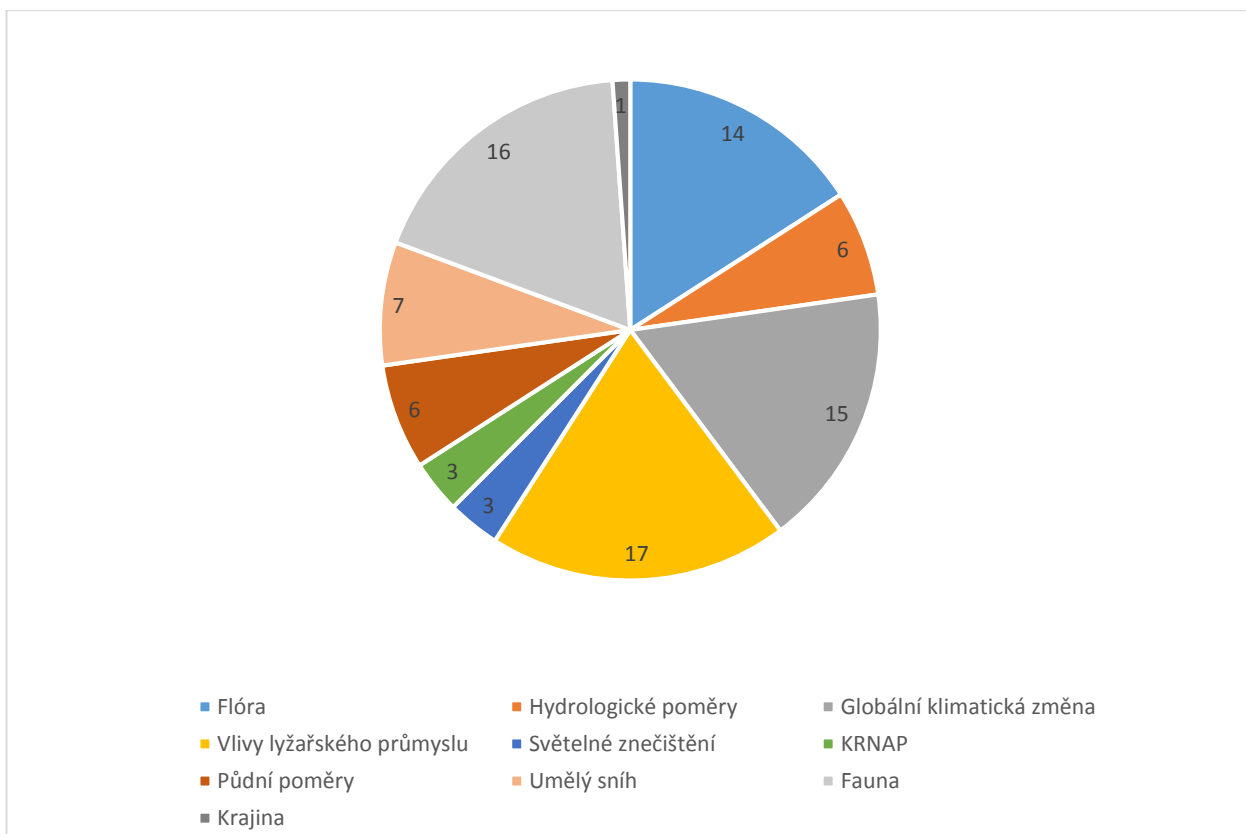


Obr. 6: Graf zachycující geografické rozmístění literárních zdrojů použitých v této bakalářské práci.

Nejvyšší počet literárních zdrojů, 27, pochází z České republiky. Problematice sjezdového lyžování se zde věnují vědci hlavně na území nejvyšších hor, Jeseníků či Krkonoš. Výzkum se zde zabývá dekompozicí na sjezdových tratích či vlivem umělého zasněžování na odtoky horských potoků.

Hojně jsou zastoupeny výzkumy alpských států, Švýcarska, Itálie a Rakouska. Místní studie se široce zajímají o globální změnu klimatu a její vliv na provoz horských středisek a velice komplexně hodnotí vlivy zimní turistiky na horskou přírodu.

Vyšší počet literárních zdrojů pochází také z území Severní Ameriky a poté se jedná již pouze o nahodilé studie z ostatních zemí, jako např. Finska, Austrálie, Španělska, Německa či Japonska.



Obr. 7: Grafické znázornění počtu literárních zdrojů k jednotlivým tématům ovlivňující horskou přírodu.

Vysoké množství vědeckých prací se věnuje obecným vlivům lyžařského průmyslu na horskou přírodu a shrnují současné poznatky dané problematiky. Aktuálním tématem je globální změna klimatu. Klimatické změny mohou mít vysoký ekonomický důsledek na lyžařské areály především nízkých nadmořských výšek a proto je i v zájmu provozovatelů areálů věnovat vysokou pozornost studiu vlivu této změny na lyžařský průmysl.

Naopak velice malé množství studií se věnuje vlivu umělého zasněžování na odtoky horských potoků, půdním změnám na sjezdovkách či výraznému světelnému a hlukovému znečištění krajiny provozem skiareálů.

5. 2 Vegetační snímkování

Zřejmě nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím vegetační pokryvnost a druhovou bohatost jednotlivých snímků byly lokální hydrologické podmínky. Výrazný vliv měly jednotlivé svážnice křižující sjezdovou trať. Na takových místech se nacházely větší porosty např. *V. myrtillus* či *D. cespitosa*, což se shoduje se Štursou (2007). Spodní část sjezdovky byla druhově bohatší zejména o dvouděložné. Dominantní porosty na sjezdovce tvořily *Agrostis capillaris* (psineček obecný), *Festuca rubra* (kostřava červená), *Nardus stricta* (smilka tuhá), *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá) či *Galium boreale* (svízel severní), (viz Příloha 9. 1 – 9. 3). Přičemž právě *Festuca rubra* je typickým druhem travních osiv, díky kterým byla zavlečena i do těchto vyšších nadmořských výšek

Z ohrožených druhů byly zaznamenány silně ohrožený *Campanula bohemika* (zvonek český) a ohrožený *Dactylorhiza majalis* (prstnatec májový).



Obr. 8: Příklad jasně patrného rozdílu vegetace v okolí svážnic, sjezdovka Machytka.

6 Diskuze

Tato práce se svoji hlavní částí věnovala analýze české a zahraniční literatury, jenž vede k pochopení problematiky sjezdového lyžování a jeho střetu s ochranou horské přírody. Negativní vlivy provozu sjezdových tratí na horské ekosystémy nejsou v současné době tak intenzivní a změny znatelné, avšak s neustále se zvyšujícím zájmem o zimní turistiku lze předpokládat kumulativní vliv a zvýšení zátěže na horské polohy.

V oblasti studia vlivů sjezdového lyžování na faunu se obecně druhová diverzita snižuje, avšak u některých taxonomických skupin, jako např.: u pavouků (Negro a kol. 2009), je vyšší diverzita na sjezdovkách. Monitoringu jednotlivých taxonomických skupin živočichů by se proto měla věnovat vyšší pozornost, jelikož stále chybí dostatek vědeckých prací konkrétně věnovaných těmto určitým skupinám. Studium vlivu sjezdových tratí na např. malé savce by se mělo zaměřit na vliv umělého zasněžování a kosení na tuto skupinu živočichů (Hadley, Wilson 2004). Zajímavostí je, že taxonomickou skupinou, u které nebyl zkoumán vliv lyžařského průmyslu, jsou obojživelníci (Sato a kol. 2013), zde je velký prostor pro možný výzkum.

Světelné znečištění v rámci krajinného rázu je jasně patrné pouhým okem, avšak o vlivu hluku a světla při provozu sjezdových tratí na populace horských ptáků a savců se ví jen velmi málo.

V oblasti hydrologických poměrů je mezera ve studiích řešící problematiku vlivu odběrů vody na umělé zasněžování v době minimálních průtoků v zimním období a dopad na celoroční dostupnost vody pro obyvatele lyžařských skiareálů. Důležité bude také zavést dlouhodobý monitoring vlivu nukleačních činidel na přírodu.

Problematickou částí managementu výstavby a údržby sjezdovek je pochopení možnosti osetí narušených lokalit sjezdovek regionálně příslušnou směsí rostlinného materiálu (Meijer zu Schlochtern a kol. 2014). Věda by se v této problematice měla zaměřit na možnost propojení vědeckých výzkumů a komerční sféry při výrobě speciálních osetních směsí (Ivana Jongepierová, III. 2018, in verb.).

Velice inspirativním příkladem najití možného kompromisu mezi zájmy ochrany přírody a zimní turistikou je projekt *Krkonoše – lyžařský běžecký ráj* (Štursa, Hřebačka 2013). Při vzniku tohoto projektu došlo k rozsáhlé diskuzi, kdy se řešily otázky možných střetů úpravy desítek kilometrů běžeckých tras s ochranou přírody. Tímto zdařilým projektem by se měla inspirovat diskuze o začlenění rozvoje lyžařského průmyslu např. do plánů péče. Důležitým popularizačním faktorem je však nutnost správ národních parků hledat právě podobné typy kompromisů, aby značka Národní park pouze nepředstavovala symbol zákazů či omezení.

Při správném a k přírodě citlivém zavedení managementu mohou být sjezdové tratě i vhodným stanovištěm např. pro *V. myrtillus*, která vykazuje na sjezdových tratích dokonce vyšší produkci květů a plodů než v okolí (Zeidle, Banaš 2016) či pro konkurenčně slabší druhy (Kocková 2011), viz kapitola 3. 5. 4 Plavuníky.

V této práci se nevěnuje pozornost v poslední době velmi populárnímu freeridingu, lyžování mimo sjezdové tratě. Při tomto sportu se může vliv lyžařských areálů rozšiřovat do daleko větších území, vegetace v přilehlých lesích sjezdovek trpí značným poškozením (Neradilová 2008) a bylo by tak na místě se této problematice také dále věnovat.

Studium zimní horské ekologie obohacené o antropogenní vlivy je komplexní a širokou vědou. Většina výzkumů je na začátku pochopení problematiky této části ekologie a v budoucnu je zde velký prostor pro zkoumání. Existencí sjezdových tratí a jejich vlivů na horskou přírodu se zabývají vědecké výzkumy již od 70. let 20. století, avšak u spousty studií chybějí dlouhodobá sledování.

7 Závěr

Cílem literární rešerše této bakalářské práce je napomoci pochopit složitý střet sjezdového lyžování a horské přírody. Naprostá většina vědeckých prací pochází z oblastí vysokých hor a dobře se rozvíjejícího zimního turismu. V České republice se jedná o hory Jeseníků, Krkonoš a v celosvětovém měřítku zejména o alpské země.

Po analýze literatury se dochází k závěru, že obecných prací věnujících se vlivům sjezdového lyžování je poměrně hojné množství, ale je zde velký prostor pro daleko aplikovanější studie, zabývající se detailními hypotézami.

V diskuzní části tato práce přináší několik možných návrhů na výzkum a může tak přispět k zodpovězení dalších otázek v řešené problematice.

8 Seznam literatury

BANAŠ M., ZEIDLER M., DUCHOSLAV M., HOŠEK J., 2010: Growth of Alpine ladyfern (*Athyrium distentifolium*) and plant species composition on a ski piste in the Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic. *Annales Botanici Fennici* 47., 280-292.

BARANOVÁ M., 2007: Vliv zasněžování na kvalitu vody a sedimentu ve vybraných tocích Krkonoš. Karlova univerzita v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí. 119 str.. Diplomová práce. „nepublikováno“.

BARNETT T. P., ADAM J. C., LETTENMAIER D. P., 2005: Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature* 438(17)., 303-309.

BARNI E., FREPPAZ M., SINISCALCO C., 2007: Interactions between Vegetation, Roots, and Soil Stability in Restored High-altitude Ski Runs in the Alps. *Arctic, Antarctic and Alpine research* 39(1)., 25-33.

BAŠTA J., 2005: Bílé noci krkonošské. *Krkonoše – Jizerské hory* 5., 12-13.

BAŠTA J., 2013: K historii Krkonošského národního parku. *Živa* 4., 65-69.

BEHAN M. J., 1983: The Suitability of Commercially Available Grass Species for Revegetation of Montana Ski Area. *Journal of Range Management* 36(5)., 565-567.

BENISTON M., KELLER F., KOFFI B., GOYETTE S., 2003: Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climatic conditions. *Theoretical and Applied Climatology* 76., 125-140.

BREILING M., CHARAMZA P., 1999: The impact of global warming on winter tourism and skiing: a regionalised model for Austrian snow conditions. *Regional Environmental Change* 1(1), 4-14.

BRYCHTOVÁ J., HOLLAN J. a KRAUSE J., 2005: Vyhodnocení vlivu umělého osvětlení vybraných lyžařských areálů na přírodu a krajinu území KRNAP a jeho ochranného pásma. Ms. Správa KRNAP Vrchlabí. 70 str.

BUJALSKÝ L., 2010: Světelné znečištění způsobené umělým osvětlením sjezdovek v Krkonošském národním parku. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí. 71 str. Diplomová práce. „nepublikováno“.

BURT J. W., RICE K. J., 2009: Not all ski slopes are created equal: Disturbance intensity affects ecosystem properties. *Ecological Applications* 19(8)., 2242-2253.

CAPRIO E., CHAMBERLAIN D. E., ISAIA M., ROLANDO A., 2011: Landscape changes caused by high altitude ski-pistes affect bird species richness and distribution in the Alps. *Biological Conservation* 144., 2958-2967.

CAPRIO E., CHAMBERLAIN D., ROLANDO A., 2014: Skiing, birds and biodiversity in the Alps. *Sborník z výroční konference BOU 2014 – Ecology and conservation of birds in upland and alpine habitats*, 1219-1224.

DAMM A., KÖBERL J., PRETTENTHALER F., 2014: Does artificial snow production pay under future climate conditions? – A case study for a vulnerable ski area in Austria. *Tourism Management* 43., 8-21.

DAMM A., GREUELL W., LANDGREN O., PRETTENTHALER F., 2017: Impacts of +2 °C global warming on winter tourism demand in Europe. *Climate Services* 7., 31-46.

DAVID G. C. L., BLEDSOE B. P., MERRITT D. M., WOHL E., 2009: The impacts of ski slope development on stream channel morphology in the White River National Forest, Colorado, USA. *Geomorphology* 103., 375-388.

DAVIES K. F., MARGULES CH. R., LAWRENCE J. F., 2000: Which traits of species predict population declines in experimental forest fragments?. *Ecology - Ecological Society of America* 81(5)., 1450-1461.

DAWSON J., SCOTT D., 2013: Managing for climate change in the alpine ski sector. *Tourism Management* 35., 244-254.

DELGADO R., SÁNCHEZ-MARAÑÓN M., MARTÍN-GARCÍA J. M., ARANDA V., SERRANO-BERNARDO F., ROSÚA J. L., 2007: Impact of ski pistes on soil properties: a case study from a mountainous area in the Mediterranean region. *Soil Use and Management* 23., 269-277.

DROBILÍKOVÁ E., 2013: Analýza environmentální situace lyžařských sjezdových areálů v chráněných územích. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie. 55 str. Diplomová práce. „nepublikováno“.

DULÍNKOVÁ L., 2004: Druhová bohatost a citlivost lučního společenstva k vlhkostním výkyvům prostředí. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. 36 str. Bakalářská práce. „nepublikováno“.

EBERMANNOVÁ P., 2011: Kolonizace zatravněných luk cílovými druhy ve vztahu k jejich výskytu v okolí. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta. 48 str. Bakalářská práce. „nepublikováno“.

- ELSASSER H., BURKI R., 2002: Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research* 20(3)., 253-257.
- ERICKSON N., 1980: A short history of snowmaking. *Ski Area Manage* 19., 31-33.
- FALK M., VANAT L., 2016: Gains from investments in snowmaking facilities. *Ecological Economics* 130., 339-349.
- FIEDLEROVÁ J., 2010: Udržitelný turismus a ochrana přírody v NP se zaměřením na NP Šumava. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká univerzita, Ústav pro životní prostředí. 35 str. Bakalářská práce. „nepublikováno“.
- FLOUSEK J., 2010: Koncepce monitoringu a výzkumu v Krkonošském národním parku (2010-2020). Ms. Správa KRNAP Vrchlabí. 55 str.
- FLOUSEK J., 2016: Vliv lyžování na horskou přírodu: shrnutí současných poznatků a stav v Krkonoších. *Opera Corcontica* 53., 15-60.
- FLOUSEK J., HARČARIK J., 2009: Sjezdové lyžování a ochrana přírody. *Ochrana přírody* 6., 8-10.
- FRANCIS C. D., BARBER J. R., 2013: A framework for understanding noise impacts on wildlife: an urgent conservation priority. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(6)., 305-313.
- GILABERTE-BÚRDALO M., LÓPEZ-MARTÍN F., PINO-OTÍN M. R., LÓPEZ-MORENO J. I., 2014: Impacts of climate change on ski industry. *Environmental Science and Policy* 44., 51-61.
- HADLEY G. L., WILSON K. R., 2004: Patterns of density and survival in small mammals in ski runs and adjacent forest patches. *Journal of wildlife management* 68(2)., 288-298.
- HÉDL R., HOUŠKA J., BANAŠ M., ZEIDLER M., 2012: Effects of skiing and slope gradient on topsoil properties in an alpine environment. *Polish Journal of Ecology* 60(3)., 491-501.
- ILLICH I. P., HASLETT J. R., 1994: Responses of assemblages of Orthoptera to management and use of ski slopes on upper sub-alpine meadows in the Austrian Alps. *Oecologia* 97., 470-474.
- JONES H. G., DEVARENNE G., 1995: The chemistry of artificial snow and its influence on the germination of mountain flora. *Biogeochemistry of Seasonally Snow-Covered Catchments*, sborník Boulder Symposium 1995., 355-360.

KAMMER P. M., 2002: Floristic changes in subalpine grasslands after 22 years of artificial snowing. *Journal for Nature Conservation* 10., 109-123.

KANGAS K., TOLVANEN A., KÄLKÄJÄ T., SIIKAMÄKI P., 2009: Ecological Impacts of Revegetation and Management Practices of Ski Slopes in Northern Finland. *Environmental Management* 44., 408-419.

KANGAS K., VUORI K. - M., MÄÄTTÄ-JUNTUNEN H., SIIKAMÄKI P., 2012: Impacts of ski resorts on water quality of boreal lakes: a case study in northern Finland. *Boreal environment research* 17., 313-325.

KAŠÁK J., MAZALOVÁ M., ŠIPOŠ J., KURAS T., 2013: The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles: does even a nature-friendly management make a change?. *Journal of Insect Conservation* 17., 975-988.

KELLER T., PIELMEIER CH., RIXEN CH., GADIENT F., GUSTAFSSON D., STÄHLI M., 2004: Impact of artificial snow and ski-slope grooming on snowpack properties and soil thermal régime in a sub-alpine ski area. *Annals of Glaciology* 38., 314-318.

KOCKOVÁ J., 2008: Srovnání vegetace sjezdových tratí s umělým a přírodním sněhem v CHKO Bílé Karpaty a v CHKO Beskydy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky. 29 str. Bakalářská práce. „nepublikováno“.

KOCKOVÁ J., 2011: Srovnání vegetace sjezdových tratí s umělým a přírodním sněhem v CHKO Bílé Karpaty a v CHKO Beskydy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky. 37 str. Diplomová práce. „nepublikováno“.

KOENIG U., ABEGG B., 1997: Impacts of Climate Change on Winter Tourism in the Swiss Alps. *Journal of Sustainable Tourism* 5(1)., 46-58.

KUNCOVÁ D., 2015: Flóra a vegetace lyžařských sjezdových tratí v Deštném v Orlických horách a okolí. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie. 126 str. Diplomová práce. „nepublikováno“.

LAGRIFFOUL A., BOUDENNE J. L., ABSI R., BALLEST J. J., BERJEAUD J. M., CHEVALIER S., CREPPY E. E., GILLI E., GADONNA J. P., GADONNA-WIDHEM P., MORRIS C. E., ZINI S., 2010: Bacterial-based additives for the production of artificial snow: What are the risks to human health?. *Science of the Total Environment* 408., 1659-1666.

LAIOLO P., ROLANDO A., 2005: Forest bird diversity and ski-runs: a case of negative edge effect. *Animal conservation* 7., 9-16.

LÓPEZ-MORENO J. I., GOYETTE S., BENISTON M., 2008: Climate change prediction over complex areas: spatial variability of uncertainties and predictions over the Pyrenees from a set of regional climate models. *International Journal of Climatology* 28., 1535-1550.

MARTIN K., 2013: The Ecological Values of Mountain Environments and Wildlife. *The Impacts of Skiing on Mountain Environments* 3., 3-29.

MEIJER ZU SCHLOCHTERN M. P., RIXEN CH., WIPF S., CORNELISSEN J. H. C., 2014: Management, winter climate and plant-soil feedbacks on ski slopes: a synthesis. *Ecological Research* 29., 583-592.

MEYER E., 1993: The impact of summer- and winter tourism on the fauna of alpine soils in western Austria (Oetztal Alps, Rätikon). *Austria. Journal article : Revue Suisse de Zoologie* 100(3)., 519-527.

NEGRO M., ISAIA M., PALESTRINI C., ROLANDO A., 2009: The impact of forest ski-pistes on diversity of ground-dwelling arthropods and small mammals in the Alps. *Biodiversity and Conservation* 18., 2799-2821.

NELLEMANN CH., JORDHØY P., STØEN O. - G., STRAND O., 2000: Cumulative Impacts of Tourist Resorts on Wild Reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) during Winter. *Arctic* 53., 9-17.

NERADILOVÁ Z., 2008: Vliv lyžařských středisek na Moravě na životní prostředí. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav. 66 str. Bakalářská práce. „nepublikováno“.

NEWESELY C., CERNUSCA A., BODNER M., 1994: Entstehung und Auswirkung von Sauerstoffmangel im Bereich unterschiedlich präparierter Schipisten. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 23., 277–282.

PATTHEY P., WIRTHNER S., SIGNORELL N., ARLETTAZ R., 2008: Impact of outdoor winter sports on the abundance of a key indicator species of alpine ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 45., 1704-1711.

PÜTZ M., GALLATI D., KYTZIA S., ELSASSER H., LARDELLI C., TEICH M., WALTERT F., RIXEN CH., 2011: Winter Tourism, Climate Change, and Snowmaking in the Swiss Alps: Tourists' Attitudes and Regional Economic Impacts. *Mountain Research and Development* 31(4)., 357-362.

RIES J. B., 1996: Landscape damage by skiing at the Schauinsland in the Black forest, Germany. *Mountain Research and Development* 16(1), 27-40.

RICHARDSON G. R., SALISBURY F. B., 1977: Plant response to light penetrating snow. *Ecology* 58., 1152-1158.

RIXEN CH., STOECKLI V., HUOVINEN CH., HUOVINEN K., 2001: The phenology of four subalpine herbs in relation to snow cover characteristics. *Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer Schemes and Large-Scale Hydrological Models*, sborník the Sixth IAHS Scientific Assembly at Maastricht, the Netherlands, 2001., 359-362.

RIXEN CH., STOECKLI V., AMMANN W., 2003: Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes?. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 5(4), 219-230.

RIXEN CH., HAEBERLI W., STOECKLI V., 2004: Ground Temperatures under Ski Pistes with Artificial and natural Snow. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 36(4), 419-427.

RIXEN CH., FREPPAZ M., STOECKLI V., HUOVINEN CH., HUOVINEN K., WIPF S., 2008: Altered Snow Density and Chemistry Change Soil Nitrogen Mineralization and Plant Growth. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 40(3), 568-575.

ROLANDO A., CAPRIO E., RINALDI E., ELLENA I., 2007: The impact of high-altitude ski-runs on alpine grassland bird communities. *Journal of Applied Ecology* 44., 210-219.

ROLANDO A., NEGRO M., D'ENTRÈVES P. P., BALLETO E., PALESTRINI C., 2013: The effect of forest ski-pistes on butterfly assemblages in the Alps. *Insect Conservation and Diversity* 6., 212-222.

ROUX-FOUILLET P., WIPF S., RIXEN CH., 2011: Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *Journal of Applied Ecology* 48., 906-915.

RUTTY M., SCOTT D., JOHNSON P., PONS M., STEIGER R., VILELLA M., 2017: Using ski industry response to climatic variability to assess climate change risk: An analogue study in Eastern Canada. *Tourism Management* 58., 196-204.

SANECKI G. M., GREEN K., WOOD H., LINDENMAYER D., 2006: The implications of snow-based recreation for small mammals in the subnivean space in south-east Australia. *Biological conservation* 129., 511-518.

- SATO C. F., WOOD J. T., LINDENMAYER D. B., 2013: The Effects of Winter Recreation on Alpine and Subalpine Fauna: A Systematic Review and Meta-Analysis. PLOS ONE 8(5), e64282.
- SATO C. F., WOOD J. T., SCHRODER M., GREEN K., MICHAEL D. R., LINDENMAYER D. B., 2014a: The impacts of ski resorts on reptiles: a natural experiment. *Animal conservation* 17., 313-322.
- SATO C. F., WOOD J. T., SCHRODER M., MICHAEL D. R., OSBORNE W. S., GREEN K., LINDENMAYER D. B., 2014b: Designing for conservation outcomes: the value of remnant habitat for reptiles on ski runs in subalpine landscapes. *Landscape Ecology* 29., 1225-1236.
- SKLENÁŘ P., VOJTA J., 2014: Význam sněhové pokrývky v ekologii rostlin. *Geografické rozhledy* 23(3), 18-19.
- SPANDRE P., FRANCOIS H., GEORGE-MARCELPOIL E., MORIN S., 2016: Panel based assessment of snow management operations in French ski resorts. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 16., 24-36.
- STEIGER R., MAYER M., 2008: Snowmaking and Climate Change. *Mountain Research and Development* 28(3/4), 292-298.
- STOECKLI V., RIXEN CH., 2000: Characteristics of artificial snow and its effect on vegetation. sborník the International Snow Science Workshop (eds. K Birkeland, E. Adams & F. Johnson), American Avalanche Association, Bozeman USA, Big Sky, Montana (USA) 2000. 468–471.
- ŠTURSA J., 2007: Ekologické aspekty sjezdového lyžování v Krkonoších. *Opera Corcontica* 44(2), 603-616.
- ŠTURSA J., HŘEBAČKA J., 2013: Půl století prvního českého národního parku. *Ochrana přírody* 2., 2-6.
- TÖRN A., TOLVANEN A., NOROKORPI Y., TERVO R., SIIKAMÄKI P., 2009: Comparing the impacts of hiking, skiing and horse riding on trail and vegetation in different types of forest. *Journal of Environmental Management* 90., 1427-1434.
- TREML P., HANEL M., KAŠPÁREK L., NOVICKÝ O., BŘEZINA S., 2012: Vliv odběrů vody pro technické zasněžování na odtokovou výšku hlavních toků v Krkonoších. *Opera Corcontica* 49., 73-87.

TSUYUZAKI S., 1990: Species Composition and Soil Erosion on a Ski Area in Hokkaido, Northern Japan. *Environmental Management* 14(2)., 203-207.

UKKOLA M., HELLE P., HUHTA E., JOKIMAKI J., KAISANLAHTI-JOKIMAKI M. - L., 2007: The impacts of ski resorts on wildlife in northern Finland. *Environmental, Local Society and Sustainable Tourism* 50., 31-41.

URBANSKA K. M., ERDT S., FATTORINI M., 1998: Seed Rain in Natural Grassland and Adjacent Ski Run in the Swiss Alps: A Preliminary Report. *Restoration Ecology* 6(2)., 159-165.

VOJTEK M., FAŠKO P., ŠŤASTNÝ P., 2003: Some selected snow climate trends in Slovakia with respect to altitude. *Acta Mathematica Universitatis Comenianae* 32., 17-27.

WIPF S., RIXEN CH., FISCHER M., SCHMID B., STOECKLI V., 2005: Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. *Journal of Applied Ecology* 42., 306-316.

YANG J., WAN CH., 2010: Progress in Research on the Impacts of Global Climate Change on Winter Ski Tourism. *Advances in Climate Change Research* 1(2)., 55-62.

ZEIDLER M., BANAŠ M., HÉDL R., HOUŠKA J., 2013: Stopy sjezdového lyžování v půdě. *Živa* 2., 42.

ZEIDLER M., BANAŠ M., 2014: Důsledky sjezdového lyžování nejen pro dekompozici. *Ochrana přírody* 6., 26-28.

ZEIDLER M., BANAŠ M., 2016: Sjezdová trať-spása, nebo prokletí? Odezva keříčkových porostů s borůvkou na existenci sjezdové tratě. *Ochrana přírody* 4., 34-37.

ZEIDLER M., DUCHOSLAV M., BANAŠ M., 2016: How alpine heathlands response to the snow cover change on the ski slope? Long-lasting ski slope impact case study from the Hrubý Jeseník Mts. (Central Europe). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 85(2)., 3504 (9-11).

9 Přílohy

9. 1 Záznam výskytu jednoděložných rostlin

Druh (dle Kubát a kol.)	T1 70%	T2 75%	T3 85%	T4 72%	T5 80%	T6 80%	T7 80%	T8 60%
<i>Agrostis capillaris</i> L.	20	30	5	+	10	15	20	11
<i>Festuca rubra</i> L.	20	10	14	15	5	10	25	35
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.B.	20	0,1	5		5	10	10	4
<i>Nardus stricta</i> L.	10	3	40	30	+	10		10
<i>Carex pallescens</i> L.	0,5							
<i>Carex pilulifera</i> L.	0,5	0,1			+			
<i>Poa chaixii</i> Vill.	1				R			
<i>Luzula campestris</i> (L.) DC s. str.	+	0,1						
<i>Juncus filiformis</i> L.	+	3			2	5	2	R
<i>Juncus squarrosus</i> L.	R	0,1	20	10	3		3	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.		0,5	3		5	12	15	
<i>Phleum rhaeticum</i> (Humphries) Rauschert		+						
<i>Luzula luzuloides</i> (Lamk.) Dandy et Wilmott		0,1	1	2	15	5	+	+
<i>Holcus mollis</i> L.		+				3	2	
<i>Poa pratensis</i> L.		+						
<i>Calamagrostis villosa</i> (Chaix) J. F. Gmelin		25	2	+	25	10		
<i>Phleum pratense</i> L.		R						
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer		3		15				
<i>Carex ovalis</i> Good.					5		1	
<i>Poa sp.</i>							2	

Tab. 1: Seznam jednoděložných rostlin a jejich pokryvnost na jednotlivých vegetačních sítmcích.

9. 2 Záznam výskytu dvouděložných rostlin

Druh (dle Kubát a kol. 2002)	T1 20%	T2 20%	T3 5%	T4 18%	T5 20%	T6 18%	T7 20%	T8 10%
<i>Ranunculus acris</i> L.	2							
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	+				R			
<i>Hieracium aurantiacum</i> L.	8	9						
<i>Galium boreale</i> L.	5	10	1	3	15	15	12	2
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,5	0,5	4	14	4	3	5	5
<i>Leontodon hispidus</i> L.	0,5							2
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill	0,1					+		
<i>Senecio ovatus</i> (G., M. et Sch.) W	+				+	R		
<i>Rumex arifolius</i> All.	0,5							
<i>Campanula bohemica</i> Hruby	0,5	+						
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	2							
<i>Phyteuma spicatum</i> L.	+							
<i>Hieracium</i> sp.	R	R			+		R	1
<i>Rhinanthus pulcher</i> Schummel	R		+	R	+		+	
<i>Gnaphalium sylvaticum</i> L.	+							+
<i>Pilosella</i> sp.	R							
<i>Cerastium vulgatum</i> auct.	R	+						
<i>Salix</i> sp.		0,5	R	+				
<i>Hypericum maculatum</i> Crantz		+						
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel		R	R	1				
<i>Potentilla aurea</i> L.		R						
<i>Rumex acetosella</i> L.		+			1	R		
<i>Solidago virgaurea</i> L.		R						
<i>Picea abies</i> (L.) Karsten			R	R				
<i>Gentiana asclepiadea</i> L.					R	R	3	
<i>Sorbus aucuparia</i> L.						R		

Tab. 2: Seznam dvouděložných rostlin a jejich pokryvnost na jednotlivých vegetačních snímcích.

9. 3 Záznam základních informací o jednotlivých vegetačních snímcích

číslo snímku	pokryvnost (%)	GPS	nadmořská výška (m n. m.)	počet druhů
T1	90	50 44 04, 569 S; 15 34 26, 250 V	1045	27
T2	95	50 44 07, 225 S; 15 34 29, 550 V	1058	28
T3	90	50 44 09, 270 S; 15 34 32, 300 V	1078	14
T4	90	50 44 12, 130 S; 15 34 35, 120 V	1095	14
T5	100	50 44 14, 869 S; 15 34 36, 017 V	1110	19
T6	98	50 44 17, 600 S; 15 34 38, 302 V	1146	16
T7	100	50 44 20, 584 S; 15 34 40, 552 V	1183	15
T8	70	50 44 22, 490 S; 15 34 42, 097 V	1206	12

Tab. 3: Základní informace o jednotlivých vegetačních snímcích