

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Srovnání vegetace sjezdových tratí
s umělým a přírodním sněhem v CHKO
Bílé Karpaty a v CHKO Beskydy**

Diplomová práce

Bc. Jitka Kocková

Školitelka: RNDr. Jana Jersáková, PhD.
(PŘF JU)

České Budějovice 2011

Kocková J. (2011): Srovnání vegetace sjezdových tratí s umělým a přírodním sněhem v CHKO Bílé Karpaty a v CHKO Beskydy. [Comparison of vegetation on ski slopes with artificial or natural snow in CHKO Bílé Karpaty and CHKO Beskydy. Mgr. Thesis, in Czech]. – 33 p., Faculty of Sciences, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation

Vegetation cover of 24 ski slopes both with artificial and natural snow was studied; on each slope 5 phytocenological relevés measuring 4 x 4 metres were taken. A method of direct gradient analysis (RDA) was used to detect differences in composition of phytocenological relevés on the ski slopes with natural or artificial snow. However, no impact of use of artificial snow on vegetation was identified.

During the winter season of 2009 and of 2010 samples of artificial and natural snow were taken for chemical analyses. The chemical composition differed significantly; artificial snow contained more NO_3^- , SO_4^{2-} and Ca^{2+} ions and its pH was more alkaline in comparison with natural snow.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 5. 1. 2011

Jitka Kocková

Poděkování

Především bych chtěla poděkovat své školitelce Janě Jersákové za čas věnovaný konzultacím a pročítání práce, dále také správám CHKO Bílé Karpaty a CHKO Beskydy a majitelům sjezdovek za poskytnuté informace. Petru Kouteckému a Milanu Štechovi děkuji za pomoc s určováním rostlin, Petru Šmilauerovi za rady ohledně statistického vyhodnocení dat programem Canoco. Pavlu Kúrovi patří můj dík za rady ohledně statistiky a pomoc s určováním rostlin. Za rady týkající se odběru vzorků sněhu bych chtěla poděkovat panu Josefu Hejzlarovi a panu Janu Kopáčkovi z Hydrobiologického ústavu AV ČR. Tomáši Pickovi děkuji za zapůjčení různých věcí na odběr vzorků v terénu a za zprostředkování analýz dusíku.

V neposlední řadě patří dík i mé rodině za asistenci při sběru dat v terénu a mým kolegům za to, že to se mnou vydrželi...

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1. Sjezdové lyžování.....	1
1.2. Změna klimatu.....	1
1.3. Výstavba a provoz sjezdových tratí.....	2
1.4. Umělý sníh.....	3
1.5. Ovlivnění půdy a vodního režimu.....	4
1.6. Vliv lyžování na vegetaci.....	5
1.7. Vliv lyžování na faunu.....	6
1.8. Cíle práce.....	7
2. Metodika	8
2.1. Charakteristika jednotlivých lokalit.....	8
2.2. Sběr fytoocenologických dat.....	8
2.3. Odebírání a chemická analýza vzorků sněhu.....	10
2.4. Statistické vyhodnocení dat.....	10
3. Výsledky	12
3.1. Porovnání vegetace sjezdovek s umělým a přírodním sněhem.....	12
3.2. Porovnání vegetace míst na sjezdovce s různou intenzitou lyžování.....	14
3.3. Zjištění rozdílů ve složení přírodního a umělého sněhu.....	14
3.4. Výskyt ohrožených rostlinných druhů na sjezdovkách.....	15
4. Diskuze	17
4.1. Porovnání vegetace sjezdovek s umělým a přírodním sněhem.....	17
4.2. Porovnání vegetace míst na sjezdovce s různou intenzitou lyžování.....	18
4.3. Zjištění rozdílů ve složení přírodního a umělého sněhu.....	18
5. Závěr	20
6. Literatura.....	21
7. Přílohy.....	27
7.1. Fytoocenologické snímky.....	27
7.2. Seznam rostlinných druhů nalezených na sjezdovkách a jejich zkratk.....	27
7.3. Další charakteristiky jednotlivých sjezdovek.....	29
7.4. Obrazová dokumentace.....	31

1. Úvod

1.1. Sjezdové lyžování

Sjezdové lyžování je velmi populárním a stále se rozvíjejícím sportovním odvětvím. Každoročně dochází k rozšiřování lyžařských areálů či výstavbě nových a zvyšují se také nároky na jejich technické vybavení, což s sebou přináší různá rizika pro životní prostředí, která jsou navíc často prozkoumána jen v omezené míře. Horské ekosystémy často patří mezi jedny z nejzachovalejších ekosystémů, protože drsné přírodní podmínky neumožňují příliš husté trvalé osídlení, a zároveň jsou to ekosystémy poměrně citlivé na zásahy (STRONG ET AL. 2002). Narušení životního prostředí a krajinného rázu není spojeno jen se samotnou výstavbou a provozováním lyžařských svahů, ale také s budováním dalších čtených infrastruktur, jako jsou například přístupové cesty, parkoviště, ubytovací zařízení nebo vodní nádrže pro výrobu umělého sněhu.

I přes možné změny klimatu vzniká tlak na rozšiřování stávajících či na výstavbu nových sjezdovek a na zavádění zasněžovacích systémů (ilustrační obrázek viz Přílohy, **Obr. 8**, str. 33) i v České republice, kde jsou sjezdovky v poměrně malé nadmořské výšce. Navíc je většina našich hor součástí chráněných krajinných oblastí nebo národních parků, takže často dochází ke konfliktům mezi provozovateli sjezdovek a orgány ochrany přírody vzhledem k možným a ne zcela prozkoumaným dopadům na životní prostředí (DOLEŽAL 2003).

1.2. Změna klimatu

Zimní sporty jsou také z důvodu jejich závislosti na množství sněhu a délce sezóny potencionálně nejvíc ohrožené změnou klimatu, zvláště sjezdovky v malé nadmořské výšce (BREILING & CHARAMZA 1999, ELSASSER & BÜRKI 2002, BENISTON ET AL. 2003a, BENISTON ET AL. 2003b). Některá střediska se již s problémy spojenými se změnami klimatu potýkají, v jiných oblastech byla mnohá střediska dokonce zrušena (HAMILTON ET AL. 2003). Podle některých odhadů se má nadmořská výška, ve které je ještě dostatek sněhu pro rentabilní provozování lyžařských středisek, posunout během příštích 30 let až o 300 m výše (ABEGG 1996). ABEGG (1996) dále uvádí, že lyžařský areál musí být v provozu alespoň 100 dní za sezónu, aby se ho vyplatilo vůbec provozovat, a při oteplení o 2 °C by takových sjezdovek zbylo jen 60 % ze současného počtu (ABEGG 2006).

S nedostatkem sněhu se lyžařské areály částečně vyrovnávají zaváděním výroby umělého sněhu (ELSASSER & MESSERLI 2001, KAMMER 2002, STEIGER 2007), ale vysoké zimní teploty často jeho výrobu neumožňují (HAMILTON ET AL. 2007). I přes vysoké

nákladyna výstavbu zasněžovacích systémů a jejich provoz (voda, elektrická energie) není tato technologie omezená jen na sjezdovky v nízké nadmořské výšce, ale stále častěji se používá jako prostředek k prodloužení sezóny také u výše položených sjezdovek (GOOD 1995). Další možností, jak se změnám klimatu přizpůsobit, je přesun středisek do vyšších nadmořských výšek, což je spojeno s dalšími riziky pro životní prostředí (KOENIG & ABEGG 1997).

1.3. Výstavba a provoz sjezdových tratí

Při výstavbě sjezdových tratí může docházet k rozsáhlým úpravám terénu, od výstavby lanovek, výkopů pro vodovodní potrubí na výrobu umělého sněhu až po srovnání celého povrchu sjezdovky (v extrémním případě spojené se stržením celého vegetačního krytu spolu se svrchní částí půdy). Dle mého názoru není v České republice tato drastická úprava povrchu sjezdovky tak častá jako jinde ve světě; v Bílých Karpatech a v Beskydech jsem měla možnost vidět takovéto úpravy v praxi pouze na jednom místě, a to v Beskydech na nově zrekonstruované sjezdovce Rališka (Horní Bečva).

Následkem tohoto zásahu bývá častá eroze (MOSIMANN 1985, BURT & RICE 2009), která je většinou neúspěšně napravována doséváním nepůvodních druhů (RUTH-BALAGANSKAYA & MYLLYNEN-MALINEN 2000). Aloctonní druhy mají obvykle problémy uchytit se v drsném horském prostředí a také mohou blokovat rekolonizaci místními druhy rostlin (BAYFIELD 1980, TSUYUZAKI 1993, VAN OMMEREN 2001, BARNI ET AL. 2007). Vhodnou alternativou se ukázalo využití místních rostlin při obnově rostlinného pokryvu sjezdovek nad horní hranicí lesa (FATTORINI 2001). Dobré zkušenosti s obnovou lučních společenstev pomocí místních druhů existují i přímo na území CHKO Bílé Karpaty, kde je možné pro tyto účely použít regionální směs osiva (JONGEPIEROVÁ I. & FAJMON K. 2008). Na druhou stranu existují ale i případy, kdy vysetí nepůvodních druhů zlepšilo možnosti uchycení původních druhů rostlin (BAYFIELD 1996). Eroze způsobená terénními úpravami může být dále v letním období prohloubena příliš intenzivní pastvou dobytka (RIES 1996), i když mírná pastva dobytka může snížit splavování semen vodou v řídké vegetaci – semena se zachycují v otiscích zvířecích kopyt (ISSELIN ET AL. 2006).

Narušená vegetace se také může stát náchylnější k invazi nepůvodních druhů (PICKERING ET AL. 2003, TITUS & LANDAU 2003), ačkoli horské ekosystémy nejsou k invazím tak náchylné jako polohy nižších nadmořských výšek (TITUS & TSUYUZAKI 1999).

1.4. Umělý sníh

Umělé zasněžování se postupně stává stále běžnější součástí provozu lyžařských středisek, ať už z důvodu nedostatku sněhu v sezóně nebo k jejímu prodloužení. V Rakousku je uměle zasněžována již polovina sjezdovek; v dalších alpských zemích není toto číslo tak vysoké, například ve Švýcarsku se počet zasněžovaných sjezdovek blíží 20 %, ve Francii 15 % (ABEGG 2006).

Umělý sníh se od přírodního liší svými fyzikálními i chemickými vlastnostmi. Struktura krystalů umělého sněhu je sférická (mikroskopová fotografie viz Přílohy, **Obr. 7**, str. 33), kdežto přírodní sníh tvoří dendritické krystaly (RIXEN ET AL. 2004b). Díky tomu je umělý sníh mnohem kompaktnější a ve stejné jednotce objemu obsahuje až dvojnásobné množství vody v porovnání s přírodním sněhem. Důsledkem je jeho snížená schopnost tepelně izolovat. K výrobě umělého sněhu se používají různé povrchové nebo podpovrchové zdroje vody, které mají přirozeně vyšší obsah minerálních látek (například dusičnanů, vápenatých iontů, síranů a chloridových iontů) než voda dešťová. Díky tomu může mít umělý sníh až 4 krát větší konduktivitu než sníh přírodní a na vegetaci má tak účinky podobné hnojení (RIXEN ET AL. 2002). Někdy může být tento efekt zeslaben velkým množstvím vody z tajícího umělého sněhu, které živiny odplaví (WIPF ET AL. 2002). Povrchová voda také bývá obvykle alkaličtější než voda dešťová, takže i umělý sníh má pak vyšší pH (JONES & DEVARENNES 1995, KAMMER 2002).

Při výrobě umělého sněhu se někdy používají chemické nebo bakteriální přípravky, které umožňují tvorbu sněhu za vyšších teplot než bez těchto přísad. Aditiva fungují jako krystalizační jádra, a tím urychlují mrznutí kapek vody. Nejběžnějším přípravkem na trhu je Snomax, jehož základem je lyzát bakterie *Pseudomonas syringae* (www.snomax.ch). Tato bakterie se běžně vyskytuje na povrchu vegetace a obsahuje speciální typ bílkovin, které snižují bod tuhnutí vody. Sníh je tak možno vyrábět již při teplotách okolo -3 °C; bez aditiv je to možné teprve při -7 °C (RIXEN ET AL. 2003). Některé studie naznačují, že by lyzát této bakterie mohl mít patogenní účinky na rostliny (např. způsobování omrzlin), ale tato skutečnost zatím nebyla prokázána (RIXEN & STÖCKLI 2000, RIXEN ET AL. 2003). Na sjezdových tratích využívaných pro závodní lyžování se používají i některé další chemické látky (soli), jako například dusičnan amonný, které zpevňují povrch sněhu (RIXEN & STÖCKLI 2000), a zároveň působí jako silné hnojivo (RIXEN ET AL. 2002, RIXEN ET AL. 2008b). V některých našich horách je v cennějších partiích používání přísad do sněhu zakázáno, např. v Krkonoších (ŠTURSA 2007).

Nezanedbatelná je také spotřeba vody (viz následující kapitola) a elektrické energie na výrobu umělého sněhu – průměrná sjezdovka (o rozloze 10 ha) spotřebuje za jednu sezónu na výrobu sněhu 20 milionů litrů vody a 130 MWh elektrické energie (DOLEŽAL 2003). V okolí města Salzburgu dosahuje například spotřeba energie na zasněžování až 2 % roční spotřeby celého města (REITER ET AL. 2008).

1.5. Ovlivnění půdy a vodního režimu

Výše zmíněné horší izolační vlastnosti umělého sněhu a zkompaktnění sněhu na sjezdovkách s přírodním sněhem mohou působit změny půdních teplot. Tuto skutečnost se podařilo ve studii BANAŠE ET AL. (2010) prokázat pouze u zhutněného přírodního sněhu, kdy horší tepelná izolace umělého sněhu byla zřejmě vyrovnána jeho vyšší vrstvou. Naproti tomu ve studii RIXEN ET AL. (2001) byla teplota půdy nižší pod zhutněným umělým sněhem i pod zhutněným přírodním sněhem než u nenarušené sněhové pokrývky. Teplota půdy pod přírodním sněhem na plochách mimo sjezdovku se pohybuje obvykle okolo nuly (KELLER ET AL. 2004). Na sjezdovkách pouze s přírodním sněhem dochází k promrzání svrchních vrstev půdy vlivem zhutnění sněhové pokrývky (WIPF ET AL. 2001, RIXEN ET AL. 2004b, BANAŠ ET AL. 2007).

K extrémnímu ovlivnění půdy dochází v případě, pokud je výstavba sjezdovky spojena se stržením vegetačního krytu. Stabilitu půdy totiž významně ovlivňuje pokrývnost rostlin, jejich druhá bohatost a různorodost funkčních skupin (POHL ET AL. 2009). V půdě pak dochází k navýšení pH, ochuzení o organický materiál a k rozkladu půdních agregátů (FREPAZ ET AL. 2002, GROS ET AL. 2004, BARNI ET AL. 2007, GULERYUZ ET AL. 2010). Narušena je také schopnost půdy zadržovat vodu (PINTAR ET AL. 2009). Původní vlastnosti půdy se obtížně a pomalu regenerují, i když je vegetační pokryv sjezdovky obnoven dosetím (DELGADO ET AL. 2007).

Výroba umělého sněhu je náročná na spotřebu energie i vody. Voda je obvykle čerpána z místních přírodních zdrojů, a to v období, kdy mají toky přirozeně nejnižší hladinu vody (TENENBAUM 2001). Pokles vodní hladiny je například dobře patrný na Štrbském plese v Tatrách – jeho hladina poklesne během zimní sezóny až o jeden metr (ČERMÁK 2004). Voda vázaná v umělém sněhu se sice na jaře do ekosystému vrátí, ale její ztráty způsobené odparem při výrobě sněhu mohou být až 30 %. Jen v alpském regionu se takto z ekosystému ztratí za jednu zimní sezónu tolik vody, kolik spotřebuje město s 500 000 obyvateli za rok (DE JONG 2007). Dešťová voda má také kyselější pH než voda čerpána na zasněžování, což může mít v některých případech způsobit změny pH půdy (KAMMER 2002, CARAVELLO ET AL. 2006). Změny v krajině způsobené výstavbou sjezdovek se mohou projevit i na morfologii

samotných říčních koryt, které následkem eroze ukládají více sedimentů (DAVID ET AL. 2009) a v době tání sněhu mají větší průtok jednak díky používání umělého sněhu, jednak kvůli zrychlenému odtoku vody díky odlesnění (KOSCIELNY 2008).

1.6. Vliv lyžování na vegetaci

Změny ve vegetaci se projevují jak na sjezdovkách s přírodním sněhem, tak na sjezdovkách, kde se používá umělé zasněžování.

Jedním z důležitých faktorů ovlivňujících vegetaci je výška sněhové pokrývky a načasování jejího odtátí (KNIGHT ET AL. 1979, KELLER ET AL. 2005, RIXEN ET AL. 2010). Na sjezdovkách s umělým sněhem bývá výška sněhové pokrývky i přes zhutnění sněhu větší než na kontrolních plochách s přírodním sněhem mimo sjezdovku. Sjezdovky s přírodním sněhem mají naopak slabší vrstvu sněhové pokrývky než kontrolní plochy (RIXEN ET AL. 2004b). Sníh na sjezdovkách s umělým sněhem roztává v důsledku zhutnění i zvýšení sněhové pokrývky v průměru o 2 – 4 týdny později (ilustrační foto viz Přílohy, **Obr. 6**, str. 32) než na sjezdovkách se sněhem přírodním a na kontrolních plochách (RIXEN ET AL. 2001). To má za následek posuny ve fenologii rostlin (KELLER ET AL. 2004, RIXEN ET AL. 2004b, BANAŠ ET AL. 2010). Podle většiny studií jsou rostliny schopné opožděný začátek vegetační sezóny dohnat (BANAŠ ET AL. 2010); v některých případech může mít delší trvání sněhové pokrývky i pozitivní efekt, protože nad nevýhodami zkrácené sezóny převáží výhody vyplývající z ochrany před jarními holomrazy (WIPF ET AL. 2006, CHEN ET AL. 2008, WIPF ET AL. 2009). Zkrácení sezóny ovšem mívá za následek menší biomasu rostlin z uměle zasněžovaných sjezdovek v porovnání s biomasou rostlin z kontrolních ploch (WIPF ET AL. 2005, BANAŠ ET AL. 2010). Zvýšení sněhové pokrývky používáním umělého sněhu také pomáhá zmírnit mechanické poškození rostlin způsobené hranami lyží nebo pojezdy sněžných roleb. Tento efekt se uplatňuje hlavně v případě dřevin, které mají své obnovovací meristémy nad zemí (RIES 1996, WARDLE & FAHEY 2002, RIXEN ET AL. 2003, RIXEN ET AL. 2004a). Postupem času začnou na sjezdovkách s umělým sněhem převažovat druhy sněhových výležísek (přízpusobené na kratší vegetační sezónu a vyšší sněhovou pokrývku) a na sjezdovkách s přírodním sněhem se zvýší počet druhů vyfoukávaných míst (uzpůsobených na delší sezónu a zimní mrazy) (JONAS ET AL. 2008). U trav a časně kvetoucích druhů byl na sjezdovkách s umělým sněhem pozorován tím větší úbytek, čím více let byl umělý sníh používán (WIPF ET AL. 2005).

Pojezdy těžkých strojů mají za následek také tvorbu tzv. ledových vrstev (*ice layers*), které zhoršují průchodnost sněhové vrstvy pro plyny. Např. koncentrace kyslíku může pod

sněhem klesnout na tolik, že rostliny jsou pak náchylnější k poškození mrazem (NEWSELY 1997).

S používáním umělého sněhu souvisí také dodávky živin a vody (WIPF ET AL. 2005), které se projevují hlavně v oligotrofních nebo suchomilných společenstvech. Druhy preferující živinami bohatší stanoviště zvyšují na sjezdovkách s umělým sněhem svoji pokrývnost na úkor druhů ze sušších a na živiny chudších stanovišť (KAMMER 2002). Dodatek živin se může také projevit v nárůstu biomasy (RIXEN ET AL. 2008a).

1.7. Vliv lyžování na faunu

Negativní působení lyžařských středisek a jejich provozu na faunu tkví hlavně ve fragmentaci biomů (např. průseky v lese), zvýšené hlukové zátěži a případně světelném znečištění při nočním lyžování. Na drobná zvířata, jako jsou například členovci, mají vliv i další faktory, např. používání umělého sněhu nebo disturbance vegetace a půdy.

Sjezdové tratě, které vznikly jako průseky v lese, vytvářejí překážku pro mnohé druhy přizpůsobené na kontinuální lesní porost (NEGRO ET AL. 2009). Tento negativní efekt může být zmírněn například ponecháním stromových ostrůvků, což má pozitivní vliv například na výskyt hrabošů (HADLEY & WILSON 2004). Drobní savci, kteří aktivují pod sněhem, navíc nemají na sjezdovkách dostatek prostoru díky zhutnění sněhové pokrývky; tento efekt se ještě významněji projevuje na sjezdovkách s odstraněnou vegetací (SANECKI ET AL. 2006).

Společenstva bezobratlých na sjezdovkách jsou ochuzena o mnoho druhů oproti kontrolním plochám. Sjezdovky například hostí méně druhů kobylek (Orthoptera) a i jejich populace jsou řidší díky disturbanci půdy (ILLICH & HASLETT 1994), dále méně druhů brouků díky disturbancím vegetace (NEGRO ET AL. 2009) i pavouků (NEGRO ET AL. 2010). Na druhou stranu na lesních sjezdovkách často najdou vhodné prostředí druhy brouků otevřených stanovišť, a to z nižších i z vyšších nadmořských výšek, kde se otevřená společenstva přirozeně vykytují (STRONG ET AL. 2002).

Dobrymi bioindikátory změn v půdě se ukázala být společenstva žížal, která citlivě reagují na změny půdního pH způsobené používáním umělého sněhu. Společenstva žížal na sjezdovce a mimo sjezdovku se sice nelišila v počtu druhů, ale celková početnost jedinců byla na sjezdovce menší (CARAVELLO 2006).

Díky zvýšenému hluku v okolí sjezdovek byl zaznamenán úbytek vzácných druhů ptáků, např. tetřívků (PATTHEY ET AL. 2008) nebo tetřevů (THIEL ET AL. 2008). Sjezdovky nad horní hranicí lesa vykazují menší druhovou diverzitu i početnost ptáků v porovnání s lyžováním neovlivněnými lučními společenstvy. Jednou z příčin může být menší početnost

členovců na sjezdovkách, kterými se ptáci živí (ROLANDO ET AL. 2007). Okraje sjezdovek vzniklých jako průsek v lese se ukázaly být nevhodným biotopem pro ptačí druhy, které jsou vázány na ekotonová společenstva při přechodu les/louka (popřípadě pastvina). Menší druhová bohatost je způsobena náhlým přechodem lesa ve sjezdovku bez přítomnosti pásu keřů (LAIOLO & ROLANDO 2005). V ptačích populacích se také začínají objevovat druhy pro horské ekosystémy nepůvodní (např. vrány), ale s tím spojený úbytek druhů původních (tetřivci, bělokurové) se nepodařilo prokázat (WATSON 1979). Ruch v okolí sjezdovek způsobuje také snížení stavu velkých savců, například losů (MORRISON ET AL. 1995).

Vliv světelného znečištění bývá většinou posuzován jen z hlediska krajinného rázu. Nasvětlené sjezdovky jsou v krajině zdálky viditelné a hladiny světelného znečištění v okolí sjezdovek jsou blízké městským hodnotám. Negativní vliv lze zmírnit využitím vhodných technologií, ale díky velké odrazivosti světla od bílého povrchu sjezdovky (až 90 %) je účinnost těchto opatření omezená (KRAUSE ET AL. 2005). Zatím nebyl studován vliv osvětlení sjezdovek např. na tahy ptáků nebo způsob života nočních zvířat.

1.8. Cíle práce

Vlivy lyžování na přírodu jsou studovány hlavně v zemích, kde má sjezdové lyžování výsadní a tradiční postavení jako součást turistického ruchu dané země. Výše citované studie jsou až na výjimky z alpských zemí Evropy, severoamerických lyžařských středisek a Japonska. Tyto práce jsou obvykle věnované sjezdovým tratím nad horní hranicí lesa nebo sjezdovkám, které vznikly jako průseky v lese. V České republice probíhá nebo proběhlo takových studií zatím jen málo (např. BANAŠ ET AL. 2007, NERADILOVÁ 2008). V studované oblasti Bílých Karpat a Beskyd jsou sjezdovky specifické tím, že jsou zakládány na loukách sekundárního bezlesí, které vznikalo dlouhodobým působením člověka v této krajině – kosením a pastvou. Vliv sjezdového lyžování na tato společenstva může být nepodobný dopadu lyžování na luční společenstva nad horní hranicí lesa. Zvyšující se tlak ze strany provozovatelů sjezdových tratí na rozšiřování stávajících sjezdovek či výstavbu nových vyvolal potřebu zdokumentování stavu a případných změn vegetace na těchto sjezdovkách.

Cíle mé práce byly následující:

- 1) Porovnání vegetace sjezdovek s umělým a přírodním sněhem.
- 2) Porovnání vegetace míst na sjezdovce s různou intenzitou lyžování.
- 3) Zjištění rozdílů ve složení přírodního a umělého sněhu.
- 4) Vytvoření podkladů pro další studium vegetace sjezdovek pro CHKO.

2. Metodika

2.1. Charakteristika jednotlivých lokalit

V CHKO Bílé Karpaty a v jižní části CHKO Beskydy (Vsetínské vrchy) byly vybrány luční sjezdovky s podobným managementem (tj. pravidelně kosené a jinak hospodářsky nevyužívané). Pro zvýšení počtu sjezdovek bylo zařazeno i po dvou sjezdovkách z CHKO Biele Karpaty a CHKO Kysuce poblíž slovenských hranic. V sezónách 2007 – 2010 bylo celkem osnímkováno 24 sjezdovek (viz **Tab. 1**).

Území CHKO Bílé Karpaty a CHKO Beskydy jsou si vzájemně podobné z hlediska geologie i pedologie. Geologické podloží obou oblastí je tvořeno flyšovými usazeninami (střídání vrstev jílovců, prachovců, pískovců a slepenců), na kterých se vyvinuly převážně kambizemě (hnědé půdy). Srovnatelné jsou obě CHKO i z hlediska klimatu – dle klimatického členění se řadí do oblasti mírně teplé až mírně chladné (TOMÁŠEK 2007).

2.2. Sběr fytoocenologických dat

Na každé sjezdovce bylo umístěno 5 fytoocenologických snímků o rozměrech 4 x 4 metry a v nich byla odhadnuta pokryvnost jednotlivých druhů rostlin v procentech. Ve střední části sjezdovky byly přibližně uprostřed umístěny nad sebou 3 snímky a dále po jednom snímku u výjezdu z vleku a poblíž nástupního místa na vlek, tak aby snímek ilustroval zvýšenou zátěž v těchto částech sjezdovky. Dále byly zaznamenány další druhy rostlin na sjezdovce, které se nevyskytovaly v žádném z pěti snímků. Druhová a rodová jména rostlin jsou ve shodě s nomenklaturou Klíče ke květeně České republiky (KUBÁT ET AL. 2002). Rostliny z rodů *Taraxacum*, *Alchemilla* a *Rubus* nebyly určeny do konkrétních druhů z důvodu jejich taxonomické složitosti.

Tab. 1: Základní informace o snímkaných sjezdovkách.

sjezdovka	CHKO	souřadnice (WGS84)	založení	nadmořská výška	orientace	umělý sníh
Filipov	Bílé Karpaty	N48°51'02,2" E17°32'23,8"	60. léta	445 m n. m.	SV	od 2004
Jeleňovská	Bílé Karpaty	N49°07'20,4" E17°59'34,6"	1970	648 m n. m.	SZ	ne
Lopata	Bílé Karpaty	N48°57'07,6" E17°48'11,6"	60. léta	734 m n. m.	SSV	od 2009
Petrůvka	Bílé Karpaty	N49°06'30,0" E17°48'38,1"	1989	474 m n. m.	SV	ne
Sehradice	Bílé Karpaty	N49°08'28,5" E17°50'10,7"	1987	383 m n. m.	SV	ne
Šanov	Bílé Karpaty	N49°01'54,5" E17°53'51,8"	1979	590 m n. m.	S	ne
Štrbáň	Bílé Karpaty	N48°53'25,1" E17°42'08,8"	1989	534 m n. m.	SV	ne
Hovězí	Beskydy	N49°18'05,1" E18°02'59,0"	1983	493 m n. m.	JV	ne
Karolinka	Beskydy	N49°20'48,9" E18°15'10,4"	1978	696 m n. m.	SSV	od 2007
Kohútka	Beskydy	N49°17'51,7" E18°13'48,8"	1958	829 m n. m.	S	od 1998
Kubiška	Beskydy	N49°24'49,3" E18°19'36,9"	1999	678 m n. m.	S	ne
Kyčerka	Beskydy	N49°21'09,8" E18°17'17,1"	60. léta	692 m n. m.	SSZ	od 1996
Podťaté	Beskydy	N49°20'54,2" E18°21'37,8"	1988	718 m n. m.	SV	ne
Sachovka V	Beskydy	N49°24'55,7" E18°21'24,9"	1998	772 m n. m.	S	ne
Seník	Beskydy	N49°17'46,7" E18°14'24,7"	1965	917 m n. m.	S	ne
Soláň	Beskydy	N49°23'44,2" E18°15'14,6"	80. léta	852 m n. m.	S	asi 5 let
Soláň sedlo	Beskydy	N49°23'14,2" E18°14'17,3"	1976	821 m n. m.	S	od 2003
Solisko	Beskydy	N49°24'41,3" E18°18'41,9"	1964	720 m n. m.	SV	ne
Třešník	Beskydy	N49°24'03,8" E18°23'13,8"	90. léta	935 m n. m.	SSV	ne
Vranča	Beskydy	N49°19'40,8" E18°11'45,7"	1981	621 m n. m.	SZ	ne
Kaňúr	Biele Karpaty	N49°06'39,6" E18°07'04,2"	80. léta	718 m n. m.	SV	ne
Rajkovec	Biele Karpaty	N49°01'08,8" E18°04'08,9"	90. léta	451 m n. m.	VSV	ne
Podjavorník	Kysuce	N49°17'50,2" E18°20'30,0"	1978	805 m n. m.	SV	ne
Ski Makov	Kysuce	N49°20'39,5" E18°28'24,9"	1978	896 m n. m.	VSV	od 2008

2.3. Odebírání a chemická analýza vzorků sněhu

V zimní sezóně roku 2009 byly na pěti sjezdovkách odebrány vzorky umělého sněhu a vzorky přírodního sněhu poblíž dané sjezdovky pro porovnání chemického složení. Odběr byl zopakován i následující sezónu na čtyřech sjezdovkách (na páté nebyl tu sezónu zřejmě umělý sníh použit). Vzorky byly odebírány do púllitrových PE lahví, které byly předem ponechané 24 hodin v destilované vodě kvůli případnému uvolňování chemických látek. Sníh byl na sjezdovce odebrán kovovou špachtlí z několika různých míst a stejně byl odebrán i vzorek přírodního sněhu poblíž dané sjezdovky. Po roztátí sněhu bylo změřeno pH a konduktivita přenosným měřicím přístrojem WTW vario pH, resp. WTW Cond 315i (WTW, Germany). Následně byly vzorky zamrazeny pro uchování na další chemické analýzy.

Chemické analýzy obsahu aniontů SO_4^{2-} a Ca^{2+} byly provedeny v analytické laboratoři v Botanickém ústavu AV ČR v Třeboni. Ionty SO_4^{2-} byly stanovené injekční průtokovou analýzou na přístroji FIA 5012 (Tecator, Sweden) a ionty Ca^{2+} plamennou technikou atomové absorpční spektroskopie na přístroji SpectrAA 640 (Varian, Techtron, Australia). Obsah iontů NO_3^- a NH_4^+ byl zjištěn v laboratoři Katedry biologie ekosystémů injekční průtokovou analýzou na přístroji FIA Lachat QC8500 (Lachat Instruments, USA).

2.4. Statistické vyhodnocení dat

Ke statistickému vyhodnocení fytoecologických snímků byl použit program Canoco verze 4.5 (TER BRAAK & ŠMILAUER 2002). Ostatní analýzy (ANOVA) byly provedeny v programu Statistica verze 9.1 (STATSOFT, INC. 2010).

2.4.1. Porovnání vegetace sjezdovek s umělým a přírodním sněhem

Pro tuto analýzu byly použity pouze tři středové snímky ze všech 24 sjezdovek. Metodou DCA (Detrended Correspondence Analysis) byla zjištěna délka gradientu (3,9) a poté byla k analýze dat použita přímá lineární gradientová analýza RDA (Redundancy Analysis). Druhá data byla transformována logaritmickou transformací ($\log(100x+1)$). Nadmořská výška sloužila jako kovariáta (měla průkazný vliv na složení vegetace $F = 6,727$, $p = 0,001$). Kromě nadmořské výšky byl ještě testován vliv stáří sjezdovky a sklon svahu na složení vegetace, ale ani jedna z těchto proměnných neměla průkazný vliv ($F = 2,309$, $p = 0,123$, resp. $F = 1,639$, $p = 0,084$). Jako vysvětlující proměnná byla použita přítomnost umělého sněhu (kódovaná jako tzv. *dummy variable*). Odlišnost sjezdovek s umělým sněhem od sjezdovek s přírodním sněhem byla otestována Monte Carlo permutačním testem (999 permutací),

permutace byly omezené *split-plot* designem (jedna sjezdovka jako *whole-plot* se třemi *split-plots*).

Pro každou sjezdovku byla dále spočítána průměrná pokryvnost rostlin, mechů a trav ve snímku a jednocestnou analýzou variance (ANOVA) bylo otestováno, zda se jednotlivé pokryvnosti liší mezi sjezdovkami s umělým a přírodním sněhem. Stejným způsobem bylo otestováno, zda se liší celkový počet druhů na uměle zasněžovaných sjezdovkách a sjezdovkách s přírodním sněhem.

2.4.2. Porovnání vegetace míst na sjezdovce s různou lyžařskou zátěží

Pro tuto analýzu bylo použito všech 5 snímků z 15 sjezdovek (u ostatních sjezdovek chyběly krajní snímky, např. kvůli přestavbám). Analýzou DCA byla zjištěna délka nejdelšího gradientu (2,7) a k další analýze dat byla použita lineární analýza RDA. Druhová data byla transformována logaritmickou transformací ($\log(100x+1)$). Nadmořská výška opět sloužila jako kovariáta (měla průkazný vliv na složení vegetace $F = 5,313$, $p = 0,001$). K odlišení ploch s různou zátěží v rámci jedné sjezdovky (dva krajní snímky byly brány jako intenzivněji zatížené lyžováním, tři prostřední snímky jako méně ovlivněné) byla použita *dummy variable*. Tento design je sice nevyrovnaný (2 vs. 3 snímky), ale porovnání dvou krajních snímků se dvěma náhodně vybranými prostředními snímky vyšlo podobně ($F = 1,145$, $p = 0,0150$). Ke zjištění odlišnosti vegetace míst s různou lyžařskou zátěží byl použit Monte Carlo permutační test (999 permutací), permutace byly omezené *split-plot* designem (jedna sjezdovka představovala *whole-plot* s pěti *split-plots*). Dále byla jednocestnou ANOVOU porovnána pokryvnost středových a krajních snímků.

2.4.3. Zjištění rozdílů ve složení umělého a přírodního sněhu

Pro zjištění odlišností mezi chemickým složením přírodního a umělého sněhu byly použity vzorky sněhu ze dvou zimních sezón, ve kterých byl změřen obsah iontů NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} a Ca^{2+} a dále konduktivita a pH. Nejdříve byla pomocí analýzy DCA zjištěna délka nejdelšího gradientu (0,5) a následně byla na vyhodnocení rozdílů ve složení přírodního a umělého sněhu použita lineární analýza RDA. Druhová data byla centrována a standardizována. Jelikož byla data sbírána ve dvou letech, byl rok sběru použit jako kovariáta (jeho vliv na složení sněhu byl průkazný $F = 1,712$, $p = 0,0220$)

3. Výsledky

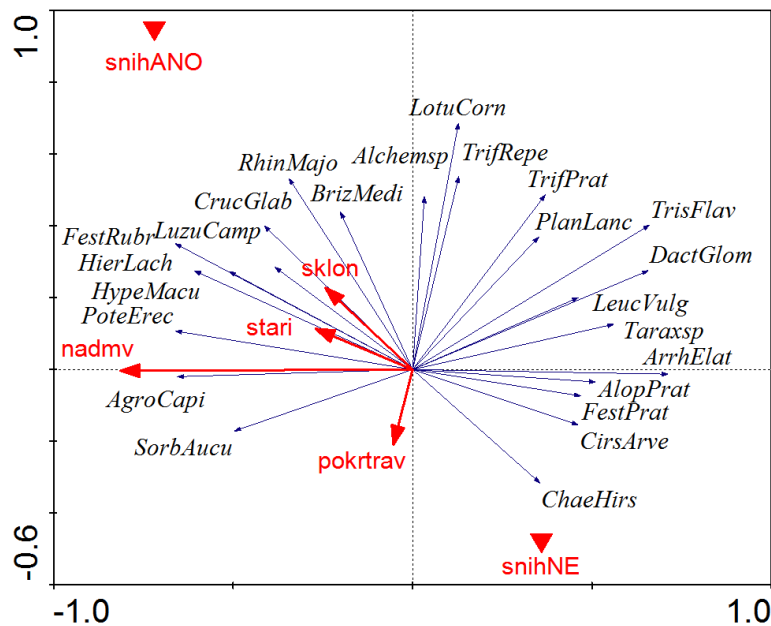
Na 24 osnímkovaných sjezdovkách bylo celkem nalezeno 214 druhů rostlin (jejich seznam viz Přílohy, **Tab. 4**, str. 27). Na uměle zasněžovaných sjezdovkách se nacházelo celkem 136 druhů rostlin, na sjezdovkách s přírodním sněhem 200. Vyšší počet druhů na sjezdovkách s přírodním sněhem je pravděpodobně způsoben vyšším počtem lokalit (17) oproti sjezdovkám se sněhem umělým (7). Všechny sjezdovky byly pravidelně kosené alespoň jednou do roka. Kratší vegetace totiž umožňuje lyžování při nižší sněhové pokrývce a tím dřívější začátek lyžařské sezóny (BURT & RICE 2009).

Na řadě sjezdovek probíhají větší či menší přestavby a modernizace vleků, výstavba vodních nádrží pro akumulaci vody na výrobu sněhu (např. Kohútka, CHKO Beskydy) nebo rozšiřování stávající plochy sjezdovek (např. prodloužení sjezdovky Karolinka v CHKO Beskydy nebo rozšíření sjezdovky Lopata v CHKO Bílé Karpaty). Z tohoto důvodu nebylo někdy možné na sjezdovku umístit všech 5 původně zamýšlených snímků (kompletně se podařilo osnímkovat 15 sjezdovek).

3.1. Porovnání vegetace sjezdovek s umělým a přírodním sněhem

Vliv umělého sněhu na složení vegetace sjezdovek se přímou gradientovou analýzou RDA nepodařilo prokázat; hodnota testovacího kritéria Monte Carlo permutačního testu byla $F = 1,502$ a $p = 0,697$.

Na složení vegetace měla průkazný vliv pouze nadmořská výška (vysvětlila 8,8 % variability) a pro odstranění jejího vlivu z této analýzy byla použita jako kovariáta. To je vidět i z ordinačního diagramu PCA (**Obr. 1**), kam jsou pasivně promítnuty charakteristiky prostředí a kde nadmořská výška koreluje s první osou. Stáří sjezdovky ani sklon svahu neměly na složení vegetace průkazný vliv. Z ordinačního diagramu PCA je vidět korelace pokryvnosti trav s nepřítomností umělého sněhu, ačkoli rozdíl v pokryvnosti trav na uměle zasněžovaných sjezdovkách a sjezdovkách s přírodním sněhem nebyl průkazný (viz níže).



Obr. 1: Ordinační diagram nepřímé gradientové analýzy PCA zobrazující rozložení pokryvností jednotlivých druhů rostlin podél gradientu největší variability. Do diagramu jsou pasivně promítnuty charakteristiky prostředí. 1. osa vysvětluje 12,1 % variability, 2. osa 6,9 % druhové variability. Použité zkratky: snihANO (= uměle zasněžováno), snihNE (= s přírodním sněhem), pokrtrav (= pokryvnost trav), nadmv (= nadmořská výška). Zkratky označující druhy rostlin jsou uvedeny v Příloze (**Tab. 4**, str. 27).

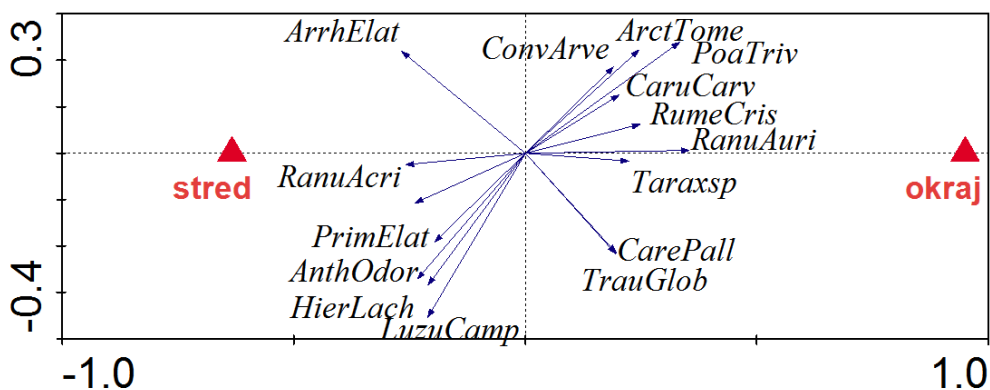
Průměrný počet druhů rostlin vyšel mírně vyšší na sjezdovkách s umělým sněhem v porovnání se sjezdovkami s přírodním sněhem; rozdíl ale nebyl statisticky průkazný. Celková pokryvnost trav byla o málo vyšší na sjezdovkách s přírodním sněhem, ale rozdíl byl také neprůkazný. Celková pokryvnost rostlin se mezi sjezdovkami s umělým vs. přírodním sněhem průkazně nelišily. Průkazně vyšla pouze menší pokryvnost mechového patra na uměle zasněžovaných sjezdovkách. Průměrné hodnoty a výsledky ANOVY jsou uvedené v **Tab. 2**, hodnoty z jednotlivých sjezdovek jsou uvedeny v Příloze, **Tab. 5**, str. 29.

Tab. 2: Výsledky jednocestné ANOVY pro porovnání pokryvnosti rostlin, mechů a trav a celkový počet druhů na sjezdovkách s umělým vs. přírodním sněhem.

	průměr ± střední chyba průměru (SE)		F(1, 22)	p
	s umělým sněhem (n = 7)	s přírodním sněhem (n = 17)		
počet druhů na sjezdovce	66.0 ± 7,0	63.4 ± 4,0	0.12	0.74
celková pokryvnost rostlin	96.3 ± 1.2	97.9 ± 0.6	1.79	0.20
pokryvnost mechů	28.7 ± 4.3	49.5 ± 5.1	6.05	0.02
pokryvnost trav	52.8 ± 2.1	58.5 ± 2.8	1.54	0.21

3.2. Porovnání vegetace míst na sjezdovce s různou intenzitou lyžování

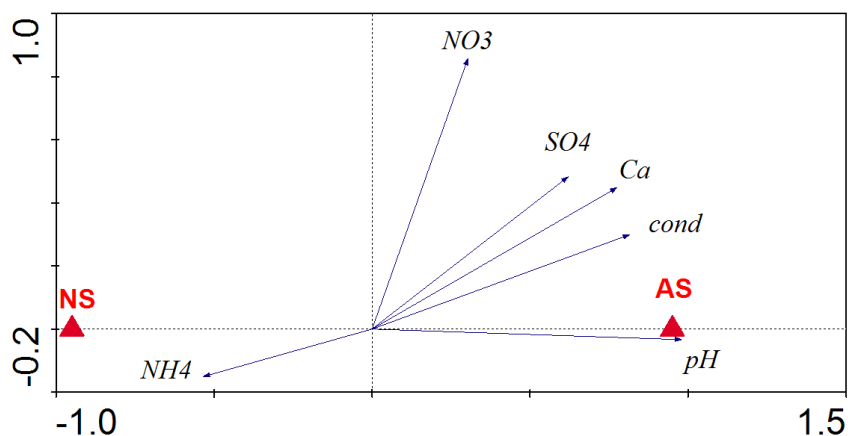
Složení vegetace okrajových a středových snímků na sjezdovce se průkazně lišilo; hodnota testovacího kritéria Monte Carlo permutačního testu byla $F = 1,203$ a $p = 0,008$. Průkazný vliv na složení vegetace měla nadmořská výška (vysvětlila 6,8 % druhové variability); v analýze byla proto použita jako kovariáta, aby byl její vliv odfiltrován. Z **Obr. 2** je vidět, že okraje sjezdovek byly preferovány spíše ruderními druhy, jako jsou např. *Rumex crispus*, *Taraxacum* sect. *Ruderalia* a *Arctium tomentosum*. Druh *Traunsteinera globosa* má tendenci se vyskytovat také spíše na okrajových snímcích, což by mohlo být způsobeno nižší pokryvností rostlin v blízkosti stanic vleku. Ta byla sice průměrně o něco vyšší na středových snímcích, nicméně průkazně se od těch okrajových nelišila ($F = 2,58$, $p = 0,120$).



Obr. 2: Ordinační diagram přímé gradientové analýzy RDA ukazující rozdíly ve složení vegetace okrajových a středových fytoecologických snímků na sjezdovce. 1. osa (kanonická) vysvětluje 1,6 % variability, 2. osa (nekanonická) vysvětluje 9,4 % variability. Použité zkratky: střed (charakteristika označující snímky ve středu sjezdovky), okraj (označuje snímky u výjezdu a na nástupu na vlek). Zkratky označující druhy rostlin jsou uvedeny v příloze (**Tab. 4**, str. 27).

3.3. Zjištění rozdílů ve složení přírodního a umělého sněhu

Chemické složení umělého sněhu se průkazně lišilo od složení sněhu přírodního (výsledky Monte Carlo permutačního testu: $F = 18,467$, $p = 0,005$). S přítomností umělého sněhu nejlépe koreluje pH a konduktivita, s čímž je zároveň spojený i vyšší obsah iontů SO_4^{2-} a Ca^{2+} (**Obr. 3**). Vyšší obsah iontů NO_3^- již s přítomností umělého sněhu nekoreluje tak dobře, ale jistá tendence je přesto patrná. Naopak s přítomností přírodního sněhu nejlépe koreluje obsah iontů NH_4^+ . Naměřené hodnoty z chemických analýz z obou let jsou uvedené v Příloze, **Tab. 6**, str. 30.



Obr. 3: Ordinační diagram přímé gradientové analýzy RDA ukazující rozdíly v chemickém složení přírodního a umělého sněhu. 1. osa vysvětluje 55,2 %, 2. osa 23,7 %. Použité zkratky: AS (= umělý sníh), NS (=přírodní sníh), cond (= konduktivita).

3.4. Výskyt ohrožených rostlinných druhů na sjezdovkách

Na 17 z 24 zkoumaných sjezdovek jak s umělým, tak s přírodním sněhem se podařilo nalézt celkem 17 druhů rostlin (viz **Tab. 3**) přítomných na Červeném seznamu cévnatých rostlin České republiky (HOLUB & PROCHÁZKA 2000). Z toho se na sjezdovkách s umělým sněhem vyskytovalo 10 druhů ohrožených rostlin a na sjezdovkách s přírodním sněhem 12. Nejvíce ohrožených druhů se vyskytuje na sjezdovce Filipov (celkem 6, z toho jeden silně ohrožený) a po 4 ohrožených druzích na sjezdovkách Soláň, Soláň Sedlo a Podjavorník. Z kategorie silně ohrožených druhů se na sjezdovkách vyskytovaly druhy *Gladiolus imbricatus* a *Traunsteinera globosa*. Oba tyto druhy se na sjezdovkách nalézaly většinou v počtu několika (až několika málo desítek) kusů, výjimkou je výskyt druhu *Gladiolus imbricatus* na sjezdovce Soláň Sedlo, kde jeho populace čítá mnoho desítek jedinců. *Traunsteinera globosa* byla také poměrně hojná na louce sousedící se sjezdovkou Podjavorník, avšak na sjezdovce samotné se nevyskytovala. Ostatní ohrožené druhy orchidejí se na daných sjezdovkách vyskytovaly vždy roztroušeně, zbylé druhy rostlin byly naopak na dané lokalitě poměrně hojné.

Tab. 3: Výskyt ohrožených druhů rostlin na sjezdovkách (tučně jsou vyznačené sjezdovky s umělým sněhem).

druh	kategorie ohrožení	místa výskytu
<i>Gladiolus imbricatus</i>	C 2 (silně ohrožené)	Jeleňovská, Lopata, Soláň Sedlo, Soláň, Solisko, Filipov
<i>Traunsteinera globosa</i>	C 2	Hovězí, Soláň Sedlo , Vranča, Soláň
<i>Aquilegia vulgaris</i>	C 3 (ohrožené)	Hovězí, Podjavorník, Sachovka V
<i>Gymnadenia conopsea</i>	C 3	Filipov , Podjavorník, Kaňúr
<i>Hypochaeris maculata</i>	C 3	Kaňúr
<i>Inula ensifolia</i>	C 3	Filipov
<i>Muscari comosum</i>	C 3	Rajkovec
<i>Platanthera bifolia</i>	C 3	Soláň , Vranča, Filipov , Solisko, Kubiška, Podjavorník, Kaňúr, Súkenická
<i>Thesium linophyllum</i>	C 3	Štrbáň
<i>Trifolium rubens</i>	C 3	Filipov
<i>Anthericum ramosum</i>	C 4 (vzácné nebo roztroušené)	Filipov
<i>Centaurium erythraea</i>	C 4	Štrbáň
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	C 4	Soláň, Soláň Sedlo
<i>Gentiana asclepiadea</i>	C 4	Súkenická
<i>Listera ovata</i>	C 4	Soláň Sedlo
<i>Trifolium alpestre</i>	C 4	Hovězí, Lopata, Rajkovec, Podjavorník
<i>Veratrum album</i> ssp. <i>lobelianum</i>	C 4	Seník, Kohútka , Sachovka V

4. Diskuze

4.1. Porovnání vegetace sjezdovek s umělým a přírodním sněhem

Původním záměrem této práce bylo porovnat vegetaci sjezdovek s umělým a přírodním sněhem s kontrolními plochami mimo sjezdovku (lyžováním neovlivněnými) jako je tomu v jiných studiích (např. KAMMER 2002, RIXEN 2005). V obou těchto studiích byl výzkum prováděn nad horní hranicí lesa v Alpách a kontrolní plochy tak mohly být vybrány v bezprostřední blízkosti lyžováním ovlivněných ploch. V obou moravských chráněných oblastech je sice dostatek lučních biotopů, ale z různých důvodů nebyly luční porosty v přímé blízkosti sjezdovek vhodné pro umístění kontrolních ploch. Louky byly často buď neobhospodařované (nekosené), nebo naopak příliš intenzivně využívané (pastva, hnojení).

U většiny sjezdovek se podařilo zjistit alespoň jejich přibližné stáří (viz **Tab. 1**), ale v analýzách se ukázalo, že tato charakteristika nemá na složení vegetace průkazný vliv. Doba používání umělého sněhu je v souboru mých sjezdovek nejdelší na sjezdovce Kyčerka v CHKO Beskydy (14 let) a Karolinka z téže oblasti (12 let). U většiny ostatních sjezdovek je tato doba však podstatně kratší (viz **Tab. 1**). Ve studii KAMMERA (2002) se změny ve složení vegetace v porovnání s kontrolními plochami projevily až po 10 letech používání umělého sněhu, a to navíc ve vegetaci nad horní hranicí lesa v Alpách, která může být na používání umělého sněhu citlivější než vegetace mezických luk.

Na sjezdovkách s umělým sněhem byla celková pokryvnost rostlin nižší než na sjezdovkách s přírodním sněhem (viz **Tab. 2**), ale tento rozdíl nebyl průkazný. Narušování vegetace sice probíhá na obou typech sjezdovek, ale podle studie RIESE (2002) by měl být tento efekt na uměle zasněžovaných sjezdovkách zmírněn vyšší vrstvou sněhu. Nižší pokryvnost rostlin na uměle zasněžovaných sjezdovkách v CHKO Bílé Karpaty a v CHKO Beskydy by mohla poukazovat na prodloužené období, ve kterém je na sjezdovku sice dodáván umělý sníh, ale jeho vrstva nestačí na ochranu rostlin před vydřením lyžaři nebo mechanickým narušováním pojezdy roleb (ilustrační obrázek z uměle zasněžované sjezdovky Soláň viz Přílohy, **Obr. 4** a **Obr. 5**, str. 31 a 32).

Rozdíly se nepodařilo prokázat ani v pokryvnosti travin na uměle zasněžovaných sjezdovkách a sjezdovkách s přírodním sněhem. Ve studii WIPF ET AL. (2005) byl pozorován tím větší úbytek pokryvnosti trav, čím déle byl umělý sníh používán. Průkazný se ukázal být pouze rozdíl v pokryvnosti mechového patra; na sjezdovkách s umělým sněhem byla pokryvnost mechorostů průkazně nižší než na sjezdovkách s přírodním sněhem, což je v rozporu se studií WARDLE & FAHEY (2002), ve které byl naopak zjištěn nárůst pokryvnosti

mechového patra na sjezdovkách s narušovaným povrchem. Mechy reagují na změny pH citlivěji než cévnaté rostliny, takže vysvětlením jejich nižší pokrývnosti by mohlo být právě vyšší pH umělého sněhu.

Průměrný počet druhů na sjezdovkách byl mírně vyšší než na sjezdovkách s umělým sněhem, ačkoli tento rozdíl nebyl průkazný. Zdá se tedy, že umělý sníh zatím nemá vliv na druhovou diverzitu sjezdovek. Druhově nejbohatší sjezdovky byly Filipov a Štrbáň. Obě dvě se nacházejí v CHKO Bílé Karpaty a na obou bylo nalezeno přes 100 druhů cévnatých rostlin. Filipov je uměle zasněžován, Štrbáň nikoli. Vliv umělého sněhu ovšem může být kumulativní (WIPF ET AL. 2005) a na našich sjezdovkách je možná používán příliš krátce na to, aby se jeho vliv mohl projevit. Např. ve studii KAMMERA (2002) se diverzita druhů rostlin snížila až po 10 letech používání umělého sněhu. I přes možné negativní vlivy lyžování a případně umělého sněhu bylo na sjezdovkách nalezeno celkem 17 druhů patřících do Červeného seznamu cévnatých rostlin České republiky a jednou z nejbohatších sjezdovek na tyto ohrožené druhy byla právě uměle zasněžovaná sjezdovka Filipov.

4.2. Porovnání vegetace míst na sjezdovce s různou intenzitou lyžování

Vegetace okrajových snímků sjezdovek se v analýzách ukázala průkazně odlišná od vegetace snímků ve střední části sjezdovky. Častější přítomnost ruderálních druhů poukazuje na větší intenzitu narušování v okrajových částech sjezdovky než v její střední části. Jedním z možných vysvětlení by mohla být zvýšená intenzita lyžování na těchto plochách, které jsou umístěné u nástupu na vlek a u výjezdu z vleku, takže jsou nejvíce vytíženými místy na sjezdovce. To může vést např. k většímu vydírání vegetace při nedostatku sněhu. Kromě toho jsou dalšími možnými vysvětleními i případné přestavby v těchto částech sjezdovky nebo blízkost jiných typů vegetace (např. les nebo různé ruderalní porosty), což má jistě také významný vliv na odlišné složení vegetace v těchto částech sjezdovky.

4.3. Zjištění rozdílů ve složení přírodního a umělého sněhu

Nejvýrazněji se umělý sníh lišil od přírodního v hodnotách pH. U umělého sněhu se hodnoty pohybovaly okolo 9, u přírodního pak okolo 5. Naměřené výsledky se shodují s dostupnou literaturou, kde pH umělého sněhu vycházelo z důvodu zásaditějšího pH vody čerpané na zasněžování také vyšší než u sněhu přírodního (JONES & DEVARENNES 1995, KAMMER 2002). Vyšší pH vody z umělého sněhu může mít za následek i změnu pH půdy (KAMMER 2002, RIXEN ET AL. 2002, CARAVELLO ET AL. 2006).

Konduktivita umělého sněhu byla průkazně vyšší než u sněhu přírodního, stejně jako ve studiích JONES & DEVARENNES (1995) a RIXEN ET AL. (2002). Vyšší obsah iontů ve vodě může mít na společenstva rostlin podobný vliv jako hnojivo (RIXEN ET AL. 2002, RIXEN ET AL. 2003, WIPF ET AL. 2005). Je však otázkou, jestli takovéto dodávky živin z umělého sněhu mají vliv i na společenstva mezických luk v CHKO Bílé Karpaty a CHKO Beskydy. Výše zmíněné studie totiž probíhaly v lučních porostech nad horní hranicí lesa v Alpách, které jsou na živiny chudší, a tím pádem citlivější na dodávky živin (KAMMER 2002).

Co se týká obsahu jednotlivých iontů, tak v přírodním sněhu byl obsah iontů NH_4^+ vyšší než v umělém stejně jako ve studiích KAMMER (2002) a RIXEN ET AL. (2003). Pravděpodobnou příčinou je vlhká depozice z atmosféry, která je u přírodního sněhu delší (RIXEN ET AL. 2002). Koncentrace iontů SO_4^{2-} a Ca^{2+} byla naopak významně vyšší v umělém sněhu podobně jako ve studiích JONES & DEVARENNES (1995) a RIXEN ET AL. (2003). Odlišnost obsahu iontů NO_3^- v umělém a přírodním sněhu není z ordinačního diagramu RDA (**Obr. 3**) tak nápadná jako u ostatních iontů, protože měření ve druhém roce odběru vzorků vyšla zcela opačně než první rok (první rok bylo iontů NO_3^- více v umělém sněhu, druhý rok v přírodním, viz Přílohy, **Tab. 6**, str. 30). Tyto rozdíly v obsahu dusičnanových iontů by mohly mít případně původ ve znečištění vzduchu v druhém roce odběru.

5. Závěr

Závěrem lze říci, že ze studie nevyplývají žádné výrazné následky pro složení vegetace z důvodu používání umělého sněhu. Avšak rozdíly v chemickém složení umělého a přírodního sněhy byly poměrně zřetelně patrné a také je třeba brát v úvahu kumulativní vliv umělého sněhu (RIXEN ET AL. 2002). Louky v Bílých Karpatech a v Beskydech patří mezi louky mezické a zvýšené dávky živin a vody zřejmě nejsou tak výrazné, aby se to projevilo na složení vegetace, jako např. na oligotrofních nebo suchých stanovištích (KAMMER 2002).

Naopak výhodou může být to, že louky využívané jako sjezdovky jsou pravidelně kosené, což podporuje konkurenčně slabší druhy a přispívá tak k větší druhové bohatosti, stejně jako mírné narušování povrchu sjezdovek. Na sjezdovkách bylo nalezeno několik silně ohrožených a ohrožených druhů vyšších rostlin, a to i na sjezdovkách velmi intenzivně využívaných a uměle zasněžovaných (mezi ně patří např. Filipov, Soláň Sedlo nebo Soláň). Rozumné provozování sjezdových tratí tedy nemusí mít nutně negativní vliv na vegetaci, jen je potřeba omezit drastické zásahy při výstavbě sjezdovek, jako je např. stržení celého vegetačního krytu. Následná eroze se ve svažitém terénu těžko napravuje, navíc dost často dosíváním nepůvodních druhů. Vliv umělého sněhu na vegetaci by však měl být i nadále sledován, hlavně z hlediska jeho dlouhodobého působení, které ještě není dostatečně prozkoumané.

6. Literatura

- ABEGG B. (1996): Klimaänderung und Tourismus – Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. – Schlussbericht NFP 312: 1–222.
- ABEGG B. (2006): Climate change and winter tourism. – OECD Report On Adaptation. OECD Workshop, Wengen.
- BANAŠ M., HOŠEK J., ZEIDLER M. & DUCHOSLAV M. (2007): Předběžná zpráva o vlivu rozdílných zimních podmínek na alpínskou vegetaci – příkladová studie výzkumu na svahu pod Petrovými kameny. Campanula. – Sborník referátů z konference k 35. výročí CHKO Jeseníky (1969–2004): 119–121.
- BANAŠ M., ZEIDLER M., DUCHOSLAV M. & HOŠEK J. (2010): Growth of Alpine lady-fern (*Athyrium distentifolium*) and plant species composition on a ski piste in the Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic. – *Annales Botanici Fennici* 47: 280–292.
- 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: 25–33.
- BAYFIELD N. G. (1980): Replacement of vegetation on disturbed ground near ski lifts in the Cairngorm Mountains, Scotland. – *Journal of Biogeography* 7: 249–260.
- BAYFIELD N. G. (1996): Long-term changes in colonization of bulldozed ski pistes at Cairn Gorm, Scotland. – *Journal of Applied Ecology* 33: 1359–1365.
- BENISTON M., KELLER F. & GOYETTE S. (2003a): Snow pack in the Swiss Alps under changing climatic conditions: an empirical approach for climate impacts studies. – *Theoretical and Applied Climatology* 74: 19–31.
- BENISTON M., KELLER F., KOFFI B. & GOYETTE S. (2003b): 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: 4–14.
- BURT J. W. & RICE K. J. (2009): Not all ski slopes are created equal: Disturbance intensity affects ecosystem properties. – *Ecological Applications* 19: 2242–2253.
- CARAVELLO G., CRESCINI E., TAROCCO S. & PALMERI F. (2006): Environmental modifications induced by the practice of “Artificial snow-making” in the Obereggen/Val D’Ega Area (Italy). – *Journal of Mediterranean Ecology* 7: 31–39.
- CHEN W., WU Y., WU N. & LUO P. (2008): Effect of snow-cover duration on plant species diversity of alpine meadows on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau. – *Journal of Mountain Science* 5: 327–339.
- DAVID G., BLEDSOE B., MERRITT D. & 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.
- DELGADO R., SÁNCHEZ-MARAÑÓN M., MARTÍN-GARCÍA J. M., ARANDA V., SERRANO-BERNARDO F. & ROSUA 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.

- ELSASSER H. & BÜRKI R. (2002): Climate change as a threat to tourism in the Alps. – *Climate Research* 20: 253–257.
- ELSASSER H. & MESSERLI P. (2001): The Vulnerability of the Snow Industry in the Swiss Alps. – *Mountain Research and Development* 21: 335–339.
- FATTORINI M. (2001): Establishment of transplants on machine-graded ski runs above timberline in the Swiss Alps. – *Restoration Ecology* 9: 119–126.
- FAUVE M., RHYNER H. & SCHNEEBELI M. (2002): *Pistenpräparation und Pistenpflege – Das Handbuch für den Praktiker.* – Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, SLF, Davos.
- FREPPAZ M., LUNARDI S., BONIFACIO E., SCALENGHE R. & ZANINI E. (2002): Ski slopes and stability of soil aggregates. – *Advances in GeoEcology* 35: 125–132.
- GOOD R. (1995): Ecologically sustainable development in the Australian Alps. – *Mountain Research and Development* 15: 251–258.
- GROS R., MONROZIER J. L., BARTOLI F., CHOTTE J. L. & FAIVRE P. (2004): Relationships between soil physico-chemical properties and microbial activity along a restoration chronosequence of alpine grasslands following ski run construction. – *Applied Soil Ecology* 27: 7–22.
- GULERYUZ G., KIRMIZI S. & ARSLAN H. (2010): Nutrient status in soil of ski runs in the sub-alpine belt of Uludag mountain, Bursa, Turkey. – *Journal of Environmental Biology* 31: 219–223.
- HADLEY G. L. & WILSON K. R. (2004): Patterns of small mammal density and survival following ski-run development. – *Journal of Mammalogy* 85: 97–104.
- HAMILTON L. C., BROWN C. & KEIM B. D. (2007): Ski areas, weather and climate: time series models for New England case studies. – *International Journal of Climatology* 27: 2113–2124.
- HAMILTON L., ROHALL D. & BROWN B., GF. (2003): Warming winters and New Hampshire's lost ski areas: an integrated case study. – *International Journal of Sociology and Social Policy* 23: 52–73.
- HOLUB J. & PROCHÁZKA F. (2000): Red List of vascular plants of the Czech Republic – 2000. – *Preslia* 72: 187–230.
- 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.
- ISSELIN–NONDEDEU F., REY F. & BÉDÉCARRATS A. (2006): Contributions of vegetation cover and cattle hoof prints towards seed runoff control in ski piste. – *Ecological Engineering* 27: 193–201.
- JONAS T., RIXEN C., STURM M. & STOECKLI V. (2008): How alpine plant growth is linked to snow cover and climate variability. – *Journal of Geophysical Research* 113: 1–10.
- JONES H. G. & DEVARENNES G. (1995): The chemistry of artificial snow and its influence on the germination of mountain flora. – *IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports* 228: 355–362.
- JONGEPIEROVÁ I. & FAJMON K. (eds) (2008): Výzkum obnovy travních porostů. – In: Jongepierová I. (ed.). *Louky Bílých Karpat (Grasslands of the White Carpathian Mountains)*, p. 383–423, ZO ČSOP Bílé Karpaty. Veselí nad Moravou.

- KAMMER P. M. (2002): Floristic changes in subalpine grasslands after 22 years of artificial snowing. – *Journal for Nature Conservation* 10: 109–123.
- KELLER F., GOYETTE S. & BENISTON M. (2005): Sensitivity analysis of snow cover to climate change scenarios and their impact on plant habitats in alpine terrain. – *Climatic Change* 72: 299–319.
- KELLER T., PIELMEIER C., RIXEN C., GADIANT F., GUSTAFSSON D. & STAHLI M. (2004): Impact of artificial snow and ski-slope grooming on snowpack properties and soil thermal regime in a sub-alpine ski area. – *Annals of Glaciology* 38: 314–318.
- KNIGHT D. H., WEAVER S. W., STARR C. R. & ROMME W. H. (1979): Differential response of subalpine meadow vegetation to snow augmentation. – *Journal of Range Management* 32: 356–359.
- KOENIG U. & ABEGG B. (1997): Impacts of climate change on winter tourism in the Swiss Alps. – *Journal of Sustainable Tourism* 5: 46–58.
- KOSCIELNY M. (2008): Impacts des aménagements en montagne sur les processus hydrologiques et l'évolution géodynamique des versants (Les Arcs, Savoie, France). – *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 67: 585–595.
- KRAUSE J., HOLLAN J. & BRYCHTOVÁ J. (2005): Hodnocení vlivu umělého osvětlení sjezdovky Protěž na Černé hoře. – Odborná studie. Správa KRNAP, Vrchlabí.
- KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. JUN., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. & ŠTĚPÁNEK J. (eds) (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha.
- LAIOLO P. & ROLANDO A. (2005): Forest bird diversity and ski-runs: a case of negative edge effect. – *Animal Conservation* 7: 9–16.
- MORRISON J. R., VERGIE W. J. DE, ALLDREDGE A. W., BYRNE A. E. & ANDREE W. W. (1995): The effects of ski area expansion on elk. – *Wildlife Society Bulletin* 23: 481–489.
- MOSIMANN T. (1985): Geo-ecological impacts of ski piste construction in the Swiss Alps. – *Applied Geography* 5: 29–37.
- 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.
- NEGRO M., ISAIA M., PALESTRINI C., SCHOENHOFER A. & ROLANDO A. (2010): The impact of high-altitude ski pistes on ground-dwelling arthropods in the Alps. – *Biodiversity and Conservation* 19: 1853–1870.
- NERADILOVÁ Z. (2008): Vliv lyžařských středisek na Moravě na životní prostředí. – Ms. [Bakalářská práce; depon. in: Masarykova univerzita, Brno].
- NEWSELY C. (1997): Auswirkungen der künstlichen Beschneigung von Schipisten auf Aufbau, Struktur und Gasdurchlässigkeit der Schneedecke, sowie auf den Verlauf der Bodentemperatur und das Auftreten von Bodenfrost. – Ms. [Dissertation; depon. in: Leopold Franzens Universität, Innsbruck].
- 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.
- PICKERING C. M., HARRINGTON J. & WORBOYS G. (2003): Environmental impacts of tourism on the Australian Alps protected areas: judgments of protected area managers. – *Mountain Research and Development* 23: 247–254.

- PINTAR M., MALI B. & KRAIGHER H. (2009): The impact of ski slopes management on Krvavec ski resort (Slovenia) on hydrological functions of soils. – *Biologia* 64: 639–642.
- POHL M., ALIG D., KÖRNER C. & RIXEN C. (2009): Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. – *Plant and Soil*: 91–102.
- RIES J. B. (1996): Landscape damage by skiing at the Schauinsland in the Black Forest, Germany. – *Mountain Research and Development* 16: 27–40.
- RIXEN C. & STÖCKLI V. (2000): Snow additives in man made snow – reaction of alpine plants. – Poster presented at the "Umweltforschungstag" of the Institute of Environmental Science at the University of Zurich 2000, 20th June 2000.
- RIXEN C., CASTELLER A., SCHWEINGRUBER F. H. & STOECKLI V. (2004a): Age analysis helps to estimate plant performance on ski pistes. – *Botanica Helvetica* 114: 127–138.
- RIXEN C., FREPPAZ M., STOECKLI V., HUOVINEN C., HUOVINEN K. & WIPF S. (2008a): Altered snow density and chemistry change soil nitrogen mineralization and plant growth. – *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 40: 568–575.
- RIXEN C., HAEBERLI W. & STOECKLI V. (2004b): Ground temperatures under ski pistes with artificial and natural snow. – *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 36: 403–411.
- RIXEN C., HUOVINEN C., HUOVINEN K., STÖCKLI V. & SCHMID B. (2008b): A plant diversity x water chemistry experiment in subalpine grassland. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 10: 51–61.
- RIXEN C., SCHWOERER C. & WIPF S. (2010): Winter climate change at different temporal scales in *Vaccinium myrtillus*, an Arctic and alpine dwarf shrub. – *Polar Research* 29: 85–94.
- RIXEN C., STÖCKLI V. & WIPF S. (2002): Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten. – Schlussbericht eines Forschungsprojektes am Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.
- RIXEN C., STOECKLI V. & AMMANN W. (2003): Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 5: 219–230.
- RIXEN C., STOECKLI V., HUOVINEN C. & HUOVINEN K. (2001): The phenology of four subalpine herbs in relation to snow cover characteristics. – In: Dolman A. J., Hall A. J., Kavvas M. L., Oki T. & Pomeroy J. W. (eds). *Proceedings of the sixth IAHS symposium. Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer Schemes and Large Scale Hydrological Models*. IAHS Publication 270: 359–362, Maastricht, The Netherlands.
- 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.
- RUTH-BALAGANSKAYA E. & MYLLYNNEN-MALINEN K. (2000): Soil nutrient status and revegetation practices of downhill skiing areas in Finnish Lapland – a case study of Mt. Yllas. – *Landscape and Urban Planning* 50: 259–268.
- 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.
- StatSoft, Inc. (2010): STATISTICA (data analysis software system), version 9.1. www.statsoft.com.

- STEIGER R. (2007): Snowmaking - a suitable adaptation strategy? Examples from Tyrol/Austria. – In: Matzarakis A., de Freitas C.R. & Scott D. (eds). *Developments in Tourism Climatology*, p. 178–182, Commission Climate, Tourism and Recreation. International Society of Biometeorology, Freiburg.
- STRONG A. M., DICKERT C. A. & BELL R. T. (2002): Ski trail effects on a beetle (Coleoptera: Carabidae, Elateridae) community in Vermont. – *Journal of Insect Conservation* 6: 149–159.
- ŠTURSA J. (2007): Ekologické aspekty sjezdového lyžování v Krkonoších. – *Opera Corcontica* 44: 603–616.
- TENENBAUM D. J. (2001): The slippery slope of ski expansion. – *Environmental Health Perspectives* 109: 112.
- TER BRAAK C. J. F & ŠMILAUER P. (2002): Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). – Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- THIEL D., JENNI-EIERMANN S., BRAUNISCH V., PALME R. & JENNI L. (2008): Ski tourism affects habitat use and evokes a physiological stress response in capercaillie *Tetrao urogallus*: a new methodological approach. – *Journal of Applied Ecology* 45: 845–853.
- TITUS J. H. & LANDAU F. (2003): Ski slope vegetation of Lee Canyon, Nevada, USA. – *Southwestern Naturalist* 48: 491–504.
- TITUS J. H. & TSUYUZAKI S. (1999): Ski slope vegetation of Mount Hood, Oregon, U.S.A. – *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 3: 283–292.
- TOMÁŠEK M. (2007): *Půdy České republiky*. – Česká geologická služba, Praha.
- TSUYUZAKI S. (1993): Recent vegetation and prediction of the successional sere on ski grounds in the highlands of Hokkaido, Northern Japan. – *Biological Conservation* 63: 255–260.
- VAN OMMEREN R. J. (2001): Species composition on reclaimed ski runs compared with unseeded areas. – *Journal of Range Management* 54: 307–311.
- WARDLE K. & FAHEY B. (2002): Monitoring vegetation changes at Treble Cone Ski field, New Zealand. – *Science for Conservation* 192. Department of Conservation, Wellington.
- WATSON A. (1979): Bird and mammal numbers in relation to human impact at ski lifts on Scottish Hills. – *Journal of Applied Ecology* 16: 753–764.
- WIPF S., RIXEN C. & MULDER C. P. H. (2006): Advanced snowmelt causes shift towards positive neighbour interactions in a subarctic tundra community. – *Global Change Biology* 12: 1496–1506.
- WIPF S., RIXEN C. & STÖCKLI V. (2001): Artificial snow on alpine ski pistes: How does the vegetation react to the changed environment? – Poster presented at the GfOe, 27.–31.8.2001, Basel.
- WIPF S., RIXEN C., FISCHER M., SCHMID B. & STÖCKLI V. (2005): Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. – *Journal of Applied Ecology* 42: 306–316.
- WIPF S., RIXEN C., FREPPAZ M. & STÖCKLI V. (2002): Ski piste vegetation under artificial and natural snow: patterns in multivariate analysis. – In: Bottarin R. & Tappeiner U. (eds). *Interdisciplinary Mountain Research*, p. 170–179, Blackwell Science, Berlin.

WIPF S., STOECKLI V. & BEBI P. (2009): Winter climate change in alpine tundra: plant responses to changes in snow depth and snowmelt timing. – *Climatic Change* 94: 105–121.

Internetové zdroje:

ČERMÁK M. (2004): Sjezdovky v národním parku. <http://www.tatry.cz/cs/sjezdovky-v-narodnim-parku> [20. 12. 2010].

DOLEŽAL T. (2003): Vliv jednotlivých sportovních odvětví na životní prostředí. <http://www.olympic.cz> [1. 5. 2008].

DE JONG C. (2007): Artificial snow drains mountain resources. <http://environmentalresearchweb.org/cws/article/opinion/30703> [20.12. 2010].

REITER A., STRASSER U. & MAUSER W. (2008): Effects of snow cannons and artificial snow on energy industry and hydrology in the province Salzburg (Austria). – *Geophysical Research Abstracts* 10. <http://www.geophysical-research-abstracts.net/> [20. 12. 2010].

<http://www.snomax.ch> [20. 12. 2010]

7. Přílohy

7.1. Fytocenologické snímky

Viz příložené CD.

7.2. Seznam rostlinných druhů nalezených na sjezdovkách a jejich zkratk

Tab. 4: Seznam rostlinných druhů nalezených na sjezdovkách a jejich zkratky v ordinačních diagramech.

<i>Abies alba</i>	AbieAlba
<i>Acer pseudoplatanus</i>	AcerPseu
<i>Aegopodium podagraria</i>	AegoPoda
<i>Agrimonia eupatoria</i>	AgriEupa
<i>Agrostis capillaris</i>	AgroCapi
<i>Achillea millefolium</i> agg.	AchilMil
<i>Ajuga reptans</i>	AjugRept
<i>Alchemilla</i> sp.	AlchemSp
<i>Allium scorodoprasum</i>	AlliScor
<i>Allium vineale</i>	AlliVine
<i>Alopecurus pratensis</i>	AlopPrat
<i>Angelica sylvestris</i>	AngeSylv
<i>Anthericum ramosum</i>	AnthRamo
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	AnthOdor
<i>Anthriscus sylvestris</i>	AnthSylv
<i>Anthyllis vulneraria</i>	AnthVuln
<i>Aquilegia vulgaris</i>	AquiVulg
<i>Arctium tomentosum</i>	ArctTome
<i>Arrhenatherum elatius</i>	ArrhElat
<i>Artemisia vulgaris</i>	ArteVulg
<i>Asarum europaeum</i>	AsarEuro
<i>Asperula cynanchica</i>	AspeCyna
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	AstrGlyc
<i>Astrantia major</i>	AstrMajo
<i>Athyrium filix-femina</i>	AthyFili
<i>Avenella flexuosa</i>	AvenFlex
<i>Avenula pubescens</i>	AvenPube
<i>Betonica officinalis</i>	BetoOffi
<i>Betula pendula</i>	BetuPend
<i>Briza media</i>	BrizMedi
<i>Bromus erectus</i>	BromErec
<i>Calamagrostis epigejos</i>	CalaEpig
<i>Campanula glomerata</i>	CampGlom
<i>Campanula patula</i>	CampPatu
<i>Campanula persicifolia</i>	CampPers
<i>Campanula rapunculoides</i>	CampRapu
<i>Campanula rotundifolia</i>	CampRotu
<i>Campanula trachelium</i>	CampTrac
<i>Carex flacca</i>	CareFlac
<i>Carex flava</i>	CareFlav
<i>Carex hirta</i>	CareHirt

<i>Carex muricata</i>	CareMuri
<i>Carex ovalis</i>	CareOval
<i>Carex pallescens</i>	CarePall
<i>Carex panicea</i>	CarePani
<i>Carex tomentosa</i>	CareTome
<i>Carum carvi</i>	CaruCarv
<i>Centaurea jacea</i>	CentJace
<i>Cerastium holosteoides</i>	CeraHolo
<i>Cichorium intybus</i>	CichInty
<i>Cirsium arvense</i>	CirsArve
<i>Cirsium heterophyllum</i>	CirsHete
<i>Cirsium oleraceum</i>	CirsOler
<i>Cirsium palustre</i>	CirsPalu
<i>Cirsium</i> sp.	CirsSp
<i>Cirsium vulgare</i>	CirsVulg
<i>Clematis vitalba</i>	ClemVita
<i>Colchicum autumnale</i>	ColcAutu
<i>Convolvulus arvensis</i>	ConvArve
<i>Corylus avellana</i>	CoryAvel
<i>Crataegus</i> sp.	CratSp
<i>Crepis biennis</i>	CrepBien
<i>Cruciata glabra</i>	CrucGlab
<i>Cynosurus cristatus</i>	CynoCris
<i>Dactylis glomerata</i>	DactGlom
<i>Daucus carota</i>	DaucCarr
<i>Danthonia decumbens</i>	DantDecu
<i>Deschampsia cespitosa</i>	DeschCes
<i>Dianthus deltoides</i>	DianDel
<i>Dryopteris filix-mas</i>	DryoFili
<i>Elytrigia repens</i>	ElytRepe
<i>Epilobium angustifolium</i>	EpilAngu
<i>Equisetum arvense</i>	EquiArve
<i>Equisetum sylvaticum</i>	EquiSylv
<i>Euphorbia cyparissias</i>	EuphCypa
<i>Euphrasia rostkoviana</i>	EuphRost
<i>Euphrasia stricta</i>	EuphRost
<i>Fagus sylvatica</i>	FaguSylv
<i>Festuca pratensis</i>	FestPrat
<i>Festuca rubra</i>	FestRubr
<i>Filipendula vulgaris</i>	FiliVulg
<i>Fragaria moschata</i>	FragMosc

<i>Fragaria vesca</i>	FragVesc
<i>Fragaria viridis</i>	FragViri
<i>Galeopsis bifida</i>	GaleBifi
<i>Galeopsis pubescens</i>	GalePube
<i>Galeopsis</i> sp.	GaleSp
<i>Galium album</i>	GaliAlbu
<i>Galium aparine</i>	GaliApar
<i>Galium verum</i>	GaliVeru
<i>Genista tinctoria</i>	GeniTinc
<i>Geranium pratense</i>	GeraPrat
<i>Geum urbanum</i>	GeumUrba
<i>Gladiolus imbricatus</i>	GladImbri
<i>Glechoma hederacea</i>	GlecHede
<i>Gymnadenia conopsea</i>	GymnCono
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	HeliGran
<i>Heracleum sphondylium</i>	HeraSpho
<i>Hieracium lachenalii</i>	HierLach
<i>Hieracium pilosella</i>	HierPill
<i>Holcus lanatus</i>	HolcLann
<i>Holcus mollis</i>	HolcMoll
<i>Hypericum hirsutum</i>	HypeHirs
<i>Hypericum maculatum</i>	HypeMacu
<i>Hypericum perforatum</i>	HypePerf
<i>Hypericum tetrapterum</i>	HypeTetr
<i>Hypochaeris maculata</i>	HypoMacu
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	ChaeArom
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	ChaeHirs
<i>Juncus compressus</i>	JuncComp
<i>Juncus effusus</i>	JuncEffu
<i>Knautia arvensis</i>	KnauArve
<i>Lathyrus latifolius</i>	LathLati
<i>Lathyrus pratensis</i>	LathPrat
<i>Lathyrus sylvestris</i>	LathSylv
<i>Leontodon autumnalis</i>	LeonAutu
<i>Leontodon hispidus</i>	LeonHisp
<i>Leucanthemum vulgare</i>	LeucVulg
<i>Linaria vulgaris</i>	LinaVulg
<i>Listera ovata</i>	ListOvat
<i>Lolium multiflorum</i>	LoliMult
<i>Lolium perenne</i>	LoliPere
<i>Lotus corniculatus</i>	LotuCorn
<i>Luzula campestris</i>	LuzuCamp
<i>Luzula luzuloides</i>	LuzuLuzu
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	LychFlos
<i>Lysimachia nummularia</i>	LysiNumm
<i>Lysimachia vulgaris</i>	LysiVulg
<i>Medicago lupulina</i>	MediLupu
<i>Melampyrum nemorosum</i>	MelaNemo
<i>Mentha longifolia</i>	MentLong
<i>Myosotis nemorosa</i>	MyosNemo
<i>Myosotis palustris</i>	MyosPalu
<i>Myosotis sylvatica</i>	MyosSylv

<i>Ononis spinosa</i>	Ononspin
<i>Origanum vulgare</i>	OrigVulg
<i>Oxalis acetosella</i>	OxalAcet
<i>Pastinaca sativa</i>	PastSati
<i>Petasites albus</i>	PetaAlbu
<i>Petasites hybridus</i>	PetaHybr
<i>Phalaris arundinacea</i>	PhalArun
<i>Phleum pratense</i>	PhlePrat
<i>Phyteuma spicatum</i>	PhytSpic
<i>Picea abies</i>	PiceAbie
<i>Pimpinella major</i>	PimpMajo
<i>Pimpinella saxifraga</i>	PimpSaxi
<i>Pinus sylvestris</i>	PinuSylv
<i>Plantago lanceolata</i>	PlanLanc
<i>Plantago media</i>	PlanMedi
<i>Platanthera bifolia</i>	PlatBifo
<i>Poa annua</i>	PoaAnnua
<i>Poa pratensis</i>	PoaPrate
<i>Poa trivialis</i>	PoaTriv
<i>Polygala multicaulis</i>	PolyMult
<i>Polygala vulgaris</i>	PolyVulg
<i>Polygonatum verticillatum</i>	PolyVert
<i>Populus tremula</i>	PopuTrem
<i>Potentilla alba</i>	PoteAlba
<i>Potentilla anserina</i>	PoteAnse
<i>Potentilla erecta</i>	PoteErec
<i>Potentilla reptans</i>	PoteRept
<i>Primula elatior</i>	PrimElat
<i>Prunella vulgaris</i>	PrunVulg
<i>Quercus petraea</i>	QuerPetr
<i>Ranunculus acris</i>	RanuAcri
<i>Ranunculus auricomus</i>	RanuAuri
<i>Ranunculus polyanthemos</i>	RanuPoly
<i>Ranunculus repens</i>	RanuRepe
<i>Rhinanthus major</i>	RhinMajo
<i>Rosa</i> sp.	RosaSp
<i>Rubus idaeus</i>	RubuIdae
<i>Rubus</i> sp.	RubuSp
<i>Rumex acetosa</i>	RumeAcet
<i>Rumex crispus</i>	RumeCris
<i>Rumex obtusifolius</i>	RumeObtu
<i>Salix caprea</i>	SaliCapr
<i>Salix</i> sp.	SaliSp
<i>Salvia pratensis</i>	SalvPrat
<i>Sanguisorba officinalis</i>	SangOffi
<i>Scirpus sylvaticus</i>	ScirSylv
<i>Scrophularia nodosa</i>	ScroNodo
<i>Senecio ovatus</i>	SeneOvat
<i>Silene dioica</i>	SileDioi
<i>Sorbus aucuparia</i>	SorbAucu
<i>Stachys sylvatica</i>	StachSyl
<i>Stellaria graminea</i>	StelGram

<i>Symphytum officinale</i>	SympOffi
<i>Tanacetum vulgare</i>	TanaVulg
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	TaraxSp
<i>Thesium linophyllum</i>	ThesLino
<i>Thymus</i> sp.	ThymSp
<i>Tragopogon orientalis</i>	TragOrie
<i>Traunsteinera globosa</i>	TrauGlob
<i>Trifolium alpestre</i>	TrifAlpe
<i>Trifolium arvense</i>	TrifArve
<i>Trifolium dubium</i>	TrifDubi
<i>Trifolium montanum</i>	TrifMont
<i>Trifolium pratense</i>	TrifPrat
<i>Trifolium repens</i>	TrifRepe
<i>Trisetum flavescens</i>	TrisFlav
<i>Tussilago farfara</i>	TussFarf

<i>Urtica dioica</i>	UrtiDioi
<i>Vaccinium myrtillus</i>	VaccMyrt
<i>Veratrum album</i> ssp. <i>lobelianum</i>	VeraAlbu
<i>Veronica chamaedrys</i>	VeroCham
<i>Veronica officinalis</i>	VeroOffi
<i>Veronica serpyllifolia</i>	VeroSerp
<i>Vicia cracca</i>	ViciCrac
<i>Vicia hirsuta</i>	ViciHirs
<i>Vicia sepium</i>	ViciSepi
<i>Vicia tetrasperma</i>	ViciTetr
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	VincHiru
<i>Viola arvensis</i>	ViolArve
<i>Viola reichenbachiana</i>	ViolReic

7.3. Další charakteristiky jednotlivých sjezdovek

Tab. 5: Počet druhů rostlin a pokryvnosti rostlin, trav a mechů na sjezdovkách.

	sjezdovka	CHKO	umělý sníh	snímkováno	počet druhů	průměrná pokryvnost		
						rostlin	trav	mechů
1	Filipov	Bílé Karpaty	ano	2008	101	98	46	18
2	Jeleňovská	Bílé Karpaty	ne	2007	73	98	65	25
3	Lopata	Bílé Karpaty	ano	2007	58	100	58	26
4	Petrůvka	Bílé Karpaty	ne	2008	53	100	53	66
5	Sehradice	Bílé Karpaty	ne	2008	59	91	76	55
6	Šanov	Bílé Karpaty	ne	2008	59	100	68	23
7	Štrbáň	Bílé Karpaty	ne	2008	102	98	51	21
8	Hovězí	Beskydy	ne	2007	51	99	58	72
9	Karolinka	Beskydy	ano	2007	48	100	50	31
10	Kohútka	Beskydy	ano	2007	67	93	50	40
11	Kubiška	Beskydy	ne	2009	48	99	74	63
12	Kyčerka	Beskydy	ano	2007	49	98	53	30
13	Podřaté	Beskydy	ne	2010	51	96	61	84
14	Sachovka V	Beskydy	ne	2008	59	95	80	35
15	Seník	Beskydy	ne	2007	41	100	54	30
16	Soláň	Beskydy	ano	2007	61	93	63	43
17	Soláň sedlo	Beskydy	ano	2007	57	99	58	29
18	Solisko	Beskydy	ne	2008	47	99	60	71
19	Třeštík	Beskydy	ne	2008	65	100	59	46
20	Vranča	Beskydy	ne	2007	67	96	49	77
21	Kaňúr	Biele Karpaty	ne	2010	88	99	49	61
22	Rajkovec	Biele Karpaty	ne	2010	74	99	38	52
23	Podjavorník	Kysuce	ne	2010	85	96	49	61
24	Ski Makov	Kysuce	ano	2010	78	94	50	10

Tab. 6: Výsledky chemických analýz umělého a přírodního sněhu (tučně jsou vyšší hodnoty daného faktoru).

		sníh	pH		konduktivita		NH ₄		NO ₃		SO ₄		Ca	
			2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Bílé Karpaty	Lopata	umělý	9,58	9,06	74,6	35,4	477,0	599,0	1080,0	561,0	115,18	9,97	8,22	12,12
		přírodní	4,53	4,50	23,3	29,6	616,0	1280,0	616,0	1040,0	1,17	9,82	0,11	0,69
	Filipov	umělý	9,68	9,27	255,0	35,8	45,4	688,0	1820,0	589,0	40,55	9,12	91,20	0,50
		přírodní	4,74	4,66	19,2	21,3	389,0	1130,0	716,0	936,0	1,27	4,83	0,13	12,13
Beskydy	Karolinka	umělý	9,57	9,70	116,9	72,3	152,0	352,0	793,0	560,0	4,81	10,36	15,90	9,70
		přírodní	5,64	5,36	34,5	14,7	278,0	960,0	504,0	771,0	6,75	5,14	1,03	0,23
	Razula	umělý	8,23	9,63	180,1	94,6	128,0	335,0	926,0	599,0	17,95	10,95	20,50	7,40
		přírodní	4,97	4,84	31,0	17,9	337,0	1210,0	272,0	926,0	9,48	4,76	0,22	0,27
	Kyčerka	umělý	9,02	-	162,4	-	134,0	-	922,0	-	8,02	-	37,20	-
		přírodní	5,66	-	25,1	-	309,0	-	337,0	-	1,25	-	0,28	-

7.4. Obrazová dokumentace



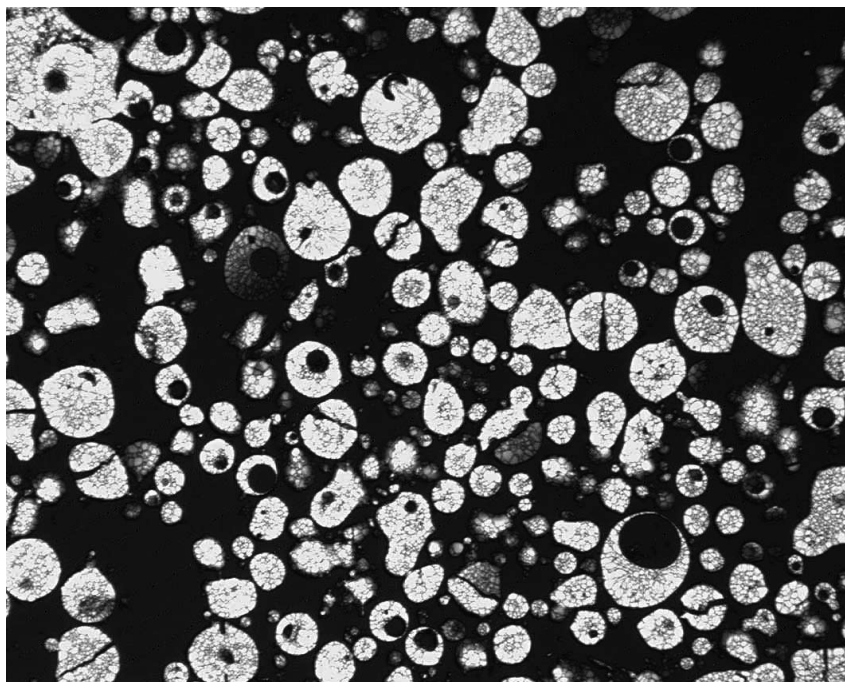
Obr. 4: V popředí povrch sjezdovky Soláň narušený sněžnou rolbou. Na snímku je také vidět nádrž na vodu pro výrobu umělého sněhu. Snímek Jany Jersákové.



Obr. 5: Sjezdovka Soláň na jaře 2007 s vydřenou vegetací. Snímek Jany Jersákové.



Obr. 6: Pozdní tání sněhu na uměle zasněžovaných sjezdovkách (zdroj RIXEN ET AL. 2002).



Obr. 7: Mikroskopický snímek umělého sněhu (zdroj FAUVE ET AL. 2002).



Obr. 8: Přenosné sněžné dělo (foto ze sjezdovky Razula, CHKO Beskydy).