

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Vliv pastevního managementu na výskyt *Veratrum album*
subsp. *lobelianum* na hospodařících loukách
v Krkonošském národním parku**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Barbora Kulichová

Obor studia: Ekologické zemědělství

Vedoucí práce: RNDr. Milan Skalický, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv pastevního managementu na výskyt *Veratrum album* subsp. *lobelianum* na hospodařících loukách v Krkonošském národním parku“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11. 4. 2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce RNDr. Milanu Skalickému, Ph.D. a konzultantce RNDr. Alžbětě Čejkové, Ph.D. Dále bych ráda poděkovala všem ostatním, kteří se podíleli na vzniku této diplomové práce: doc. Ing. Ondřej Drábek, Ph.D., Mgr. Lucie Procházková, Ing. Veronika Petřů, Ing. Jitka Skalická, Ph.D., Ing. Marko Spasic a Ing. Pavla Vachová, Ph.D.

Vliv pastevního managementu na výskyt *Veratrum album* subsp. *lobelianum* na hospodařících loukách v Krkonošském národním parku

Souhrn

Práce byla řešena na luční enklávě okolo chaty Děvín, která se nachází v lokalitě Studničních bud ve východních Krkonoších.

Veratrum album subsp. *lobelianum* je pro většinu býložravců toxický druh, který se vyskytuje v horských travních porostech (Kleijn & Steinger 2002). Na pozemcích udržovaných pomocí pastvy tak může dosahovat lokální dominance, čímž snižuje druhovou bohatost jedinečných horských biotopů (Callaway et al. 2009).

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit vliv různých managementů (pastva; pastva a seč; pastva a disturbance; pastva, seč a disturbance; kontrola bez pastvy) na počet jedinců a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Dalším cílem bylo stanovení některých abiotických faktorů stanoviště (půdní reakce, zásoba některých půdních živin) a zjištění vlivu zásoby půdních živin na výskyt druhu. Posledním cílem bylo navrhnout vhodný management pro regulaci druhu na základě výsledků práce a literární rešerše.

Nebyly zjištěny průkazné rozdíly ve vlivu managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Nejprudší pokles počtu jedinců a pokryvnosti byl ale zaznamenán u managementů, které využívaly v kombinaci s pastvou disturbance jedinců jejich vyrytím. Rozdíl v počtu jedinců a pokryvnosti mezi plochami s pastvou a bez pastvy nebyl průkazný. Bylo prokázáno, že počet jedinců a pokryvnost jsou přístupným obsahem některých půdních živin (P, K, Mg, Cd, Cr, Pb, As) ovlivněny z 57 %.

Byla navržena doporučení pro stávající péči o horské lokality, ve kterých dosahuje tento druh lokální dominance. Jedná se především o dřívější zahájení pastvy v dotčených lokalitách, nebo o seč porostu, kdy jsou jedinci *Veratrum album* subsp. *lobelianum* ve fázi prvních pravých listů, tedy v době nejintenzivnější asimilace. Dále se jedná o prodloužení doby pastevního cyklu v lokalitě a kombinaci pastvy s kosením. Při ohniskovém výskytu na menších plochách je výhodné kombinovat pastvu s disturbance jedinců jejich vyrytím.

Bližší nastavení managementových zásad je možné na základě analýzy dalších abiotických a antropogenních faktorů stanoviště a stanovení jejich interakce s tímto druhem. Jedná se zejména o stanovení obsahu dusíku v půdě a popsání jeho vztahu k výskytu druhu. Dále se jedná o zjištění vlivu pastvy skotu na výskyt druhu tam, kde pastvu skotu umožňují topografické a klimatické podmínky.

Klíčová slova: pastevní management, horské louky a pastviny, regulace expanzivních druhů, *Veratrum album* subsp. *lobelianum*, Krkonošský národní park

Influence of grazing management on the occurrence of *Veratrum album* subsp. *lobelianum* on farm meadows in the Krkonoše National Park (Czech Republic)

Summary

The thesis was implemented in the meadow enclave around the Děvín cottage, which is a part of Studniční boudy cottages, situated in the eastern Giant Mountains.

Veratrum album subsp. *lobelianum* is a toxic species of mountain grasslands for most of the herbivores (Kleijn & Steinger 2002). This species can achieve local dominance in the habitats with pasture, therefore it can reduce species diversity in the unique mountain habitats (Callaway et al. 2009).

The main aim of this thesis was to evaluate the influence of different managements (grazing; grazing and mowing; grazing and mowing and disturbance, control without pasture) on the number of stems and abundance of *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Another aim was to describe some abiotic factors of the habitat (soil reaction, soil nutrients) and relation between soil nutrients and occurrence of *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Last aim was to suggest a suitable management for regulation of this species based on literature research and results of this thesis.

There were no significant differences in the influence of management and length of its application on number of stems and abundance of *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. The sharpest decline in the number of stems and abundance was detected at managements, which were combined with disturbance of individuals (by its carving). There were no significant differences in number of stems and abundance between plots with pastures and without pastures. There was significant influence of soil nutrients (P, K, Mg, Cd, Cr, Pb, As) on number of stems and abundance, described variability was 57 %.

There was recommended modification for current management in the discussion. The main recommendation is earlier start of grazing in the pasture season or the mowing of the stems in the phase of first leaf (at the time of the most intensive assimilation). Next recommendation is extension of length of rotational grazing and combination of grazing with mowing. Disturbance could be applied, if there is focal occurrence of *Veratrum album* subsp. *Lobelianum*.

For more precise management it is necessary to analyse other abiotic and anthropogenic factors and indicate their interaction with this species. It particularly means to determine contents of soil nutrients and to describe its relation to occurrence of this species. Furthermore it means describing the influence of cattle grazing to occurrence of this species.

Keywords: grazing management, mountain meadows and grasslands, regulation of expansive species, *Veratrum album* subsp. *lobelianum*, Krkonoše National Park

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíl práce	10
2.1 Hypotézy	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Krkonoše	11
3.1.1 Geografické vymezení Krkonoš a zájmové lokality.....	11
3.1.2 Georeliéf, geomorfologie a geologické podloží.....	12
3.1.3 Klimatické podmínky.....	12
3.1.4 Hydrologické poměry a vodopis.....	13
3.1.5 Půdní poměry.....	13
3.1.6 Vegetační poměry.....	13
3.2 Krkonošský národní park (KRNAP)	14
3.2.1 Předmět ochrany.....	14
3.2.2 Natura 2000.....	15
3.3 Hospodaření na území Krkonoš	15
3.3.1 Vývoj hospodaření v Krkonoších.....	15
3.3.2 Budní hospodaření.....	16
3.3.3 Změny v hospodaření během 20. století.....	17
3.3.4 Dnešní péče o horské travní porosty.....	18
3.4 Pastva zvířat na polopřirozených travních porostech	18
3.4.1 Pastva ovcí.....	20
3.5 Půdní reakce a zásoba živin	20
3.6 Veratrum album subsp. lobelianum	21
3.6.1 Původ, rozšíření a výskyt.....	22
3.6.2 Fyziologie.....	24
3.6.3 Rozmnožování.....	25
3.6.4 Alkaloidy a toxicita.....	26
3.6.5 Pastevní plevel.....	26
3.6.6 Populace a přirozená regulace druhu.....	27
4 Metodika	29
4.1 Referenční plochy	29
4.1.1 Odečítání počtu jedinců a pokryvnosti.....	31
4.1.2 Popis bylinného patra.....	32
4.2 Půdní vzorky	32
4.2.1 Spektrometrické měření obsahu prvků v půdě.....	33
4.2.2 Pedologická sonda a laboratorní stanovení živin.....	33
4.2.3 Stanovení přístupných živin dle Mehlicha III.....	34
4.2.4 Stanovení aktivní a výměnné půdní reakce.....	34

4.3	Zpracování dat	34
4.4	Charakteristika lokality.....	35
4.4.1	Biotop zájmové lokality, vegetační pokryv a ekologie.....	36
4.4.2	Historie využívání pozemků v zájmové lokalitě.....	37
4.4.3	Současná péče	38
5	Výsledky.....	39
5.1	Popis bylinného patra	39
5.2	Půdní vzorky.....	40
5.2.1	Spektrometrické stanovení celkového obsahu živin.....	40
5.2.2	Spektrometrické stanovení celkového obsahu rizikových prvků	43
5.2.3	Obsah přístupných živin dle Mehlicha III	46
5.2.4	Obsah přístupných rizikových prvků dle Mehlicha III.....	49
5.2.5	Půdní reakce.....	54
5.3	Počet jedinců a pokryvnost <i>Veratrum album</i> subsp. <i>lobelianum</i>	55
5.3.1	Vliv managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců.....	57
5.3.2	Vliv managementu a délky jeho aplikace na pokryvnost	58
5.3.3	Rozdíl v počtu jedinců a pokryvnosti mezi jednotlivými roky odečítání.	60
5.3.4	Rozdíly v počtu jedinců a pokryvnosti na referenčních plochách	62
5.3.5	Vliv pastvy na počet jedinců a pokryvnost.....	64
5.4	Závislost počtu jedinců a pokryvnosti na obsahu živin	66
6	Diskuze.....	69
6.1	Popis bylinného patra	70
6.2	Půdní vzorky.....	71
6.2.1	Spektrometrické měření	71
6.2.2	Obsah přístupných živin dle Mehlicha III	72
6.2.3	Rozdíly v celkovém a přístupném obsahu prvků.....	72
6.2.4	Půdní reakce.....	73
6.3	Počet jedinců a pokryvnost <i>Veratrum album</i> subsp. <i>lobelianum</i>	73
6.3.1	Vliv managementu na počet jedinců a pokryvnost.....	74
6.3.2	Rozdíly v počtu jedinců a pokryvnosti na referenčních plochách"	75
6.3.3	Vliv pastvy na počet jedinců a pokryvnost.....	75
6.4	Vliv zásoby živin na počet jedinců a pokryvnosti	75
6.5	Návrh a doporučení vhodných managementů pro regulaci výskytu <i>Veratrum album</i> subsp. <i>lobelianum</i>	76
6.5.1	Možné příčiny lokální dominance	76
6.5.2	Přednostní management na pozemcích s lokální dominancí	78
6.5.3	Disturbance a možné alternativy.....	79
6.5.4	Pastva jako způsob údržby horských travních porostů.....	80
7	Závěr.....	81

8 Literatura.....	82
9 Přílohy	I

1 Úvod

Krkonošský národní park patří svou rozlohou mezi největší evropská chráněná území (Sýkora et al. 1983). Setkává se zde alpská, severská a středoevropská květena, čímž zde vznikly rozmanité a druhově bohaté biotopy (Štursa et al. 2003).

Z hlediska hospodářského využití patří horské lokality mezi zemědělsky marginalní oblasti, které ve střední Evropě tvoří poslední ostrovy biodiverzity zemědělské krajiny (Kleijn & Müller-Schärer 2006). Nejvýznamnějším využitím těchto oblastí je produkce píce pro hospodářská zvířata, ať už formou pastvy nebo seče. Pastva hospodářských zvířat a pravidelná seč jsou jedny z nejdůležitějších vlivů člověka na krajinu a ekosystém (Callaway et al. 2009). Díky takovému hospodaření se v Krkonoších od počátku 16. století do 1. světové války vyvíjel jeden z nejrozmanitějších biotopů horských společenstev – horská květnatá louka (Lokvenc 1978).

Druhová bohatost takových stanovišť může být ohrožena necitlivým hospodařením (Callaway et al. 2009) nebo jeho úplnou absencí, jako tomu například nastalo s intenzifikací zemědělství, kdy se produkce začala stěhovat do úrodnějších oblastí, zatímco méně úrodné oblasti byly opuštěny (Hejcman et al. 2008).

Důsledkem necitlivého hospodaření nebo jeho absence může být zarůstání zmíněných společenstev expanzivními druhy a pokles druhové rozmanitosti. Některé expandující druhy jsou zároveň tzv. pastevními plevele (Kleijn & Steinger 2002). Mezi pastevní plevele je řazen druh *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Z hospodářského hlediska se jedná o lokálně dominující jedovatý druh horských lučních společenstev (Hesse et al. 2008), u kterého byl prokázán negativní vliv na druhovou bohatost stanoviště (Kleijn & Müller-Schärer 2006). Druhovou bohatost stanoviště může tento druh zredukovat až o jednu třetinu (Da Ronch & Ziliotto 2008), čímž může ohrozit jedinečnost chráněných lokalit v Krkonošském národním parku. Zároveň *Veratrum album* subsp. *lobelianum* snižuje kvůli své toxicitě kvalitu pastevní píce (Kleijn & Steinger 2002). V poslední dekádě bylo zaznamenáno rapidní rozšíření tohoto druhu, jehož příčinou je nejspíše nevyužívání krajiny většiny horských oblastí (Hesse et al. 2008; Zeidler et al. 2014).

Zpřesnění predikce vývoje takových druhů a nastavení managementových zásad je možné na základě přímého měření změn abiotických i antropogenních faktorů a studování reakcí daného druhu. Mezi abiotické faktory patří zejména topografie, vlastnosti půdy a substrátu. Mezi antropogenní patří zejména management rostlinných společenstev, a to jak ten aktuální, tak i management aplikovaný v minulosti (Zeidler et al. 2014).

Tato práce se proto zabývá managementy, které by mohly regulovat výskyt jedinců *Veratrum album* subsp. *lobelianum* v horských travních porostech. Dále se práce zabývá stanovením některých půdních charakteristik v zájmové lokalitě (půdní reakce, obsah některých živin) a určením vztahu mezi obsahem některých živin a výskytem tohoto druhu.

2 Cíl práce

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit vliv různých způsobů regulace *Veratrum album* subsp. *lobelianum* v luční enklávě okolo chaty Děvín (Pec pod Sněžkou, Krkonošský národní park). Zároveň si práce kladla za cíl navrhnout vhodný management pro snižování počtu jedinců zmíněného druhu. Dílčími cíly bylo stanovení zásoby půdních živin a půdní reakce na referenčních plochách, určení, zdali se zásoba půdních živin liší z hlediska rozložení v terénu a jestli zásoba živin má vliv na výskyt druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum*.

2.1 Hypotézy

H1: Každý management ovlivňuje početnost a pokryvnost druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* do různé míry.

H2: Plochy, které jsou pod vlivem pastvy, se z hlediska početnosti a pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum* neliší od referenční plochy bez pastvy.

H3: Početnost a pokryvnost druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* bude pod chatou vyšší než nad chatou.

H4: Existuje závislost mezi zásobou půdních živin a výskytem (početností a pokryvností) *Veratrum album* subsp. *lobelianum*.

H5: Existuje rozdíl v zásobě živin na referenčních plochách z hlediska jejich rozložení v terénu (pod chalupou, vedle chalupy, nad chalupou).

3 Literární rešerše

3.1 Krkonoše

Práce se zabývá výzkumem v Krkonoších. Krkonoše jsou nejvyšším pohořím České republiky a střední Evropy, které vyplňuje severní okraj území České republiky při hranici s Polskem. Na území tohoto pohoří se rozkládá Krkonošský národní park (KRNAP), který je velkoplošně chráněným územím (Rybář 1989) a součástí biosférické rezervace UNESCO (Štursa et al. 2003).

3.1.1 Geografické vymezení Krkonoš a zájmové lokality

Za základ pro vymezení tohoto horského celku považuje Pilous (2007) orografické členění a hranice Krkonošského národního parku. Masiv zaujímá plochu 639 km², z čehož 454 km² leží na území České republiky a 185 km² na území Polské republiky. Nejvyšší horou je Sněžka (1 602 m n. m.), následuje Luční hora, Studniční hora a Vysoké kolo (Pilous 2007).

Zájmová oblast se nachází v katastru Pece pod Sněžkou u chaty Děvín, která je součástí tzv. Studničních bud, při kraji lavinového svahu mezi Studniční horou a Luční horou pod tzv. Mapou republiky, což je nejdéle ležící sněhová pokrývka na území České republiky (Pilous 2007). Bližší údaje o lokalitě budou popsány v kapitole 4.4 Charakteristika lokality.



Obrázek č. 1: Poloha zájmové lokality (upraveno dle: Mapový server a GIS KRNAP 2019)

3.1.2 Georeliéf, geomorfologie a geologické podloží

Krkonošský masiv vznikl v průběhu kadomského, hercynského a alpínského vrásnění, dále byl dotvarován činností ledovců. K severnímu úpatí dosahoval ve čtvrtohorách kontinentální ledovec, se kterým se do Krkonoš dostala většina glaciálních reliktů (viz kapitola 3.2.1 Předmět ochrany). Z tohoto ledovce vznikaly místní údolní ledovce, které zpětnou erozí formovaly kary, údolí, morény a jezera (Migoň & Pilous 2007).

Krkonoše v české části dělí Sýkora et al. (1983) na tři podcelky: Krkonošské hřbety, Krkonošské rozsochy a Vrchlabská rovina. Krkonošské hřbety jsou nejvyšší částí pohoří, přiléhají ze severní strany. Tvoří jej Slezský a Český hřbet. Krkonošské rozsochy zaujímají největší část území, jsou složeny z jednotlivých vrcholů a elevací. Vrchlabská vrchovina se nachází na jižním okraji, tvoří ji údolí vzniklé tektonickou činností (Sýkora et al. 1983).

Nejčastější horninou jsou různé typy břidlic, především krystalické břidlice, které tvoří podloží zájmové lokality. Uprostřed břidlicového podloží se nachází žulový masiv, který tvoří vrcholové části hor. Celou tuto jednotku krystalických břidlic a žulového masivu nazývají Král & Svoboda (1983) jako krkonošsko-jizerské krystalinikum. Z krystalických břidlic jsou nejčastěji zastoupeny svory a ortoruly. Dalšími častými horninami jsou fylity, kvarcity a krystalické vápence (Krahulec et al. 1996).

3.1.3 Klimatické podmínky

Krkonoše tvoří společně s Jizerskými horami jeden geomorfologický celek, tedy jakýsi přirozený horský val. Do horského valu ze severní strany naráží vlhké a studené proudění z Atlantiku, které udává chladné a vlhké klima. Klima je zároveň ovlivňováno západním prouděním, tedy mořskými vlivy (Lokvenc 1978). Podle Quittovy klasifikace je většina území Krkonoš řazena do oblasti chladné klimatické jednotky (Ch), vyšší polohy náleží do třídy Ch4, střední do Ch6 a nižší do Ch7. Zájmová lokalita se nachází ve třídě Ch4 (Metelka et al. 2007). Charakteristiky této třídy vidíme v následující tabulce.

Tabulka č. 1: Charakteristiky klimatické třídy Ch4 (upraveno dle Quitt 1971)

Léto	vlhké, chladné, krátké
Zima	chladná, velmi dlouhá
Srážkový úhrn ve vegetačním období	600 – 700 mm
Srážkový úhrn mimo vegetační období	400 – 500 mm
Měsíc s nejvyšším úhrnem srážek	srpen
Měsíc s nejnižším úhrnem srážek	březen
Trvání sněhové pokrývky	140 – 160 dní

Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 0 °C a 6 °C. Teplota je ale závislá na nadmořské výšce. Platí, že na každých 100 m nadmořské výšky se teplota sníží o 0,5 – 1 °C. Pro počátek růstu vegetace je však rozhodující teplota nad 10 °C. Tato denní teplota přichází v klimatické oblasti Ch4 okolo 25. května a je ukončena je přibližně 17. září. Vegetační období zde tedy trvá 51 – 102 dní (Hladný & Sýkora 1983).

3.1.4 Hydrologické poměry a vodopis

Krkonoše jsou významnou oblastí pramenišť, která ovlivňují zejména tok řeky Labe. Roční úhrn srážek je v Krkonoších 1200 až 1600 mm. Povodím odtéká až 80 % srážek (Tesař & Pilous 2007). Velké množství svahů, zejména nechráněných, je ohroženo erozí (Hladný & Sýkora 1983), včetně naší zájmové lokality. Dle Mapové služby WMS (2017) je v zájmové lokalitě faktor délky a sklonu svahu v kategorii nejhroženější, maximální přípustná hodnota ochranného vlivu vegetace (Cp) je na nejnižší možné hranici, tedy do 0,005.

Říční síť je na české straně pohoří členitější. Řeky mají charakter horských bystřin s velkým spádem koryta, prudkým tokem a častými výkyvy hladiny. Hlavní tok tvoří Labe s bočními přítoky na české straně: Medvědí potok, Bílé Labe a Svatopeterský potok. Nejvyšší průtok je dlouhodobě pozorován od března do května (Tesař & Pilous 2007).

3.1.5 Půdní poměry

Půdy Krkonoš leží na kyselém geologickém podloží a jsou vystaveny chladnému a vlhkému klimatu. Pro zdejší půdy je typický mělký humusový horizont a střední až vysoký obsah humusu špatné kvality. Většina půd je písčitohlinitá až hlinitopísčítá. Půdní reakce je kyselá, sorpční vlastnosti jsou slabé. Půdy mají obecně malou zásobu živin (Tomášek & Zuska 1983).

V Krkonoších je patrná výšková půdní zonace. V nižších polohách od 500 m n. m. nalezneme hnědé lesní půdy, ve vyšších polohách od 1000 m n. m. humusové a rašelinové podzoly. Vzácně se na vápencovém podloží nachází rendziny. Podél vodních toků se vyskytují nivní a glejové půdy. Na náhorních planinách leží půdy rašelinné půdy a na vrcholcích nejvyšších hor tzv. kamenité alpské půdy (Štursa et al. 2003).

Zájmovou lokalitu tvoří převážně půdy podzolové. Pro tyto půdy je typické hromadění organické hmoty v horním horizontu. Pod tímto horizontem se nachází ochuzený, tzv. eluviální, horizont, dále pak rezivý obohacený, tzv. iluviální, horizont. Obsah humusu je sice vysoký, ale humus není kvalitní. Ze zrnitostního pohledu se jedná o půdu hlinitopísčítou s vysokým podílem hrubého písku. Sorpční schopnosti půdy jsou velmi nízké, zásoby živin jsou malé. Nízká je i hodnota pH, která se pohybuje v rozmezí kyselých až velmi kyselých půd. Silná kyselost způsobuje rozpad primárních minerálů a jílových minerálů, přičemž se z mezimřížkových prostor vyplavují ionty, které migrují v půdním profilu (viz iluviální horizont). Tyto půdy mají sníženou produkční schopnost (Tomášek & Zuska 1983).

3.1.6 Vegetační poměry

Krkonoše jsou nejsevernějším pohořím střední Evropy. Tato poloha podmínila střet druhů horské severské tundry a alpských trávníků. Jedná se o tzv. biogeografickou křižovatku, pro kterou je typická mozaikovitost ekosystémů. Zároveň je druhové složení rostlin ovlivněno dlouholetým vývojem. Výsledkem je složení organismů různého původu a stáří. Tato různorodost je nejzřetelnější v různých nadmořských výškách. Proto se pro popis vegetačních poměrů užívají tzv. výškové vegetační stupně (Štursa 2007).

Výškové vegetační stupně jsou tedy výsledkem souhry přírodních podmínek. V určitém rozpětí nadmořské výšky převládá jeden či několik druhů rostlin, které určují celkový charakter místa. V oblastech od 400 do 800 m n. m. se jedná o stupeň submontánní. Přirozenými ekosystémy jsou listnaté či smíšené horské pralesy, které jsou většinou nahrazeny smrkovými monokulturami. V nadmořské výšce 800 – 1200 m n. m. se rozkládá montánní, neboli horský, stupeň. Přirozenými ekosystémy jsou smíšené a smrkové horské lesy, které často vykáceny a vznikly zde bezlesé enklávy s druhově bohatými loukami. Subalpínský vegetační stupeň leží ve výšce 1200 – 1450 m n. m., tedy nad horní hranici přirozeného lesa. Převládají zde klečové porosty, smilkové louky a rašeliniště. Alpínský vegetační stupeň leží ve výšce 1450 - 1602 m n. m. Jedná se o izolované vrcholy nejvyšších hor. Převažují zde traviny, mechy a lišejníky (Štursa 2007).

Zájmová lokalita se nachází v montánním vegetačním stupni s pozvolným přechodem do subalpínského. Výzkum k diplomové práci probíhá na bezlesé luční enklávě: horské louce. Krahulec et al. (1996) popisuje původ horských luk jako výsledek citlivého hospodaření. Tyto louky řadí mezi nejcennější botanický komplex Krkonoš, zejména kvůli své druhové rozmanitosti. Horské louky vznikaly v místech původní vegetace smrkového či smíšeného lesa, proto se do lučních enkláv rozšířilo mnoho druhů lesního bylinného patra, například *Polygonatum verticilatum* nebo *Luzula luzuloides*. Další druhy se sem rozšířily z ledovcových karů, niv, pramenišť a záměrným výsevem člověka, například *Myrrhis odorata*. Druhová rozmanitost je také dána způsobem hospodaření na konkrétním pozemku – viz kapitola 3.3 Hospodaření na území Krkonoš (Buchar et al. 1983).

3.2 Krkonošský národní park (KRNAP)

Na ploše Krkonošského masivu se rozkládá Krkonošský národní park o rozloze 631 km², přičemž 454 km² se nachází na území České republiky a 177 km² na území Polské republiky. Park byl založen roku 1963. Svou rozlohou 38500 ha patří mezi největší evropská chráněná území (Sýkora et al. 1983). Aktuálně území parku je rozděleno do tří stupňů ochrany a okolo vnějších hranic parku se navíc rozkládá tzv. ochranné pásmo (Vaněk et al. 2007). V současné době se však připravuje nová zonace národního parku (Mapový server a GIS KRNAP 2019), proto není toto téma dále rozvedeno.

3.2.1 Předmět ochrany

Předmětem ochrany jsou zmíněné druhově bohaté ekosystémy a jejich společenstva. V Krkonošském národním parku bylo popsáno přes 1200 druhů vyšších rostlin. Z toho je známo 31 endemitických druhů rostlin, například *Campanula rotundifolia* subsp. *sudetica*, *Sorbus sudetica*, *Pimpinella saxifraga* subsp. *rupestris*, atd. Nelze opomenout ani unikátní druhy, které jsou pozůstatkem z poslední doby ledové, tzv. glaciální relikty. Z vyšších rostlin to jsou například *Saxifraga nivalis* nebo *Rubus chamaeorus*. Krkonoše tak mají v rámci Evropy velký význam, jelikož zde leží hranice geografického rozšíření zmíněných glaciálních reliktních (Šourek 1969).

Mezi druhově nejbohatší ekosystémy patří květnaté horské louky v montánním a subalpínském vegetačním stupni, které vznikly především díky systému

tzv. budního hospodaření (Krahulec et al. 1996). Takové louky jsou biotopem velkého množství chráněných rostlin, například vzácných druhů jako jsou *Viola lutea* subsp. *sudetica*, *Campanula bohemica*, *Gentiana asclepiadea* nebo *Geum montanum* (Štursa 2007).

Druhově bohaté jsou i ekosystémy tzv. alpínských niv, které se nachází na závětrných svazích ledovcových karů. Větrm se sem dostávají semena z celého pohoří i nižších poloh a setkávají se zde horské a nížinné druhy, například *Sorbus sudetica*, *Prunus padus* subsp. *bodalis* nebo *Trollius europaeus*. Vlhkomilnou vegetaci, závislou na zdroji chladné a proudící vody, nalezneme v ekosystémech horských pramenišť. Nejvýznamnějšími druhy jsou zde například *Philonotis fontana* nebo *Dichodontium palustre*. Nejvíce glaciálních reliktních uchovávají ekosystémy subarktických rašeliníšť. Patří sem například *Pedicularis sudetica* nebo *Sphagnum lindbergii* (Štursa et al. 2003).

Mezi unikátní evropské ekosystémy patří i smilkové severské louky, které jsou tvořeny druhově chudou travnatou tundrou nad horní hranicí lesa, dominuje zde *Nardus stricta*, *Luzula sudetica* a *Carex bigelowii* subsp. *rigida*. Dále pak nalezneme na izolovaných vrcholcích ekosystémy lišejníkové tundry. V kamenitých sutích se nachází řídká vegetace mechorostů, lišejníků a travin, z výtrusných rostlin to je například *Huperzia selago* nebo *Diphasiastrum alpinum* (Štursa 2007).

3.2.2 Natura 2000

Krkonošský národní park je součástí soustavy zvláště chráněných území Natura 2000. Hlavním cílem této evropské soustavy je udržení biologické diverzity krajiny. Jednou z nejdůležitějších částí této ochrany je praktický management, tedy všechny způsoby zacházení s biotopem. Hlavními úkoly managementu je zastavení ekologické sukcese na stanovišti v určitém stadiu, snížení eutrofizace a zabránění v šíření expanzivních či invazivních druhů. Tímto způsobem je možné udržet druhově rozmanitá stanoviště. Do soustavy Natura 2000 je zařazeno téměř celé území národního parku, tedy i zájmová lokalita (Háková et al. 2004).

3.3 Hospodaření na území Krkonoš

Ve všech výškových stupních se setkáváme s odlesněnými plochami, na kterých převládá luční vegetace. Mezi druhově nejbohatší biotopy v Krkonoších patří louky podhorského, horského a částečně subalpínského stupně, často jsou souhrnně označovány jako květnaté horské louky. Jejich vznik a vývoj je spojen se zemědělským vývojem v Krkonoších (Buchar et al. 1983). Proto je pro pochopení vztahů na těchto stanovištích nutné tento vývoj přiblížit.

3.3.1 Vývoj hospodaření v Krkonoších

Kapitola se věnuje především hospodaření na vrcholcích Krkonoš, náhorních planinách a v oblastech vyšších než 1000 m n. m. Hospodaření v údolních obcích se totiž vyvíjelo odlišným způsobem (Lokvenc 1978).

Od prvního osídlení byla obživa zdejšího obyvatelstva založená především na těžbě dřeva a nerostů. Těžba dřeva probíhala do 18. století holosečně. Na vzniklých pasekách dřevaři příležitostně pásli dobytek. Vyrůstal tak trend pastevectví. Většina hospodářských zvířat byla najímána na letní pastvu a přicházela z nížin. K zimnímu ustájení se zvířata vracela zpět do nížin. Při pastvinách vznikaly jednodušší přístřešky – letní boudy. Páslo se zejména v místech s mezerovitým porostem lesa a v oblasti okolo horní hranice lesa. Zde lze upozorovat na základy tzv. budního hospodaření (Lokvenc 1978).

Tricetiletá válka přinesla hospodářské změny. Pastva byla regulována, ale stále pokračovala. Dokonce byla příkázána v místech, kde nešlo půdu využít k jiné produkci (nejvyšší polohy). Na počátku 19. století došlo ke striktní regulaci pastvy z důvodu pomalé nebo žádné obnovy lesa. Pro rychlejší obnovu lesa byla omezena lesní pastva a později s josefínskými reformami úplně zakázána (Lokvenc 1978).

3.3.2 Budní hospodaření

Budní hospodaření je jedním z nejvýznamnějších projevů lidské činnosti v Krkonoších, jelikož zásadně ovlivnilo krkonošskou přírodu. Toto hospodaření rozrušilo souvislou plochu lesů do mozaikovitých biotopů. Na obhospodařovaných plochách se postupně tvořily druhotné nelesní ekosystémy – pastviny a květnaté horské louky, které zvýšili biologickou rozmanitost Krkonoš (Lokvenc 2007).

Počátky budního hospodaření lze datovat na počátek 18. století. Největší rozvoj proběhl v 80. letech 18. století se zrušením nevolnictví. Od této doby vznikají stabilní, tedy celoročně obydlené, horské boudy. Horské boudy měly ve svém okolí pozemky s loukou pro seno, pastvinou a s částí lesa. Většina hospodářských zvířat byla v soukromém vlastnictví hospodářů. Na zimu se tedy dobytek nevracel do nížin, ale zůstával ve staveních při boudách. Potřeba zimního krmení byla pokryta senem z luk v okolí boudy (Lokvenc, 1978).

Pro potřebu pastvy i sena vznikaly okolo bud odlesněné plochy, což zapříčinilo pokles hranice lesa pod meze obhospodařovaných pozemků. Pečlivě prováděný management tak dal vzniknout květnatým loukám. Většina luk se tvořila ve vegetačním stupni smíšeného a smrkového lesa, a proto se na louky rozšířilo mnoho zástupců bylinného lesního patra. Jedná se například o *Polygonatum verticillatum* nebo *Luzula luzuoides*. Další druhy se sem rozšířily z okolních biotopů, jako jsou prameniště, nivy a louky nižších poloh. Některé druhy, například *Myrrhis odorata*, sem záměrně vysadil člověk (Buchar et al. 1983).

Pestrost luk byla ovlivněna terénem a především intenzitou obhospodařování. O vzdálenější místa od stavení bylo pečováno s nižší intenzitou (Buchar et al. 1983). Okolo bud tak vznikaly různé vegetační zóny s odlišnou vegetací (Krahulec et al. 1996). V blízkosti stavení se vytvořily tzv. travní zahrady, což byly intenzivně kultivované a hnojené plochy. Některé plochy byly dokonce zavlažovány nebo vápněny. Záměrným přehnojováním poskytovaly vysoké výnosy kvalitního sena. Takové plochy se využívaly převážně pro seč a zajištění krmiva na zimu. Dominovaly zde druhy horských trojštětových luk, například *Silene dioica*, *Festuca rubra* nebo *Alopecurus pratensis*. Tato zóna byla z hlediska počtu druhů chudší než ostatní zóny (Chytrý et al. 2010).

Druhou zónu tvořily vzdálenější plochy od bud. Byly rozděleny na pastviny a seniště s různým výnosem dle nadmořské výšky a terénu. Střídal se zde pastva s nízkou intenzitou

a kosení. Seč obvykle probíhala jednou za rok, ve vyšších polohách obrok. Tato zóna byla hnojena zřídka a vždy jen na malé ploše. Vznikala tak mezotrofní a druhově bohatá stanoviště. Ve druhé zóně se nacházelo největší množství druhů, včetně těch vzácnějších, jako je například *Viola lutea* subsp. *sudetica*, *Campanula bohemica*, *Rhinanthus alpinus* nebo *Arnica montana* (Krahulec et al. 1996) Ve vyšších polohách, kde bezlesé plochy vznikaly vymýcením kosodřeviny, převládaly druhově chudé smilkové hole (Lokvenc 1978).

Pastva zvířat probíhala od konce června do konce srpna či září. Týden před zahájením pastvy a týden před jejím ukončením si dobytek zvykal na změnu krmiva tak, že byl zahrán do chléva, kde byl krmen krmnou dávkou, která byla z jedné poloviny uhrazena suchým krmivem a z druhé poloviny čerstvou pící. Páslo se v lesích i na odlesněných plochách. Na noc byl dobytek zaháněn do chlévů bez podestýlky. Večer byl dobytek přikrmován objemným krmivem. Choval se zejména skot a kozy, pastva ovcí a koní byla v Krkonoších jen okrajová (Lokvenc 1978).

Chovaný skot byl menšího tělesného rámce než alpský skot. Postupně zde bylo vyšlechtěno plemeno krkonošská červinka, které vzniklo křížením švýcarských plemen skotu (například hnědý horský skot) a domácích kříženců. Toto plemeno mělo červeno až černohnědé zbarvení srsti, malý tělesný rámec, vysokou adaptibilitu v extenzivních podmínkách a dobrou dojivost v poměru k tělesnému rámci. V době letní pastvy byla dojivost jedné dojnice průměrně 6 litrů denně. Po druhé světové válce chov tohoto plemene ustává a přechází se na chov plemene s vyšší produkcí (Lokvenc 2007).

Do poloviny 19. století nebyla pastva nijak omezena ani regulována. Spásáním a sečí bez dostatečného návratu živin zpět do půdy docházelo k ochuzování horských luk a pastvin. Druhy náročné na živiny mizely ze spásaných stanovišť a začaly se zde tvořit smilkové hole. Obrat nastal se zákazem lesní pastvy roku 1852. Na konci 19. století pak byla v západní části hor zakázána jakákoliv pastva nad horní hranicí lesa, ve východní části byla pastva postupně omezována. Plochy nad horní hranicí lesa se dále využívaly jen pro produkci sena (Lokvenc 1978).

3.3.3 Změny v hospodaření během 20. století

Výše popsaný management probíhal téměř beze změny do konce 19. století. S rozvojem turismu klesala intenzita hospodaření, jelikož přinášel vyšší zisky než chov dobytka (Lokvenc 1978). S odsunem německého obyvatelstva budní hospodaření zcela zaniká (Hejzman et al. 2007), čímž ustává jakýkoli management na bezlesých plochách ve vyšších polohách Krkonoš (Lokvenc 1978).

V 60. letech minulého století byla pastva považována za škodlivou a nebezpečnou pro ohrožené druhy rostlin. Za nejvíce problematické zvíře pro krkonošské bezlesé enklávy se považovala ovce, a to kvůli své vysoké pastevní selekci. Od počátku 80. let byla zavedena povinnost sklízet jednou ročně seno z bezlesých horských enkláv (Hejzman et al. 2008).

Nedostatečnou kultivací bezlesých enkláv nastaly změny ve složení jejich vegetačního krytu (Krahulec et al. 1996). Z krkonošských luk zmizely druhy travin s poměrně vysokou krmnou hodnotou, například *Festuca rubra* nebo *Alopecurus pratensis* (Lokvenc 1978). Ustoupily také vzácnější druhy bylin, například *Campanula bohemica* nebo druhy rodu *Hieracium* sp. Louky naopak zarůstaly (z hlediska krmné hodnoty) bezcenným druhem

Nardus stricta. Rozvíjí se i další nenáročné a méně hodnotné druhy travin, například *Deschampsia flexuosa* nebo *Anthoxanthum odoratum*. Na horských loukách tak postupovala ekologická sukcese. Louky zarůstaly nálety dřevin a rozvíjely se zde druhy lesního bylinného patra (Hejcman et al. 2008). Tento proces, přestože je zcela přirozený, snižuje druhovou diverzitu zmíněných biotopů (Gibson 2009).

Další výraznou změnu přinesla tzv. kolektivizace zemědělství. Pástevní pozemky byly scelovány a vznikaly rozsáhlé pástevní areály. Původní odolná plemena byla nahrazena novými náročnějšími plemeny s vysokou užitkovostí, čímž z Krkonoš vymizelo zmíněné plemeno krkonošská červinka. Pastva se stáhla do nižších poloh a byla necitlivá vůči okolnímu prostředí, docházelo k ničení drobných vodotečí, zamokřování pozemků, vyšlapávání průhonů, což vedlo k destrukci vegetace. Svažitě pozemky nebyly po pastvě ošetřovány. Devastace se zpomalila se vznikem národního parku. Po jeho založení ale značně poklesla výměra zemědělských ploch i stavy hospodářských zvířat (Hejcman et al. 2008).

V 90. letech byl stav hospodářských zvířat natolik nízký, že většina travních porostů ztratila své využití. Pro jejich údržbu se zavedl management velkoplošného mulčování (rozdrcení travní hmoty a ponechání na místě), které bylo velmi podporováno dotacemi Ministerstva zemědělství (Hejcman et al. 2008). Pro tento management nebylo nutné chovat dobytek. Později se potvrdilo, že mulčování má na vegetaci stejný efekt, jako ponechání pozemku bez jakéhokoliv zásahu (Gaisler et al. 2004). Aby se předešlo využívání pozemků bez potřeby hospodářských zvířat, byla ke konci 20. století zavedena regule pro čerpání dotací: hospodaření se zatížením alespoň 0,3 VDJ. Postupně se tak obnovovala pastva hospodářských zvířat, ve vyšších polohách se jednalo zejména o ovce (Hejcman et al. 2008).

3.3.4 Dnešní péče o horské travní porosty

Změnu ve vnímání pastvy (zejména ovcí) jako způsobu údržby travních porostů přinesly výsledky pokusů na Rennerových boudách v 80. a 90. letech minulého století (Hejcman et al. 2008). Správa národního parku proto na počátku 21. století zavedla kroky pro jejich obnovu. Vznikl systém podpor pro pastvu hospodářských zvířat a byla znovu zavedena pastva s následnou sečí. Přestože v době rozkvětu budního hospodaření převažoval chov skotu a koz, tak se v dnešní době nejvíce využívá pastvy ovcí. V Krkonošském národním parku jsou v současné době chována převážně masná plemena ovcí nebo kříženci, kteří jsou součástí převodného či zušlechťovacího křížení z plemen vlnařských na masná plemena. Jedná se především o chov adaptabilních plemen jako je Romney marsh, Suffolk nebo Bergschaf (Hejcman et al. 2008).

3.4 Pastva zvířat na polopřirozených travních porostech

Pastvu lze aplikovat jako způsob obnovy nebo údržby druhově bohatých horských luk. Zároveň pastva nabízí hospodářské využití dané lokality. Důležitý vliv na strukturu porostu i výskyt jednotlivých rostlinných druhů má pástevní management a daný druh hospodářského zvířete. Každý druh zvířete působí na pastvinu odlišnou selekcí ve spásání porostu, rozdílným tlakem, složením a distribucí exkrementů (Pavlu et al. 2003).

Z hlediska managementu rozlišujeme dva základní pastevní systémy – pastvu rotační a pastvu kontinuální (Háková et al. 2004). Kontinuální pastva je nepřetržité pasení hospodářských zvířat v jednom oplůtku více než 40 dní. Většinou probíhá při nízkém zatížení a intenzitě. Rotační pastvou se rozumí pastva na dvou nebo více pastvinách, přičemž se střídá doba pasení s dobou obrůstání oplůtku. Spasený porost je schopen obrůst za 2 – 6 týdnů (Háková et al. 2004). Zatížení plochy se udává v dobytčích jednotkách [VDJ]. Jedna dobytčí jednotka představuje 500 kg živé hmotnosti (Hejcman et al. 2008). V následující tabulce vidíme přehled jednotlivých způsobů pastvy s jejich vlivy na spasený porost.

Tabulka č. 2 : Způsoby pastvy a jejich vliv na porost (upraveno dle Háková et al. 2004; Hejcman et al. 2005; Pavlů et al. 2006; Hejcman et al. 2008)

Pastevní systém	Způsob	Průměrné zatížení [VDJ/ha]	Délka spásání	Pozitiva	Negativa
Kontinuální	Extenzivní	1	40 dní a více	nízký tlak na porost	vysoká selektivita spásání; plevelé <i>Taraxacum sp.</i>
	Intenzivní	1,5 – 3	40 dní a více	nízká selektivita spásání	vysoký tlak na porost; plevelé <i>Taraxacum sp.</i>
Rotační	Honová	1 – 2	10 – 20 dní/hon	nízká selektivita spásání	pracovní náročnost; širokolisté plevelé
	Oplůtková	1 – 2	2 – 5 dní/oplůtek	nízká selektivita spásání	pracovní náročnost; širokolisté plevelé
Jednorázová		dle zákona	maximálně 40 dní	pracovní nenáročnost	minimální údržba

Z tabulky vyplývá, že z hlediska intenzity pastvy rozlišujeme pastvu intenzivní a extenzivní. Při intenzivní pastvě je za jeden rok spaseno cca 35 – 40 t biomasy/ha, z extenzivní 15 - 20 t/ha (Hejcman 2007). Extenzivní pastva je vhodným managementem pro nelesní chráněná území (Hejcman 2007). Háková et al. (2004) ale tvrdí, že extenzivní pastva může vést k selektivnímu spásání a způsobit tak silné zaplevelení pozemku málo chutnými pastevními plevely, mezi které řadí i *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Býložravci zde také mají sklon spásat nižší porosty s mladší vegetací, většinou to jsou už jednou spasené plochy, což vede k ostrůvkovité struktuře porostu.

Délka pastevní sezóny se odvíjí od nadmořské výšky. V horských oblastech je zahájena mezi počátkem května května, trvá 80 – 100 dní a je ukončena mezi počátkem až polovinou září (Háková et al. 2004)

3.4.1 Pastva ovcí

Ovce je selektivní spásač. Ve vzrostlém porostu se vyhýbá kvetoucím travám. Čím ostrůvkovitější je porost, což může nastat důsledkem extenzivní pastvy, tím více je ovce při pastvě selektivní (Gibson 2009). Oproti skotu se ovce nevyhýbá pokáleným místům, proto je vhodná smíšená pastva ovcí se skotem. Ovce totiž oproti skotu ochotněji spásá náletové dřeviny, udržuje tak bezlesí (Háková et al. 2004).

U ovce je při preferenci spásaných druhů zjevná sezónnost. Na jaře při zahájení pastvy spásá širokou škálu druhů. Byla totiž prokázána nízká selektivita ovcí při spásání mladých rostlin. Během pastevní sezony si ovce dokáže v dané lokalitě zapamatovat oblíbené druhy, které následující sezonu spase nejdříve. Selektce se tak mění se zkušeností zvířete s daným porostem. To znamená, že stádo, které je v daném porostu poprvé, spásá širší škálu druhů, než stádo, které již danou lokalitu zná (Hejcman et al. 2008).

Čím déle se stádo na daném pozemku pase, tím je vybíravější, alespoň do té doby, dokud je vysoká potravní nabídka. Tato selektce je typická pro kontinuální pastvu. Při nízké intenzitě pastvy může selektce vést až k vytlačení preferovaného druhu a naopak k rozvoji druhu nechutného. Pokud jsou ve stádě jedinci s předchozí zkušeností s porostem, tak nové jedince rychle naučí, které druhy jsou chutné a které nejsou (Hejcman et al. 2008).

Někteří autoři tvrdí, že k nejpreferovanějším druhům při zahájení pastevní sezony patří *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (Krahulec et al. 2001; Schaffner et al. 2001; Kleijn & Steinger 2002). Jak již bylo zmíněno, ovce si dokáže preferovaný druh zapamatovat do další sezony a po zimním návratu na pastvinu jej ihned spase. Hejcman et al. (2008) tvrdí, že po dvou pastevních sezónách tento druh z pastviny zcela vymizel. Tato preference je možná způsobena nápadným habitem *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (Krahulec et al. 2001).

Ovce ve svažitém terénu, tedy i v zájmové lokalitě, preferuje pastvu a pobyt v nejvyšších místech pastviny, což je podmíněno antipredačním chováním. V nejvyšších místech tráví až 65 % času pastvy a 74 % celkového času. V nejnižších místech pastvin se vyskytuje nejvíce nedopasků. V případě vysoké potravní nabídky zůstávají nejnižší místa pastviny nespasena (Bílek & Žáková, 1997).

Ovce působí na pastvinu až třikrát nižším tlakem než skot, tedy asi 100 – 150 kPa. Toho se využívá v horských oblastech s vysokým úhrnem srážek a svažitým terénem jako ochrana před erozí (Háková et al. 2004). Do těchto oblastí spadá i zájmová lokalita.

3.5 Půdní reakce a zásoba živin

Půdní reakce je dána přítomností a aktivitou vodíkových iontů. Vodíkové ionty jsou v půdním roztoku uvolňovány rozpuštěnými kyselinami a slučují se s půdními zásadami. V této práci rozlišujeme půdní reakci aktivní a výměnnou. Aktivní půdní reakce představuje vodíkové ionty rozpuštěné v půdním roztoku, tedy ionty, které nejsou pevně vázány v půdním sorpčním komplexu, mají tak bezprostřední vliv na příjem rostlinami. Tato reakce se stanovuje ve vodném výluhu půdy. Výměnná půdní reakce zahrnuje vodíkové ionty, které jsou vázány i v půdním sorpčním komplexu, proto dosahuje oproti aktivní reakci nižších hodnot. Stanovuje se ve výluhu neutrálních solí, nejčastěji ve výluhu chloridu draselného.

Půdní reakce má velký význam pro úrodnost půdy, při nízkém pH je nižší přístupnost většiny živin a naopak se zvyšuje zásoba a přístupnost hliníku, zároveň pomaleji probíhá proces mineralizace a v procesu humifikace vznikají převážně méně kvalitní fulvokyseliny (Richter & Hlušek 1994).

Půdní živiny zajišťují výživu rostlin. Celkový obsah živin v půdě je poměrně vysoký, lze jej stanovit například spektrometricky na základě rentgenofluorescenční metody. Malou část z celkového obsahu představují živiny přístupné pro rostliny, které jsou nejčastěji rozpuštěné v půdním roztoku nebo vázané v půdním sorpčním komplexu či ve slabých kyselinách a zásadách. Obsah přístupných živin lze zjistit metodami, které se běžně užívají při agrochemickém zkoušení půd, například extrakčním roztokem podle Mehlicha III (Richter & Hlušek 1994).

Jednotlivé živiny můžeme z hlediska výživy rostlin rozdělit na makroživiny: dusík, fosfor, draslík vápník, hořčík a síra, mikroživiny: železo, mangan, zinek, měď, bór, molybden, užitečné prvky: hliník, sodík, chlor, křemík a tzv. rizikové prvky, které jsou ve vyšších koncentracích toxické pro většinu rostlin toxické a jejich konzumenty: arsen, hliník, kadmium, chrom, měď, rtuť, nikl a olovo (Richter & Hlušek 1994).

3.6 *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

Rod *Veratrum sp.* patří do čeledi *Melanthiaceae*. Do rodu *Veratrum sp.* se řadí 17 až 45 druhů (dle způsobu taxonomického třídění), přičemž se většina druhů vyskytuje pouze v Asii (Chrtek 2010). V Evropě lze z rodu *Veratrum sp.* nalézt pouze *Veratrum nigrum* a *Veratrum album*. *Veratrum album* se vyskytuje i v Severní Americe (Treier & Müller-Schärer 2011).

Veratrum album je vytrvalá, 50 – 150 cm vysoká bylina. Charakteristický je silný válcovitý oddenek, ze kterého vyrůstají nadzemní výhony, a četné kořeny o síle cca 4 mm. Lodyha je přímá, olistěná, dutá a pýřitě chlupatá. Listy jsou celokrajné eliptického tvaru s obloukovou žilnatinou. Květenstvím je lata. Květy jsou oboupohlavné nebo samčí (na jedné rostlině mohou kvést samčí i oboupohlavné květy). V České republice jsou známy dva poddruhy – *Veratrum album* subsp. *album* a *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (Chrtek 2010).

Veratrum album subsp. *lobelianum*, českým názvem kýchavice bílá Lobelova, má oproti *Veratrum album* subsp. *album* (kýchavice bílá pravá) celokrajné a žlutozelené okvětní lístky. Listeny jsou kopinaté a většinou výrazně delší než květní stopky (Průša 2005). Vřeteno a větve květenství jsou krátce chlupaté až olyselé, větve směřují vzhůru. Tento poddruh je diploidní se 32 chromozomy v jádře (Chrtek 2010).

Oba zmíněné poddruhy jsou zařazeny do seznamu chráněných rostlin dle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Poddruh *Veratrum album* subsp. *album* je v kategorii C2: silně ohrožená, je tedy chráněn zákonem. Poddruh *Veratrum album* subsp. *lobelianum* je zařazena v kategorii C4a: druhy vyžadující zvláštní pozornost.



Obrázek č. 2: *Veratrum album* subsp. *lobelianum* v zájmové lokalitě (zdroj: autorský snímek, 19. 6. 2018)

3.6.1 Původ, rozšíření a výskyt

Původ rostliny byl prokázán v Asii. Do Evropy se tento druh dostal během zalednění asi před 21000 lety. V horských oblastech bývá považován za tzv. glaciální relikv (Treier & Müller-Schärer 2011).

Jak již bylo zmíněno, oba zmíněné poddruhy *Veratrum album* se vyskytují na Evropském, Asijském a Severoamerickém kontinentu. Druh je stále adaptován na poslední zalednění, proto *Veratrum album* subsp. *lobelianum* osidluje chladnější horské oblasti, a to v rozpětí nadmořské výšky od 800 do 2500 m n. m. (Treier & Müller-Schärer 2011). Tento druh se vyskytuje v širokém rozpětí subalpínských a alpínských nížin (Hesse et al. 2008).

Přírozenými stanovišti výskytu jsou biotopy nad horní hranicí lesa (Kleijn & Steinger 2002). Jedná se zejména o horské nivy, louky, prameniště a porosty kosodřevin. Hojný je také výskyt pod hranicí lesa v polopřírozených společenstvech, zejména na horských loukách a ve světlých smrččinách (Chrtek 2010). V těchto společenstvech často dosahuje lokální dominance (Da Ronch & Ziliotto 2008). Druhu vyhovují vlhká stanoviště s hlubokými půdami a slabě kyselým pH (Chrtek 2010). Chrtek (2010) tvrdí, že se druh vyskytuje

na půdách s vyšší zásobou živin, Kleijn & Stainger (2002) naopak tvrdí, že je k zásobě půdních živin indiferentní.

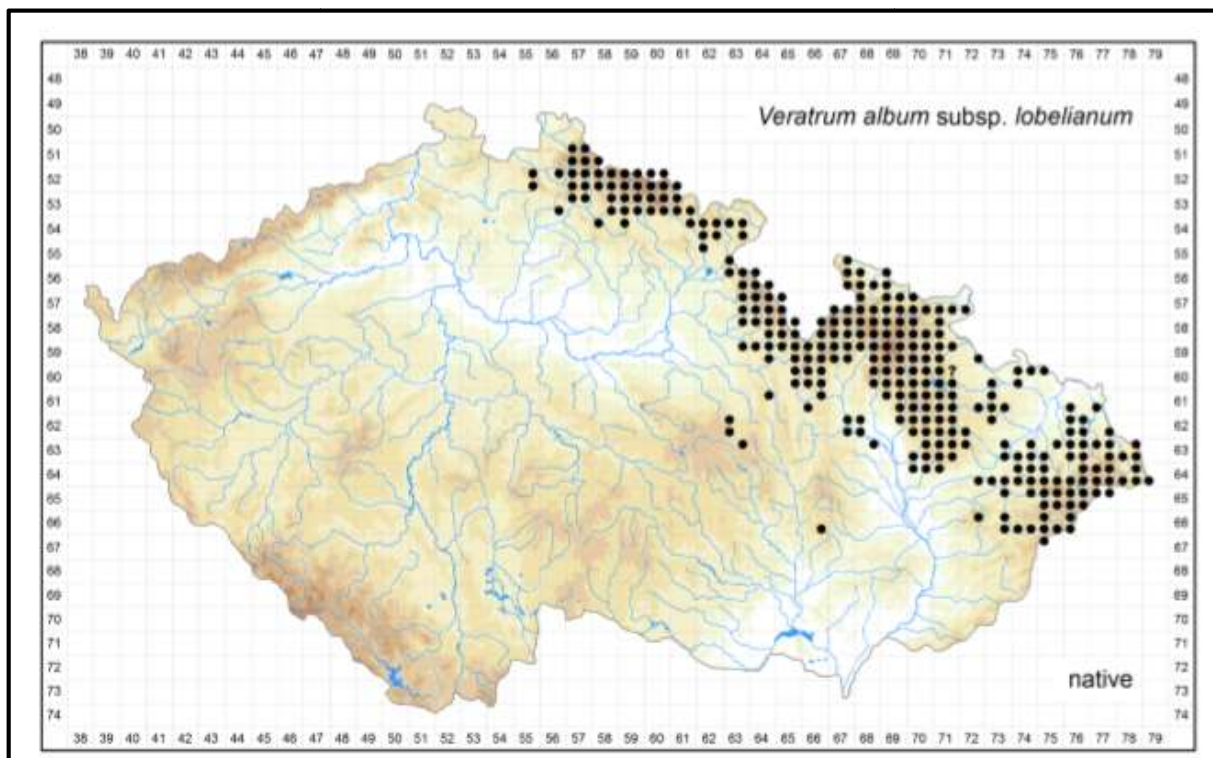
Veratrum album subsp. *lobelianum* je dle Chytrého et al. (2001) diagnostickým druhem nebo součástí bylinného patra několika biotopů alpského bezlesí (A) a lesů, zejména v subalpínském vegetačním stupni. Přehled těchto biotopů vidíme v následující tabulce.

Tabulka č. 3: Přehled biotopů, jejichž součástí je *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (upraveno dle Chytrý et al. 2001)

Kód biotopu	Název biotopu	Výskyt jako
A4.1	Subalpínské vysokostébelné trávníky	diagnostický druh
A4.2	Subalpínské vysokobylinné nivy	diagnostický druh
A4.3	Subalpínské vysokobilinné nivy	diagnostický druh
A7	Kosodřevina	diagnostický druh
A8.1	Subalpínské křoviny s vrbou laponskou	součást bylinného patra
A8.2	Vysoké subalpínské listnaté křoviny	součást bylinného patra
L2.1	Horské olšiny s olší šedou	diagnostický druh
L5.2	Horské klenové bučiny	diagnostický druh
L9.3	Horské papratkové smrčiny	diagnostický druh

Veratrum album subsp. *lobelianum* je zároveň diagnostickým druhem svazů *Adenostylien*, *Calamagrostion villosae*, *Calamagrostion arundinacae* a *Salicion silesiacae* a je konstantním druhem svazů *Rumicion alpini* (Chytrý & Tichý 2003).

V České republice je výskyt *Veratrum album* subsp. *lobelianum* ostrůvkovitý. Druh nalezneme zejména v pohraničních oblastech tzv. sudetského pohoří. Výskyt je zaznamenán v pohořích od Ještědského hřbetu po Hrubý Jeseník, v Karpatských pohořích a vzácněji i v podhůří zmíněných masivů (Chrtek 2016). Obrázek č. 3 zachycuje výskyt druhu v České republice v roce 2016.



Obrázek č. 3: Výskyt *Veratrum album* subsp. *lobelianum* v České republice (upraveno dle: Chrtek 2016)

3.6.2 Fyziologie

Veratrum album subsp. *lobelianum* je vytrvalý druh. Z vertikálního oddenku, který přezimuje v půdě, vyrůstá každý rok výhon vysoký 60 cm s přibližně 15 listy na stonku (Kleijn & Steinger 2002).

Rostlina tvoří dva typy stonku – pravý (tzv. generativní) a nepravý (tzv. pastonek). Oba typy vyrůstají zároveň, pravé stonky ale odumírají později, přibližně na konci září, zatímco pastonky už na konci srpna. Pravé stonky se mohou rozmnožovat generativně, nepravé pouze vegetativně. Pravé stonky rostou sice odděleně od pastonků, ale na stanovišti jsou agregovány vedle sebe, takže si vzájemně konkurují (Kleijn & Steinger 2002).

Listy nepravých stonků jsou funkčně diferenciovány na vnitřní a vnější. Vnitřní listy zajišťují průběh fotosyntézy (Gu et al. 2014). Asimilace probíhá nejintenzivněji na jaře ihned po nasazení prvních pravých listů. Většinou k intenzivní asimilaci dochází dříve, než jsou druhy okolní vegetace schopny začít fotosyntetizovat. Asimilace se rapidně sníží poté, co vzroste okolní vegetace (Tani & Kudo 2006). Asimilující listy mají delší čepele, tvoří více biomasy. Vnější listy slouží jako mechanická podpora vnitřních asimilujících listů. Pokud by se na rostlině odstranilo větší množství vnějších listů (4 listy a více), stanou se vnitřní listy nestabilní a následoval by kolaps pastonku (Gu et al. 2014).

Nevyužité asimiláty, zejména dusíkaté sloučeniny a sacharidy, z jarní intenzivní fotosyntézy rostlina ukládá do rezervoárů v kořenech. Tyto rezervy slouží pro překonání neočekávaných disturbancí (ztrát nadzemní hmoty). Zároveň tyto kořenové zásoby pomáhají rostlině dokončit svůj roční cyklus v co nejkratší době, čímž se minimalizuje riziko zničení nadzemních orgánů před ukončením ročního cyklu (Rees & Müller-Schärer 2008).

3.6.3 Rozmnožování

Kleijn & Steinger (2002) tvrdí, že se tento druh množí vegetativně i generativně, čímž vznikají dva typy populací, které budou popsány v kapitole 3.6.5. Vegetativní množení probíhá pomocí oddenků, které obráží brzy na jaře, ihned po roztátí sněhové pokrývky. Výhony odumírají ve druhé polovině srpna až září. Vegetativní výhony se šíří do cca 20 cm od mateřské rostliny, generativní výhony se šíří několik metrů od mateřské rostliny. Vegetativní jedince tak nalezneme ve větších hustotách nežli generativní (Hesse et al. 2008).

Generativní množení probíhá semeny. Dospělé rostliny jsou monokarpické, výhony po dozrání plodů odumírají (polovina září až konec září). Generativní stonky mají více biomasy než pastonky, jelikož pravý stonek dosahuje výšky přibližně 2 m. Jedinci v populacích nekvete každoročně, ale každý čtvrtý až osmý rok. Toto nepravidelné kvetení způsobuje proměnlivou produkci semen (Hesse et al. 2007). Květenství obsahuje přibližně 1000 květů a každý květ produkuje přibližně 100 kusů semen (Kleijn & Steinger 2002).

Treier & Müller-Schärer (2011) uvádějí, že počátek kvetení nastává po několika desetiletích růstu. Hess et al. (1967) časový údaj konkretizuje, tedy že rostlině trvá až 40 let, než rostlina dospěje do kvetoucího stadia. Hesse et al. (2008) uvádí, že toto oddálené kvetení je součástí životní strategie druhu, jelikož v konstantních podmínkách přináší odložené kvetení navýšení počtu semen. Kvetení je v dané populaci synchronizováno, a to tak, že se střídají roky, kdy kvete většina jedinců s roky, kdy kvete minimum jedinců. Čím vyšší je mortalita jedinců během doby, než rostlina poprvé vykvete, tím dříve se rostlina dostává do generativní fáze. Po vykvetení odumírají na rostlině apikální meristémy, u báze stonku vzniká jeden až tři postranní pupeny, ze kterých se v následujícím roce tvoří nepravé, tedy vegetativní, stonky (Kleijn & Steinger 2002).

Opylovací poměry rostliny nejsou jednoznačné. Většina autorů uvádí, že je tento druh cizosprašný, ale samosprašnost nevyklučují (Kleijn & Steinger 2002; Hesse et al. 2007; Hesse et al. 2008; Treier & Müller-Schärer 2011). K opylování dochází entomogamně, a to nejčastěji hmyzem z řádu *Diptera*, řidčeji některými druhy z rodu *Coleoptera* (Kato et al. 2009). Při malém výskytu opylovačů v daném roce se zvýší počet jedinců, kteří se rozmnožují vegetativně a zároveň je další kvetení v populaci odloženo o delší časový úsek (Hesse et al. 2008).

Semena rostliny jsou uložena v pukajícím pouzdru o rozměrech přibližně 9,9 mm x 3,7 mm. Šíří se vzduchem. V půdě tvoří semena tzv. semennou banku, která je schopna zajistit generativní šíření rostliny poté, co odumřou pravé stonky. Během uložení v semenné bance nastává stratifikace, která je nezbytná pro vyklíčení. Semenná banka všech poddruhů *Veratrum album* je krátce perzistentní, semena si udrží klíčivost a vitalitu nejdéle po tři roky. Nejvíce semen ale vyklíčí ve druhém roce po jejich uložení do banky. V anaerobních podmínkách, tedy převážně na vlhkých stanovištích, je perzistence kratší. Vysemenění nastává ve chvíli, kdy jsou v daném místě odstraněny všechny dospělé rostliny *Veratrum album* i s kořeny. Po dva až tři roky je tedy rostlina schopna znovu vyklíčit, i v případě, že by byli zničeni všichni jedinci na stanovišti (Hesse et al. 2007). Semena klíčí na jaře od dubna do srpna. V daném roce

se vytvoří kořenový systém, oddenky a nepravé listy, první pravé listy vyrůstají v následujícím roce (Hesse et al. 2008).

3.6.4 Alkaloidy a toxicita

Druhy rodu *Veratrum sp.* obsahují více než 200 různých alkaloidů (Rauber-Lüthy et al. 2010). Kleijn & Steinger (2002) tvrdí, že alkaloidy jsou ve vysokých koncentracích obsaženy ve všech částech rostliny, s výjimkou květů. Jedná se především o steroidní alkaloidy protoveratin A a protoveratrin B, které způsobují, že je rostlina nepoživatelná až jedovatá pro většinu býložravců (Grobosch et al. 2008). Alkaloidy mohou způsobit různé série otrav. Býložravci se jí proto na pastvě vyhýbají a rostlina tak může docílit lokální dominance (Hejcman et al. 2008; Meisser et al. 2014). Callaway et al. (2009) ale dodává, že první listy jedovaté nejsou, jelikož jsou alkaloidy v této růstové fázi uloženy pouze v kořenech. To by vysvětlovalo skutečnost (viz kapitola 3.4.1 Pastva ovci), že ovce po zimě preferuje spásání druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (Hejcman et al. 2008).

Alkaloidy v nadzemních částech mohou způsobit otravy především u býložravců na pastvě. Jedná se především o poruchy kardiovaskulárního systému, gastrointestinálního traktu a nervového systému. Prokázán byl i karcinogenní účinek na druhy rodu *Erinaceus* (Wilson et al. 2010). Alkaloidy působí toxicky i vůči některým druhům hmyzu, proto mohou být využity v ochraně rostlin jako přirozený insekticid. Extrakty z této rostliny lze například efektivně využít proti *Leptinotarsa decemlineata* (Aydin et al. 2014) nebo jako nematocid v kombinaci s extraktem nikotina proti *Meloidogyne incognita* nebo *Globodera rostochiensis* (Trifonova 2013).

3.6.5 Pastervní plevel

Mnoho autorů (Kleijn & Steinger 2002; Spiegelberger et al. 2006.; Hesse et al. 2007; Hesse et al. 2008; Treier & Müller-Schärer 2011) řadí *Veratrum album* subsp. *lobelianum* mezi tzv. pastervní plevele. Pastervní plevele jsou pro zemědělství nežádoucí druhy rostlin. Jedná se o druhy nechutné či nestravitelné pro dobytek, čímž snižují kvalitu píce (Spiegelberger et al. 2006). Hesse et al. (2007) dodává, že pastervní plevele jsou zejména toxické vytrvalé rostliny, které se typicky vyskytují v širokém rozpětí alpských níž. Také eutrofizovaná stanoviště podporují růst nechutných pastervních plevelů na úkor pomalu rostoucích druhů, čímž prokazatelně snižují druhovou diverzitu stanoviště (Spiegelberger et al. 2006).

Chutnost druhu lze definovat jako druhovou vlastnost, která stimuluje u zvířete odpověď ve formě selekce druhů při spásání. Druhová selekce při spásání může vést k lokální dominanci daného druhu a snížení početnosti druhů chutnějších (Heady 1964). Zároveň je chutnost daného druhu velmi relativní vlastnost, jelikož záleží na chutnosti druhů okolní vegetace, intenzitě pastvy a na jejím způsobu (Kleijn & Müller-Schärer 2006).

Veratrum album subsp. *lobelianum* obsahuje toxické alkaloidy a zároveň má nápadný habitus, velcí býložravci se jí proto na pastvě vyhýbají, čímž se stává v porostu dominantnější a může omezovat ostatní druhy. Lokální dominance nastává především v horských společenstvech (Kleijn & Steinger 2002). Zvýšením pokryvnosti a početnosti druhu se zároveň zvýší pastervní tlak na okolní vegetaci, čímž se může snížit druhová bohatost

stanoviště (Kleijn & Müller-Schärer 2006). Na extenzivně využívaných pastvinách je vyšší pastevní selekce, tudíž je zde vyšší dominance pastevních plevelů. Většina pastevních plevelů horských společenstev se šíří vegetativně i generativně (Hesse et al. 2007). Mezi pastevní plevely, které se svým životním cyklem podobají druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum*, patří například *Cirsium arvense*, *Ranunculus platanifolius*, *Galium sylvaticum* (Hejcman et al. 2008), *Gentiana lutea* (Smit et al. 2006; Hesse et al. 2007; Grobosch et al. 2008) nebo *Senecio alpinus* (Kleijn & Müller-Schärer 2006).

Callaway et al. (2009) tvrdí, že ne vždy je tento druh škodlivý pro druhovou rozmanitost stanoviště. Jedná se především o antiherbivorní ochranu při intenzivní pastvě. Nechutné druhy, jako je *Veratrum album* subsp. *lobelianum*, mohou ve svém okolí poskytnout vzácnějším a chutnějším druhům ochranu před spasením. Tato ochrana může při vysokém pastevním tlaku přispět k udržení diverzity. Smit et al. (2006) zároveň potvrdil, že *Veratrum album* subsp. *lobelianum* podporuje úspěšný růst semenáčků na lesnatých pastvinách, čímž přispívá celkové regeneraci tohoto biotopu.

3.6.6 Populace a přirozená regulace druhu

V předcházejících kapitolách již bylo vysvětleno, že je *Veratrum album* subsp. *lobelianum* pastevní plevel toxický pro většinu býložravců, který při lokální dominanci může snížit druhovou diverzitu. Tento druh, podobně jako jiné druhy pastevních plevelů, se dokáže velmi rychle přizpůsobit širokému rozpětí podmínek (Hesse et al. 2008). Proto jej nalezneme v lesích, na loukách a pastvinách. Hesse et al. (2008) tak vymezuje tři základní typy populací tohoto druhu: lesní, luční a populace na pastvinách. Luční a pastevní populace jsou schopny rychlejší expanze než populace lesní. Lesní populace mají extrémně nízkou pravděpodobnost kvetení, rostlina se zde šíří především vegetativně. V lesních populacích je tak delší generační čas rostliny, přibližně 30 až 45 let, zatímco luční populace mají průměrný generační čas 10 až 15 let. Na pastvinách byl prokázán rychlejší růst a vyšší tvorba biomasy než v lučních populacích (Hesse et al. 2008). Da Ronch & Ziliotto (2008) tvrdí, že se *Veratrum album* subsp. *lobelianum* šíří velmi rychle pouze na stanovištích, která jsou v počátečním stadiu ekologické sukcese. To by vysvětlovalo, proč se šíří pomaleji v ekosystémech na vyšším stupni ekologické sukcese, jako je například les (Begon et al. 1997).

Výše bylo zmíněno, že je rostlina schopna vegetativního i generativního šíření. Pro rozvoj populace je důležitý nástup prvního kvetení, což u *Veratrum album* může trvat až 40 let, po této době nastává obrovský rozvoj populace a to jak generativním šířením, tak i vegetativním. Kleijn & Steinger (2002) tak vymezují dva typy populací z hlediska jejich rozmnožování – klonální a generativní.

Vegetativní populace, neboli klonální, je složena z více výhonů, které jsou agregovány v malých vzdálenostech. Populace obsahuje velmi málo kvetoucích jedinců a produkuje nižší počet klíčivých semen, proto má nižší genotypovou diverzitu. Klonální populace nalezneme častěji na plochách, které jsou spásány, nežli na plochách, které jsou udržovány pouze sečí. Pastva tak podporuje klonální růst a zároveň snižuje generativní šíření. Klonální populace signifikantně produkuje v absolutním čísle více biomasy než populace generativní, jelikož má více jedinců (Kleijn & Steinger 2002). Generativní populace mají méně jedinců, kteří dosahují většího vzrůstu než jedinci klonální populace (Hesse et al. 2008).

Generativní populace převažují v lokalitách, které jsou udržovány pouze sečí. Tato populace má vyšší genotypovou diverzitu (Kleijn & Steinger 2002). Treier & Müller-Schärer (2011) toto potvrzují s tím, že genotypová diverzita závisí na intenzitě obhospodařování. Při častějším ničení (například sečí) jedinců se rostlina množí generativně, na což navazuje i zmíněná diverzita genotypu. Zároveň Treier & Müller-Schärer (2011) tvrdí, že diverzita genotypu závisí na zásobě půdního fosforu, při nižší zásobě fosforu v půdě je diverzita nižší. Vyšší genotypová diverzita zvyšuje pravděpodobnost osídlení širšího spektra nik daného druhu, a zároveň se s vyšší diverzitou může snadněji vyvinout rezistence vůči případným škůdcům či patogenům (Kleijn & Steinger 2002).

Ve zmíněných biotopech je *Veratrum album* subsp. *lobelianum* dominujícím druhem a má zde velmi málo konkurentů. Byly však popsány některé druhy, které škodí převážně na generativních orgánech *Veratrum album* a snižují tak početnost její populace. Jedná se především o hmyz, který saje šťávy z rostlinných pletiv (především z pletiv květů), v Japonsku byl například popsán druh *Aglaostigma amurensis*, který se potravně specializuje pouze na poddruhy *Veratrum album* (Nakahama et al. 2016). Hesse et al. (2008) zmiňuje druh *Eupithecia veratria*, který se nachází v horských oblastech Asie i Evropy. Larvy zmíněného druhu požírají pletiva (listy a květy) na rostlinách *Veratrum album* nejčastěji od června do srpna. V daném roce může tento škůdce značně zredukovat počet semen (Hesse et al. 2008).

4 Metodika

Před zahájením průzkumu byly na základě literární rešerše zjištěny informace o lokalitě, možnostech pastvy v horských travních porostech a o druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum*.

4.1 Referenční plochy

Zaměstnanci správy KRNAP v červnu 2016 subjektivně vymezili 3 referenční plochy v zájmové lokalitě. Plochy mají tvar obdélníku o ploše 8 m² a jsou rozmístěny ve svažitém terénu s ohledem na možný smyv živin do spodních částí louky: první plocha je umístěna nad chatou (označení SB1) v nadmořské výšce cca 1199 m n. m., druhá v úrovni chaty (SB2) v nadmořské výšce 1189 m n. m. a třetí plocha (SB3) pod chatou v nadmořské výšce 1178 m n. m.

Každá plocha byla následně rozdělena do 4 bloků o ploše 2 m². V blocích jsou aplikovány rozdílné managementy pro regulaci druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum*: pastva (blok A); pastva s následným odstraněním jedinců pokosením (B), pastva a následná disturbance všech jedinců *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (C), pastva s následnou sečí a disturbancí jedinců (D). Pastva je rotační a probíhá přibližně dva týdny od konce června do poloviny července, seč je prováděna kosou, disturbance se v této práci rozumí vyrytí rostliny rýčem do hloubky přibližně 25 cm s navrácením drnu. Ve druhém roce byl z bloků D vyřazen zmíněný management. Bloky D byly v letech 2017 a 2018 udržovány stejným způsobem jako bloky C.

Ve třetím roce (červen 2018) byla přidána čtvrtá plocha, která slouží jako plocha kontrolní (SB4). Tato plocha leží mimo vypásaný oplůtek, tudíž na ní neprobíhá pastva. Plocha SB4 je umístěna nad chatou v nadmořské výšce 1216 m n. m. Vzhledem k přerušení původního managementu, který probíhal v blocích D, je plocha SB4 rozdělena pouze do 3 bloků (A, B a C). Lokalizaci ploch pomocí GPS souřadnic a následné zakreslení do mapy provedli zaměstnanci správy KRNAP. Přehled managementů, ploch, rozdělení do bloků a rozmístění vidíme v tabulce č. 4 a 5 a na obrázku č. 4.

Tabulka č. 4: Přehled aplikovaných managementů

Management	2016	2017	2018
A	pastva	pastva	pastva
B	pastva + seč (kosou)	pastva + seč (kosou)	pastva + seč (kosou)
C	pastva + disturbance jedinců	pastva + disturbance jedinců	pastva + disturbance jedinců
D	pastva + seč + disturbance	pastva + disturbance	pastva + disturbance

Tabulka č. 5: Přehled pokusných ploch a označení jednotlivých bloků

Plocha	Založení	Poloha k chatě	Průměrná nadm. výška	Vzdálenost od chaty	Blok A	Blok B	Blok C	Blok D
SB1	2016	nad	1199 m n. m.	31 m	SB1.A	SB1.B	SB1.C	SB1.D
SB2	2016	vedle	1189 m n. m.	18 m	SB2.A	SB2.B	SB2.C	SB2.D
SB3	2016	pod	1178 m n. m.	40 m	SB3.A	SB3.B	SB3.C	SB3.D
SB4	2018	nad	1216 m n. m.	60 m	SB4.A	SB4.B	SB4.C	



Obrázek č. 4: Rozmístění ploch v zájmové lokalitě (depon in Správa KRNAP)

Během roku nejsou referenční plochy oploceny (s výjimkou kontrolní plochy SB4, která je oplocena během pastvy, aby se zabránilo spásání). Je zde předpoklad rovnoměrného spásání. Plochy jsou zaměřeny pomocí GPS souřadnic a zároveň jsou vyznačeny zatlučenou kovovou vložkou do země. Před odečítáním jsou plochy lokalizovány pomocí detektoru kovů (kovové vložky) a vyznačeny kolíky. Pokud je během roku kovová vložka odstraněna, plocha se lokalizuje pomocí GPS souřadnic. Seč a disturbance jsou prováděny vždy bezprostředně po odečtení pokusu v daném roce. Pastva je zahájena až po odečítání pokusu.



Obrázek č. 5: Vyznačení referenční plochy (SB3) během odečítání (zdroj: autorský snímek 19. 6. 2018)

4.1.1 Odečítání počtu jedinců a pokryvnosti

Z každého bloku na každé referenční ploše byla po 3 roky odečítána početnost a pokryvnost. Početnost představuje absolutní počet jedinců na analyzované ploše (Moravec 1994). V práci je počet jedinců vyjádřen absolutním počtem výhonů *Veratrum album* subsp. *lobelianum*, tedy bez rozlišení vegetativního či generativního výhonu. Do odečítání nebyly zahrnuty vegetativní výhony za hranicemi pokusné plochy, jejichž kořenové systémy se pravděpodobně nacházely uvnitř pokusné plochy.

Pokryvnost je definována jako vertikální projekce nadzemních orgánů na analyzovanou plochu. Jedná se tedy o prostor, který rostlina zaujímá na zkoumané ploše (Moravec 1994). Pokryvnost byla vyjádřena v procentech z plochy analyzovaného bloku, tedy z 2 m², a byla zaznamenána metodou odhadu pokryvnosti dle Moravce et al. (1994). Data o pokryvnosti byla následně převedena na devítičlennou stupnici dle Braun-Blanqueta s modifikací dle Westhoff & van der Maarela. Stupnici vidíme v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Devítičlenná Braun-Blanquetova stupnice pokryvnosti (upraveno dle Moravce 1994)

Výskyt na referenční ploše, pokryvnost	Stupeň pokryvnosti dle Braun-Blanqueta
ojediněle (1 rostlina)	r
roztroušeně, pokryvnost zanedbatelná do 1 %	+
1 – 5 %	1
výskyt do 5 %, vysoká abundance	2m
5 – 15 %	2a
15 – 25 %	2b
25 – 50 %	3
50 – 75 %	4
75 – 100 %	5

Odečítání pokusu v letech 2016 a 2017 prováděli zaměstnanci správy KRNAP, v roce 2018 řešitelský kolektiv ČZU ve spolupráci se zaměstnanci správy KRNAP. Odečítání proběhlo vždy ve druhé polovině června.

4.1.2 Popis bylinného patra

V červenci 2018 byl k pokusu zařazen popis bylinného patra na každé pokusné ploše, tedy na 8 m², pomocí metod kvantitativního druhového složení. Fytocenologické snímky byly pořízeny 26. července 2018 za využití curyšsko-monpelliérské metody dle Moravce (1994). Pokryvnost jednotlivých druhů byla stanovena metodou odhadu dle Moravce (1994) a následně zaznamenána pomocí Sedmičlenné Braun-Blanquetovy stupnice pokryvnosti, kterou vidíme v následující tabulce.

Tabulka č. 7: Sedmičlenná stupnice pokryvnosti dle Braun-Blanqueta
(upraveno dle Moravec 1994)

Výskyt na referenční ploše, pokryvnost	Stupeň pokryvnosti dle Braun-Blanqueta
druh ojedinělý, jeden až dva zástupci	+
zanedbatelný, roztroušený výskyt	r
do 5 %	1
5 – 25 %	2
25 – 50 %	3
50 – 75 %	4
75 – 100 %	5

4.2 Půdní vzorky

Ve třetím roce, tedy v roce 2018, byla zařazena i analýza půdních vzorků. Před samotným odběrem proběhl popis bylinného patra referenčních ploch. Stanovení půdních živin proběhlo dvěma způsoby – ručním spektrometrem přímo na stanovišti a analýzou vzorků odebraných pedologickou sondou. Pomocí pedologické sondy bylo zároveň stanoveno pH půdy. Označení půdních vzorků a spektrometrických měření vidíme v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Označení půdních vzorků a spektrometrických měření

Referenční plocha	Blok (management)	Označení vzorku / měření
SB1	A	SB1.A
SB1	B	SB1.B
SB1	C a D	SB1.CD
SB2	A	SB2.A
SB2	B	SB2.B
SB2	C a D	SB2.CD
SB3	A	SB3.A
SB3	B	SB3.B
SB3	C a D	SB3.CD
SB4	A	SB4.A
SB4	B	SB4.B
SB4	C	SB4.C

4.2.1 Spektrometrické měření obsahu prvků v půdě

Měření proběhlo 26. července 2018 spektrometrem Vanta VCR, který pomocí módu Geochem stanovuje přímo na stanovišti celkový obsah prvků v půdě. Toto stanovení probíhá pomocí rentgenofluorescenční metody. Stanovuje následující prvky: Mg, Al, Si, K, Ca, S, P, Cl, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, W, Zn, Hg, As, Pb, Bi, Se, Th, U, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb (z uvedeného vyplývá, že spektrometr nestanovuje základní biogenní prvky N a C). V každém bloku A a B, tedy na ploše 2 m², proběhlo měření třikrát v náhodně zvoleném místě. Bloky C a D byly pro toto měření sloučeny, na ploše 4 m² tak proběhlo trojí měření v náhodně zvolených místech. Měření probíhalo v hloubce 5 cm po odstranění drnové vrstvy. Spektrometr udává obsah prvků v půdě v procentech. Pro testování dat byl obsah prvků přepočten na mg/kg (lze také vyjádřit jako ppm).

4.2.2 Pedologická sonda a laboratorní stanovení živin

Odběr půdních vzorků proběhl 26. července 2018. Pedologickou sondou byl z každého bloku A a B v pokusné ploše (tedy ze 2 m²) odebrán jeden vzorek z náhodně zvoleného místa, z bloku C a D byl odebrán pouze jeden vzorek (tedy ze 4 m²), taktéž z náhodně vybraného místa. Odběr proběhl v hloubce 20 cm po odstranění drnové vrstvy. Celkem bylo odebráno 12 vzorků. Vzorky byly uloženy do papírových sáčků a převezeny do laboratoře na ČZU.

Před analýzou byly vzorky volně usušeny na filtračním papíru. Analýza vzorků odebraných pedologickou sondou proběhla 6. února 2019. Půdní vzorky byly nejprve rozemlety ve třecí misce a následně prosety sítem s oky 2 mm (jemnozsem). Byly provedeny následující analýzy: stanovení přístupných živin dle Mehlicha III, stanovení výměnné a aktivní půdní reakce.

4.2.3 Stanovení přístupných živin dle Mehlicha III

Ve vzorcích byly stanoveny obsahy přístupných živin. Stanovení živin proběhlo podle Mehlicha (1984) následujícím postupem. Pro přípravu extrakčního roztoku dle Mehlicha III jsme použili dusičnan amonný, fluorid amonný, 65% kyselinu dusičnou, koncentrovanou kyselinu octovou a kyselinu ethylendiamino-tetra octvou, tzv. EDTA. Do PVC lahvíček jsme navážili 4 g zeminy z každého půdního vzorku a doplnili jsme je 40 ml extrakčního roztoku. Vzorky byly extrahovány po dobu deseti minut na třepačce a po dobu pěti minut probíhala centrifugace. Po dokončení jsme extrakci přefiltrovali. Výluh z každého vzorku byl připraven ve dvou opakováních.

Z filtrátu byly stanoveny přístupné živiny v jednotkách mg/l pomocí atomového spektrofotometru metodou ICP-OES. Obsah přístupných živin byl přepočítán na jednotky mg/kg, tedy na ppm. Vyhodnocení výsledků proběhlo na základě stupnice dle Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., Příloha 5.

4.2.4 Stanovení aktivní a výměnné půdní reakce

Stanovení aktivního a výměnného pH proběhlo dle metodiky Zbírala (2001). Z každého vzorku bylo naváženo 10 g zeminy. Vzorky, ve kterých se určovalo aktivní pH, byly zality 25 ml destilované vody. Pro určení výměnného pH byly vzorky zality 25 ml 0,2 M chloridu draselného (KCl). Suspenze byla zamíchána tyčinkou. Následně se extrahovala po dobu 60 minut na třepačce a 60 minut probíhalo odstátí. Aktivní i výměnné pH bylo stanoveno pH-metrem pomocí skleněné iontově selektivní elektrody. Vyhodnocení pak proběhlo dle stupnice Vyhlášky MZe č. 275/1998 Sb., Příl. 5.

4.3 Zpracování dat

Textová část byla zpracována v MS Word 2010. Pro transformaci dat ke statistickému zpracování byl využit MS Excel 2010. Grafické zpracování proběhlo pomocí geoportálu AOPK ČR (Faugnerová 2017), geoportálu VÚMOP (Mapové služby WMS 2017), České geologické služby (Bokr 2018) a geografického informačního systému KRNAPu (Mapový server a GIS KRNAP 2019). Statistické zpracování dat proběhlo v programech CANOCO 5.02 (DCA a RDA) a STATISTICA 13.5 (ANOVA, dvouvýběrový t-test).

Pro nalezení proměnných, které by nejlépe vysvětlily variabilitu v počtu jedinců a pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum* byla provedena gradientová analýza. Pro analýzu gradientů jsme zvolili kanonické analýzy a hladinu významnosti 1 % ($\alpha = 0,01$). Nejprve stanovíme nepřímou gradientovou analýzou DCA délky intervalů jednotlivých gradientů. Pokud nejvyšší hodnota délky gradientu přesahuje hodnotu 4, je pro vysvětlení variability vhodné použít unimodální ordinační metodu. Pokud nejvyšší hodnota nepřesahuje hodnotu 4, je vhodné použít lineární ordinační metodu (Lepš & Šmilauer 2003).

Jako lineární ordinační metodu jsme zvolili redundanční analýzu (RDA), která bude testována také na hladině významnosti 1 %. Tato metoda hodnotí vztah dvou skupin proměnných. První skupina jsou tzv. nezávislé vysvětlující proměnné, tedy charakteristiky prostředí. Druhou skupinou jsou závislé vysvětlované proměnné, což je v případě této práce počet jedinců a pokryvnost. Dále lze v RDA analýze stanovit faktoriální proměnné,

tzv. kovariáty. Nejprve za použití tzv. Monte Carlo permutačního testu testujeme nulovou hypotézu o nezávislosti primárních dat na vysvětlujících proměnných. Pokud je hladina signifikance vyšší než hladina významnosti, tedy $p > \alpha$ nelze tuto hypotézu vyvrátit a lze tvrdit, že nebyla prokázána signifikantní závislost primárních dat na vysvětlujících proměnných, tedy charakteristikách prostředí. RDA analýzu lze zobrazit do tzv. ordinačního diagramu, kde úhel mezi vysvětlující a vysvětlovanou proměnnou znázorňuje jejich korelaci, \cos_α odpovídá korelaci mezi těmito proměnnými (Lepš & Šmilauer 2003).

Dvouvýběrovým t-test testujeme rozdíl dvou rozptylů na hladině významnosti 5 % (tedy $\alpha = 0,05$). Testem o shodě průměrů, tzv. F-testem, ověřujeme hypotézu o shodě rozptylů, tedy: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Je-li hladina signifikance vyšší než hladina významnosti, tedy $p > \alpha$, nelze tuto hypotézu zamítnout a mezi testovanými soubory není průkazný rozdíl (Lepš & Šmilauer 2016).

Analýzou rozptylu ANOVA hodnotíme vliv jednoho faktoru (jednorozměrná analýza) nebo více (vícerozměrná analýza) faktorů na sledovaný znak. Na hladině významnosti 5 % (tedy $\alpha = 0,05$) testujeme shodu více než dvou průměrů. V prvním kroku pomocí tzv. F-testu testujeme vždy nulovou hypotézu o shodě rozptylů testovaných souborů, tedy: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_k^2$, kde k je počet porovnávaných souborů. F-test srovnává variabilitu uvnitř testovaných souborů s variabilitou mezi testovanými soubory. Pokud je variabilita rozptylů nepravděpodobně velká, tedy hladina signifikance $p < \alpha$, zamítáme nulovou hypotézu o shodě rozptylů, alespoň jeden soubor se významně liší od ostatních. Pro podrobnější vyhodnocení v tzv. post-hoc testu použijeme Fisherův LSD test, který je univerzální metodou vhodnou i pro nevyvážený soubor dat nebo Tukeyův HSD test, který je vhodnější použít pro vyvážený soubor dat (Lepš & Šmilauer 2016).

4.4 Charakteristika lokality

Chata Děvín a k ní přilehlá louka leží v katastrálním území obce Pec pod Sněžkou. Nachází se v lokalitě Studničních bud nad Modrým potokem (Koucký et al. 2011). Celá tato lokalita je podle vyhlášky o obecných požadavcích na využívání území 51/2006 Sb. definovaná jako přírodní plocha, tudíž se jedná o nezastavitelné území. Zároveň se jedná o první zónu ochrany v Krkonošském národním parku a v plánované nové zonaci je lokalita navržena jako zóna soustředěné péče (Mapový server a GIS KRNAP 2018). Zájmová lokalita se nachází nadmořské výšce od 1150 do 1250 m n. m. Letecký snímek zájmové lokality a charakteristiky pozemku dle čísla BPEJ vidíme na obrázku č. 6 a v tabulce č. 9.



Obrázek č. 6: Ortofotomapa záměstí lokality (upraveno dle: Mapový server a GIS KRNAP 2019)

Tabulka č. 9: Charakteristiky BPEJ záměstí lokality (upraveno dle Bokr 2018)

Region	chladný, vlhký
Sklon	střední
Expozice	severozápadní až severovýchodní
Skeletovitost	údaje chybí
Hloubka	údaje chybí
Hlavní skupiny půd	podzoly, rankery, litozemě

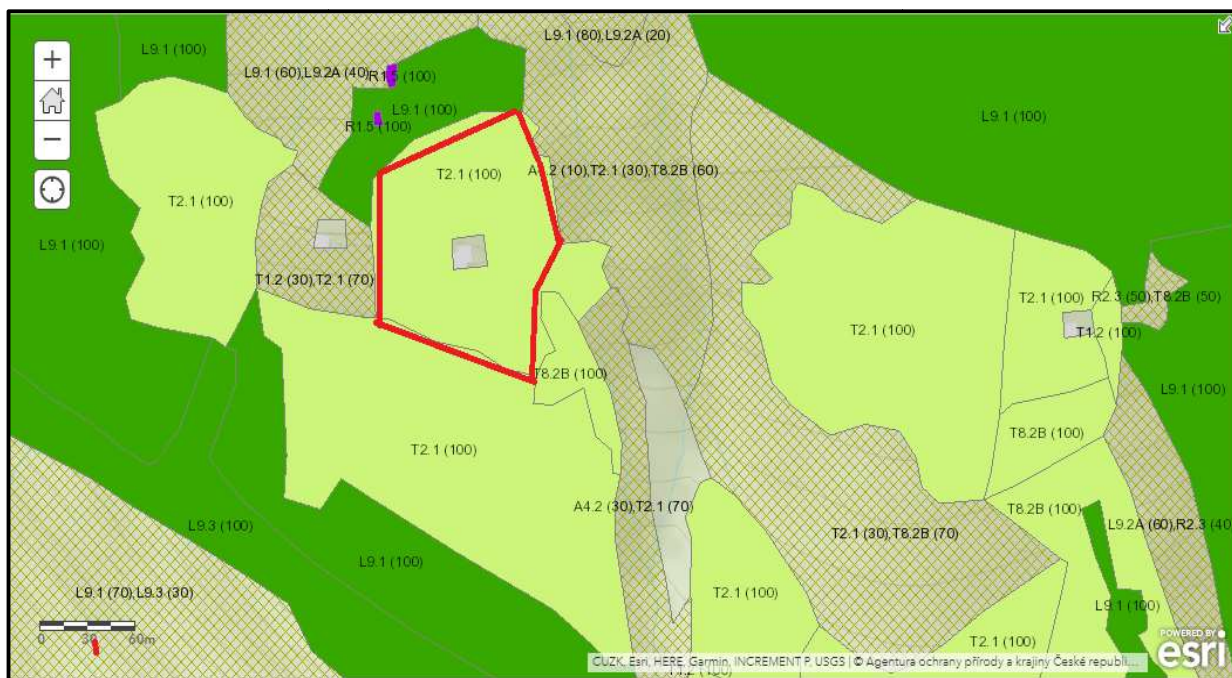
Dle LPIS je pozemek zařazen mezi kultury trvalého travního porostu. Zároveň se jedná o erozně ohroženou plochu. Maximální hodnota ochranného vlivu vegetace C_p nabývá hodnot do 0,005. Faktor délky a sklonu svahu je v kategorii nejohroženější (Bokr 2018). Další přírodní a klimatické poměry záměstí lokality vidíme v následující tabulce.

Tabulka č. 9: Přírodní a klimatické poměry lokality (upraveno dle Quitt 1971; Němeček 2001; Metelka et al. 2007; Chytrý et al. 2001; Faugnerová 2017; Bokr 2018)

Geologické podloží	fylit a svor
Půdní druh, typ, subtyp	hlinitopísčité, podzol, modální
Klimatický region	Ch4
Průměrná roční teplota	2 - 3 °C
Roční úhrn srážek	1400 -1600 mm
Fytogeografická oblast	oreofytikum: 93b (Krkonoše subalpínské)
Biotop	T 2.1 Supalpínské smilkové trávníky
Zonace národního parku	1. zóna

4.4.1 Biotop záměstí lokality, vegetační pokryv a ekologie

Dle Hoška & Škapce (2012) je záměstí lokalita řazena k biotopu subalpínských smilkových trávníků. Zastoupení tohoto biotopu v lokalitě vidíme na obrázku číslo 7.



Obrázek č. 7: Zastoupení biotopů v zájmové lokalitě s vyznačením louky, na které jsou umístěny referenční plochy (zdroj: Hošek & Škapec 2012)

Strukturu a druhové složení lokality lze popsat jako krátkostébelné smilkové trávníky s výskytem mnoha druhů bylin, například *Gentiana asclepiadea*, *Hieracium alpinum* nebo *Rhinanthus pulcher*. Zároveň se zde, mimo *Nardus stricta*, vyskytují i jiné druhy travin, nejčastěji *Avenella flexuosa*, *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*, *Luzula sudetica* a *Phleum rhaeticum*. Společenstvo lze tedy charakterizovat jako svaz *Nardion* (Chytrý et al. 2001).

Tento biotop se typicky vyskytuje okolo alpínské hranice lesa. Primární porosty se nacházejí v okolí tzv. sudetských karů. Sekundární porosty, kam patří i zájmová lokalita, se nacházejí na kyselých a chudých půdách v odlesněných místech, která byla dříve využívána jako pastviny či jednosečné louky. Toto využívání vedlo k eutrofizaci nebo k vývoji monotónních porostů *Nardus stricta*. Z takového využívání vyplývá u sekundárních porostů ohrožení v podobě zániku hospodaření ve vyšších horských lokalitách. U sekundárních managementů je doporučeným managementem pravidelné kosení, nepravidelné přihnojování a pastva (Chytrý et al. 2001).

4.4.2 Historie využívání pozemků v zájmové lokalitě

Obec Pec pod Sněžkou vznikla ve druhé polovině 16. století (Lokvenc 1978). Chata Děvín se nachází v komplexu Studničních bud, které byly postaveny v 17. – 18. století (Lokvenc 2007). Samotná chata vznikla okolo roku 1800, první písemně doložená zmínka o existenci budovy ale pochází až z roku 1874. Po druhé světové válce připadla chata do majetku Gymnázia Trutnov, které ji dodnes využívá ke vzdělávacím účelům (Chata Děvín: Historie 2019).

Relativně pozdní vznik chaty je dán její polohou. Studniční boudy se nacházely nad hranicí hospodářského lesa, ležely tak mimo okruh hlavních ekonomických zájmů lesního hospodářství. S rozvojem pastvy se zvýšilo využívání takových ploch, které trvalo přibližně

do konce druhé světové války. Podobně jako v jiných oblastech Krkonoš se v lokalitě choval převážně hovězí dobytek a kozy. Po druhé světové válce ustal chov i pravidelná péče o tyto pozemky (Lokvenc 2007). Údržba pozemků probíhala nárazově dle rozhodnutí majitelů a později i zaměstnanců správy KRNAP. Záznamy o aplikovaných managementech chybí až do roku 2005 (Procházková 2018 pers. comm.). Od založení parku do konce 80. let 20. století vedly přes Studniční boudy turistické trasy, zejména jako možná zkratka k Luční boudě, čímž došlo k rozsáhlým škodám na lučních enklávách (Matějíček 2017).

4.4.3 Současná péče

Ke znovuobnovení pravidelného managementu na pozemcích okolo Studničních bud došlo v roce 2005. Jedná se o extenzivní pastvu ovcí s nárazovou sečí. Pro obnovu degradovaných travních porostů na Studničních boudách se do roku 2005 využívalo plemeno Bergschaf s trojstrannou užitkovostí (Hejzman et al. 2007). Poslední tři roky provádí management firma Bolkovský dvůr Rudník (Procházková 2018 pers. comm.).

Okolo chaty probíhá rotační pastva na louce o rozloze 2,3 ha, tedy na téměř celém travním porostu zájmové lokality. Pastva zde probíhá jednou ročně. Pozemek je rozdělen na tři oplůtky, v každém oplůtku se stádo pase přibližně jeden týden. Pastva probíhá přibližně dva týdny dle průběhu počasí, a to od konce června či od počátku července do poloviny července. Pastevní pozemky celé farmy mají rozlohu cca 37 ha a je na nich paseno přibližně 200 kusů ovcí, což představuje zatížení 0,5 VDJ. Před zahájením pastvy jsou na v zájmové lokalitě přesekány jedinci invazního druhu *Rumex alpinus*. Po ukončení pastvy jsou sekány nedopasky. Míra brakace stáda je 10 %, což představuje asi 20 bahnic. Každý rok je tedy stádo obnoveno 20 kusy jehnic. Během pastvy se zvířata nepříkrmují. V zimě je krmná dávka uhrazena z 80 % suchým objemným krmivem (seno) a z 20 % senáží a krmnou řepou, přidány jsou minerální lízy. V současné době jsou zde paseni masní kříženci plemena Texel a Suffolk. Do budoucna bude zaveden chov plemene Hampshire (Čílová 2018 pers. comm.).

Od roku 2013 jsou ze zájmové lokality odstraňovány laty invazního druhu *Rumex alpinus* (viz výše). Od roku 2016 je zařazeno i přesekání jedinců zmíněného druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (Procházková 2018 pers. comm.).

5 Výsledky

5.1 Popis bylinného patra

Na čtyřech fytoocenologických snímcích bylo celkem určeno 18 taxonů. Druhy rodu *Campanula*, *Festuca*, *Hypericum* a *Viola* se nepodařilo blíže určit. Nejvíce druhů (13) bylo zaznamenáno na nejvýše položené ploše SB4, zároveň se jedná o plochu bez pastvy. Nejméně druhů (6) bylo určeno na ploše SB1. Nejvyšší pokryvnost bylinného patra (80 %) byla zaznamenána na ploše SB3, nejnižší (65 %) na ploše SB4. Na ploše SB1 byl nejvíce zastoupen druh *Poa chaixii*. Na plochách SB2 a SB3 byly nejvíce zastoupeny druhy *Poa chaixii* a *Deschampsia cespitosa*. Na ploše SB4 byl nejvíce zastoupen druh *Deschampsia cespitosa*.

Mezi určenými taxony byla i *Luzula sylvatica*, která je dle Štursy et al. (2009) klasifikována jako silně ohrožený druh. Tento druh byl zaznamenán pouze na referenční ploše SB4, která leží nejbliže k lesní vegetaci. Dle Grulich (2012) ani dle Vyhlášky MŽP č. 359/1992 Sb. nebyl na referenčních plochách determinován žádný chráněný ani ohrožený druh. V zájmové lokalitě byl mimo referenční plochy determinován druh *Arnica montana*, který v kategorii C3 uvádí Vyhláška MŽP č. 359/1992 Sb., Štursa et al. (2009) i Grulich (2012). Na referenčních plochách nebyl determinován žádný invazní druh dle seznamu Pergla et al. (2016), v zájmové lokalitě byl ale mimo referenční plochy určen druh *Rumex alpinus*.



Obrázek č. 8: Stav porostu v zájmové lokalitě před popisem bylinného patra (zdroj: autorský snímek, 26. 7. 2018)

5.2 Půdní vzorky

5.2.1 Spektrometrické stanovení celkového obsahu živin

V každém bloku s konkrétním managementem proběhlo spektrometrické měření ve třech opakováních. Pro toto měření byl sloučen blok C a D. Naměřené celkové obsahy jednotlivých prvků jsou součástí přílohy č. 2.

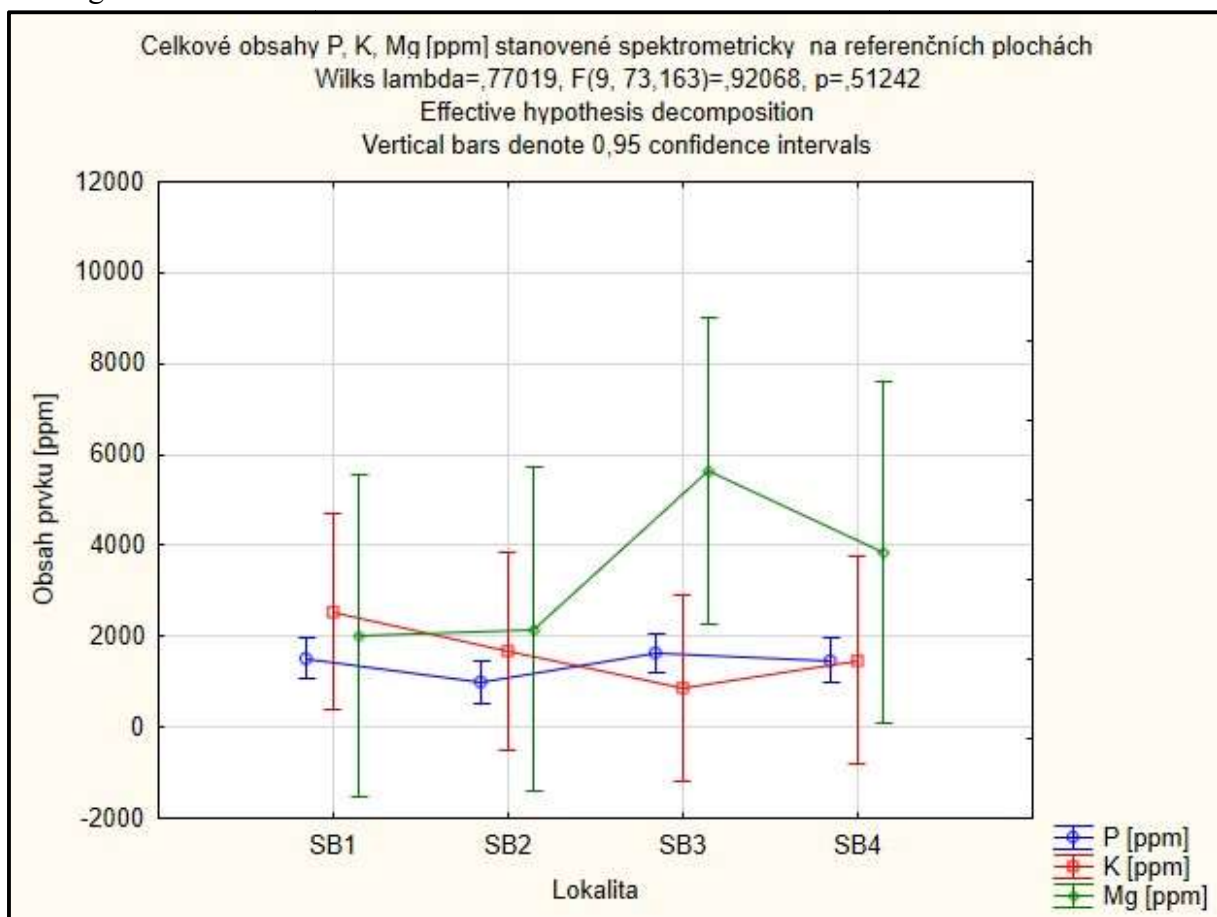
Celkové obsahy nejdůležitějších makroživin, tedy fosforu, draslíku a hořčíku stanovené spektrometrem Vanta VCR vidíme v tabulce č. 10. Minimální hodnoty byly u P, K i Mg jsou vícečetné a jednalo se o zásobu 0 ppm, proto nejsou v tabulce vyznačeny. Z tabulky vyplývá, že obsahy makroživin P, K a Mg velmi kolísají a v některých případech byl obsah dané živiny nulový. Hodnoty zároveň značně kolísají i v opakovaném měření na stejném bloku. Rozmezí zásoby fosforu se pohybuje od 0 ppm do 2915,54 ppm, rozmezí draslíku od 0 ppm do 16389,06 ppm a rozmezí hořčíku od 0 ppm do 14523,60 ppm. V blocích SB1.A, SB1.CD, SB2.A, SB4.A a SB4.B byl ve všech opakováních naměřen nulový obsah Mg.

Tabulka č. 10: Celkový obsah P, K, Mg stanovený spektrometrem Vanta VCR

Plocha	Management	P [ppm]	K [ppm]	Mg [ppm]
SB1	A	619,49	0	0
SB1	A	1112,89	0	0
SB1	A	2915,54	16389,06	0
SB1	B	2259,36	1574,98	9946,59
SB1	B	1993,38	0	8177,14
SB1	B	1888,98	0	0
SB1	C + D	543,30	3166,74	0
SB1	C + D	881,64	1785,78	0
SB1	C + D	1404,09	0	0
SB2	A	1007,80	5434,06	0
SB2	A	1087,90	0	0
SB2	A	0	0	0
SB2	B	1574,55	0	11352,52
SB2	B	962,28	2641,72	0
SB2	B	988,37	506,39	0
SB2	C + D	1000,53	0	0
SB2	C + D	879,61	4336,18	0
SB2	C + D	1358,37	2107,47	8087,00
SB3	A	2826,77	0	13363,02
SB3	A	1074,61	0	0
SB3	A	1786,77	0	11533,04
SB3	B	1776,83	0	14523,60
SB3	B	1137,15	4483,17	0
SB3	B	1586,13	0	10333,16
SB3	C + D	918,62	4114,95	0
SB3	C + D	1245,96	0	0
SB3	C + D	1960,20	0	6700,28
SB4	A	2060,06	0	0
SB4	A	1279,56	1369,47	0
SB4	A	0	0	0
SB4	B	959,51	4176,71	0
SB4	B	2547,15	5574,07	0
SB4	B	1158,89	0	0
SB4	C	2334,74	0	14108,26
SB4	C	1841,86	0	11190,36
SB4	C	1675,23	653,96	5596,24

Maximální hodnota prvku

Celkové obsahy makroživin P, K a Mg vyhodnocené jednorozměrnou analýzou rozptylu ANOVA vidíme na obrázku č. 9. Analýzou rozptylu byl na hladině významnosti 5 % testován rozdíl mezi referenčními plochami v jejich celkovém obsahu makroživin P, K a Mg. F-testem byla stanovena hodnota $p = 0,51242$. Na hladině významnosti 5 % nebyl tento rozdíl prokázán. Mezi referenčními plochami nebyl zjištěn průkazný rozdíl v celkovém obsahu P, K a Mg.



Obrázek č. 9: Porovnání referenčních ploch v jejich celkovém obsahu P, K a Mg

Pro podrobnější vyhodnocení této analýzy byl využit post-hoc Fischerův LSD test, jehož výsledky vidíme na obrázku č. 10. Fischerovým LSD testem byl zjištěn průkazný rozdíl v celkovém obsahu fosforu mezi nejnižše položenou plochou SB3 a nejvýše položenou plochou SB4.

LSD test; variable P [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 4471E2, df = 32,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
1	SB1	1513,2	984,38	1637,3	1474,6
2	SB2	0,103157	0,103157	0,688885	0,906248
3	SB3	0,688885	0,041381	0,041381	0,141147
4	SB4	0,906248	0,141147	0,611504	0,611504

Obrázek č. 10: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání celkového obsahu fosforu na referenčních plochách

5.2.2 Spektrometrické stanovení celkového obsahu rizikových prvků

Naměřené celkové obsahy jednotlivých prvků, včetně rizikových prvků, jsou součástí přílohy č. 2. V zájmové lokalitě byly na všech plochách a blocích naměřeny nulové hodnoty u těchto prvků: Co, Ni, Ag, Sn, Sb, W, Au, Hg, Bi, U. Prvky Cr, V, Se, Rh, Pd, In, Hf, Ta, Re, Ir, Pt, Tl, Cl a Br nebyly součástí výsledného protokolu ze spektrometrického měření. Zmíněné prvky nejsou součástí přílohy č. 2.

Minimální hodnoty byly u Cd a Cr vícečetné a jednalo se o zásobu 0 ppm, proto nejsou v tabulce vyznačeny. Zásoba Cd kolísá od 0 ppm do 25,55 ppm. Nenulový obsah byl u Cd zaznamenán pouze na blocích SB3.A a SB4.C. Obsahy Cu kolísají v rozmezí od 0 ppm do 21,61 ppm. Zásoba Cr se pohybuje v rozmezí od 0 ppm do 39,28 ppm, nenulový obsah Cr byl zjištěn pouze na blocích SB2.A, SB3.A a SB4.C. Celkový obsah Pb se pohyboval v rozmezí od 19,00 ppm do 164,06 ppm, As od 0 ppm do 60,90 ppm a Zn od 34,02 ppm do 162,80 ppm.

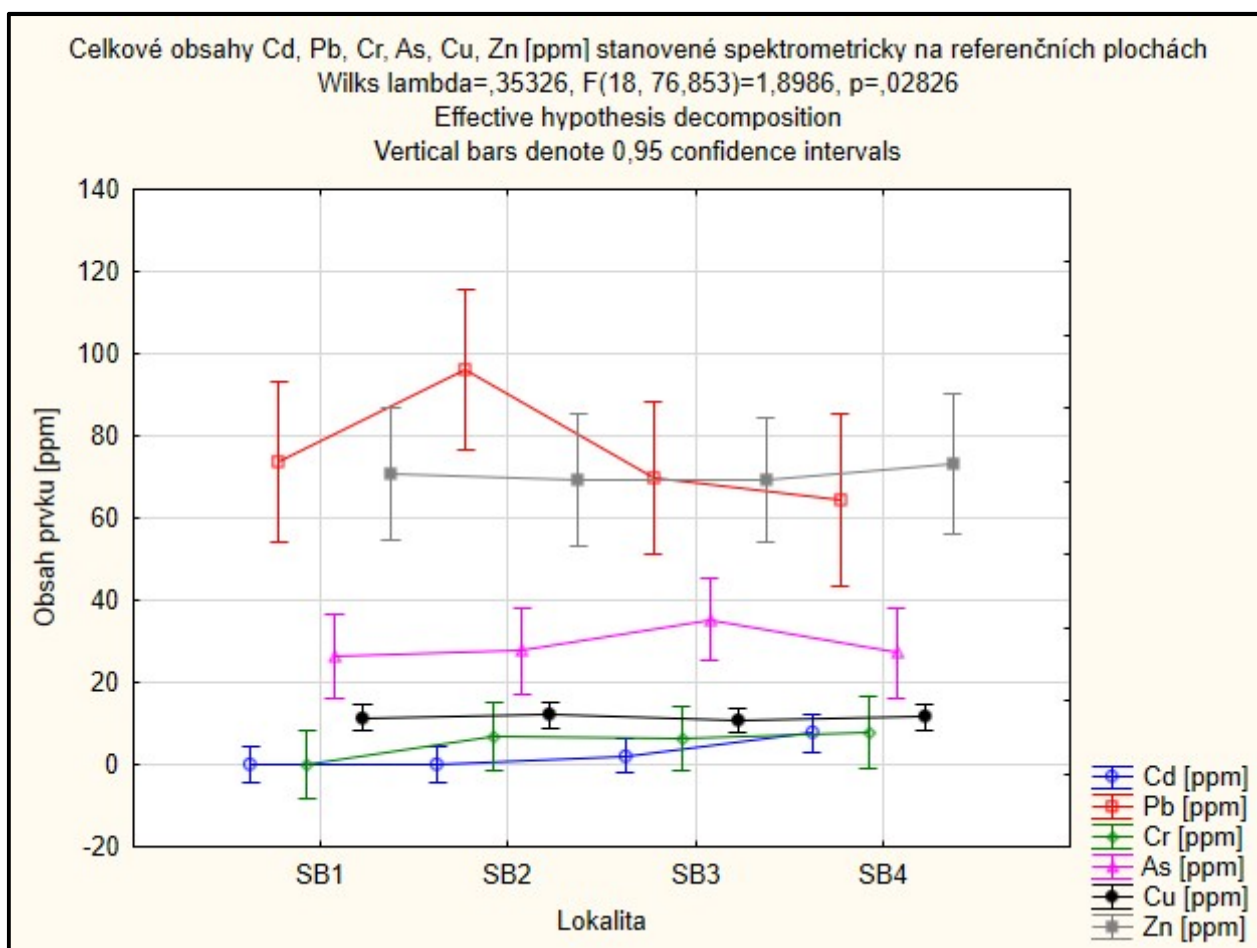
Tabulka č. 11: Celkové obsahy rizikových prvků dle Spektrometru Vanta VCR

Plocha	Management	Cd [ppm]	Cu [ppm]	Cr [ppm]	Pb [ppm]	As [ppm]	Zn [ppm]
SB1	A	0	8,22	0	38,97	13,83	59,67
SB1	A	0	10,49	0	48,31	34,58	58,61
SB1	A	0	9,78	0	19,00	4,50	117,09
SB1	B	0	15,77	0	112,89	44,73	74,85
SB1	B	0	21,61	0	164,06	57,35	83,27
SB1	B	0	11,25	0	81,30	21,82	97,45
SB1	C + D	0	0	0	29,19	9,08	34,02
SB1	C + D	0	8,23	0	59,35	29,95	46,20
SB1	C + D	0	16,63	0	109,99	21,41	64,65
SB2	A	0	12,83	28,40	108,22	33,72	89,58
SB2	A	0	15,61	34,52	112,69	35,57	72,29
SB2	A	0	10,73	0	91,38	26,75	71,27
SB2	B	0	13,36	0	83,74	36,01	77,02
SB2	B	0	14,49	0	70,97	20,88	65,78
SB2	B	0	7,73	0	101,24	11,25	46,07
SB2	C + D	0	11,48	0	125,35	30,86	63,48
SB2	C + D	0	9,29	0	85,56	26,81	62,37
SB2	C + D	0	12,39	0	85,13	26,37	75,73
SB3	A	21,54	17,91	35,12	111,55	47,04	81,27
SB3	A	0	8,73	0	52,05	33,95	61,61
SB3	A	0	14,33	29,26	74,85	38,23	83,15
SB3	B	0	12,32	0	90,74	51,15	86,77
SB3	B	0	8,33	0	61,27	31,59	44,24
SB3	B	0	10,83	0	70,11	39,23	78,55
SB3	C + D	0	5,46	0	46,59	19,69	55,19
SB3	C + D	0	6,90	0	46,83	32,09	59,39
SB3	C + D	0	16,48	0	84,86	39,92	74,60
SB4	A	0	7,12	0	57,68	20,87	67,62
SB4	A	0	5,52	0	43,78	9,55	45,10
SB4	A	0	8,70	0	52,36	5,14	74,14
SB4	B	0	7,59	0	41,69	10,39	49,68
SB4	B	0	16,86	0	57,20	0	162,80
SB4	B	0	15,02	0	75,93	37,02	69,67
SB4	C	18,82	15,52	39,28	84,35	60,90	64,30
SB4	C	16,73	15,03	23,72	72,68	44,60	57,34
SB4	C	25,55	7,87	0	87,37	49,36	63,74

Minimální hodnota prvku

Maximální hodnota prvku

Celkové obsahy rizikových prvků vyhodnocené analýzou rozptylu ANOVA vidíme na obrázku č. 11. Do testování nebyl zahrnut vanad a nikl, protože jejich obsah nebyl spektrometrem stanoven. Analýzou rozptylu byl na hladině významnosti 5 % testován rozdíl mezi referenčními plochami z hlediska jejich celkového obsahu rizikových prvků. F-testem byla stanovena hodnota $p = 0,02826$. Na hladině významnosti 5 % je tento rozdíl signifikantní. Mezi referenčními plochami existuje rozdíl v jejich celkovém obsahu rizikových prvků.



Obrázek 11: Porovnání referenčních ploch v jejich celkovém obsahu rizikových prvků

Podrobnější vyhodnocení proběhlo Fischerůvým LSD testem. Byly zjištěny průkazné rozdíly v celkovém obsahu Cd u mezi plochami SB1 a SB4 a mezi plochami SB2 a SB4. Dále byly zjištěny průkazné rozdíly v zásobě Pb mezi plochami SB2 a SB4 (viz obrázek č. 12 a obrázek č. 13).

LSD test; variable Cd [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 38,679, df = 32,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		0,0000	0,0000	2,1539	7,6375
1	SB1		1,000000	0,456508	0,016633
2	SB2	1,000000		0,456508	0,016633
3	SB3	0,456508	0,456508		0,072271
4	SB4	0,016633	0,016633	0,072271	

Obrázek 12: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání celkového obsahu kadmia na referenčních plochách

LSD test; variable Pb [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 835,87, df = 32,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		73,674	96,030	69,654	64,418
1	SB1		0,110721	0,764179	0,514715
2	SB2	0,110721		0,055707	0,031440
3	SB3	0,764179	0,055707		0,705114
4	SB4	0,514715	0,031440	0,705114	

Obrázek č. 13: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání celkového obsahu olova na referenčních plochách

5.2.3 Obsah přístupných živin dle Mehlicha III

Stanovení obsahu přístupných živiny dle Mehlicha III proběhlo u každého půdního vzorku ve dvou opakováních. Stanovené obsahy přístupných živin jsou součástí přílohy č. 2. Obsah a vyhodnocení zásobenosti fosforem, draslíkem a hořčíkem pro lehké půdy dle Vyhlášky MZe č. 275/1998 Sb., Příl. 5 vidíme tabulce č. 12.

Z tabulky vyplývá, že se obsah přístupného fosforu pohyboval v rozmezí od 6,19 ppm do 64,62 ppm. U všech vzorků z plochy SB1 byl jeho stav nízký. U všech vzorků z plochy SB2 je zásoba fosforu vyhovující. U lokalit SB3 a SB4 převažuje nízký obsah přístupného fosforu.

Obsah přístupného draslíku se pohyboval v rozmezí od 41,66 ppm do 243,26 ppm. Nejvyšších obsahů dosahovaly vzorky z nejvýše položené referenční plochy SB4, kde je jeho zásobenost dobrá až vysoká. U lokality SB1 je zásoba draslíku většinou vyhovující, u ploch SB2 a SB3 je jeho zásoba většinou nízká.

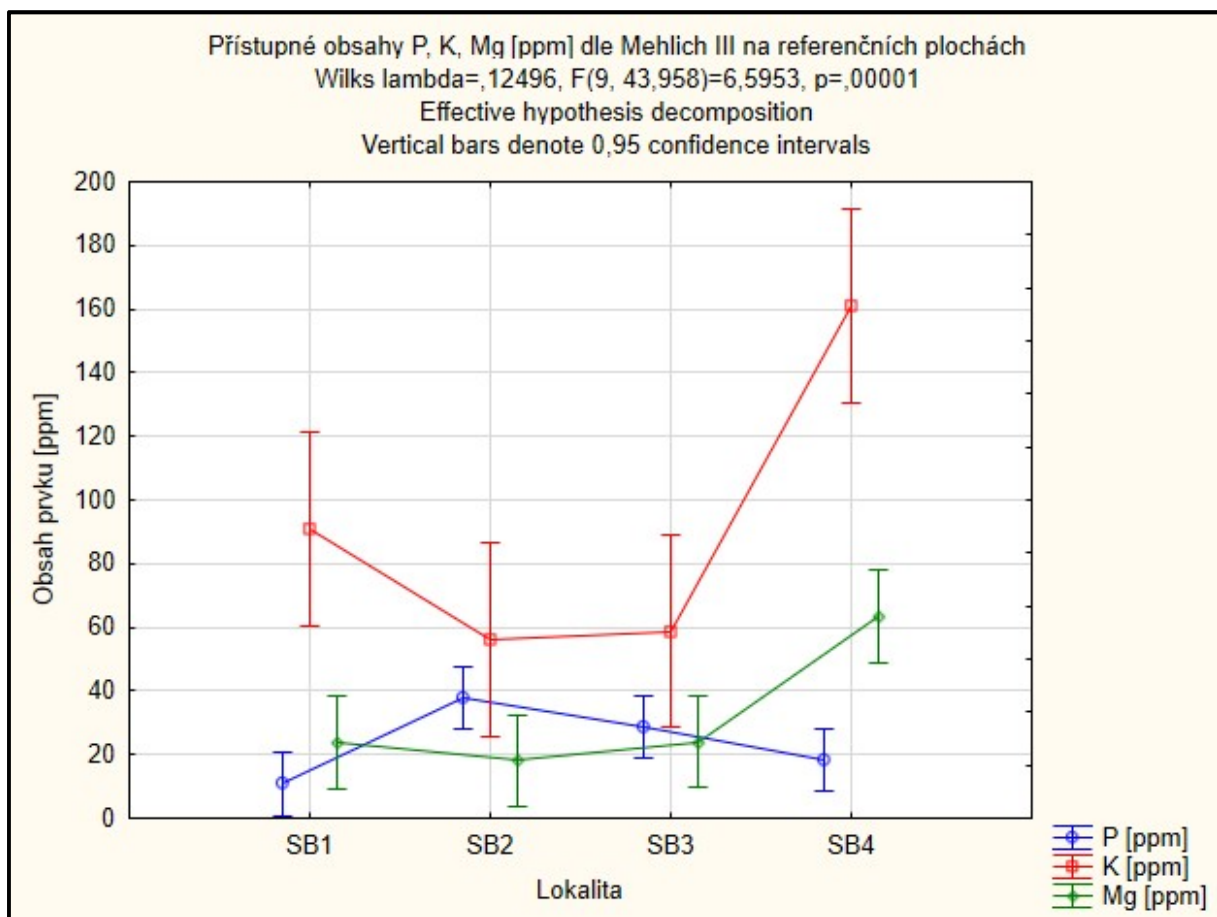
Hodnoty obsahu přístupného hořčíku kolísaly v rozmezí od 12,81 ppm do 107,34 ppm. V lokalitách SB1, SB2 a SB3 je jeho zásoba nízká, v nejvýše položené referenční ploše SB4 je jeho zásoba nízká až dobrá.

Tabulka č. 12: Přístupný obsah a vyhodnocení zásobenosti makroživin P, K, Mg
(upraveno dle Vyhláška MZe č. 275/1998 Sb., Příl. 5)

Referenční plocha	Management	P [ppm]	Obsah P	K [ppm]	Obsah P	Mg [ppm]	Obsah Mg
SB1	A	13,79	nízký	134,81	vyhovující	44,63	nízký
SB1	A	21,10	nízký	91,79	vyhovující	29,85	nízký
SB1	B	6,19	nízký	78,26	vyhovující	15,11	nízký
SB1	B	9,01	nízký	111,76	vyhovující	24,14	nízký
SB1	C	6,77	nízký	70,68	nízký	14,49	nízký
SB1	D	7,36	nízký	58,74	nízký	14,13	nízký
SB2	A	27,81	vyhovující	44,33	nízký	14,38	nízký
SB2	A	38,45	vyhovující	44,10	nízký	15,11	nízký
SB2	B	46,74	vyhovující	71,44	vyhovující	20,29	nízký
SB2	B	44,49	vyhovující	57,63	nízký	17,68	nízký
SB2	C	33,34	vyhovující	62,45	nízký	21,53	nízký
SB2	D	36,76	vyhovující	56,52	nízký	19,45	nízký
SB3	A	32,65	vyhovující	41,66	nízký	12,81	nízký
SB3	A	64,62	dobrý	46,12	nízký	12,83	nízký
SB3	B	16,27	nízký	66,96	nízký	37,77	nízký
SB3	B	14,74	nízký	72,45	vyhovující	40,02	nízký
SB3	C	19,16	nízký	54,09	nízký	17,95	nízký
SB3	D	25,63	vyhovující	71,72	vyhovující	23,18	nízký
SB4	A	9,31	nízký	84,34	vyhovující	41,99	nízký
SB4	A	16,37	nízký	128,66	vyhovující	75,53	vyhovující
SB4	B	27,67	vyhovující	121,81	vyhovující	81,31	vyhovující
SB4	B	33,14	vyhovující	157,86	dobrý	107,34	dobrý
SB4	C	9,60	nízký	230,59	dobrý	35,01	nízký
SB4	C	13,19	nízký	243,26	vysoký	39,61	nízký

Minimální hodnota prvku
Maximální hodnota prvku

Přístupné obsahy makroživin P, K a Mg vyhodnocené analýzou rozptylu ANOVA vidíme na obrázku č. 14. Analýzou rozptylu byl na hladině významnosti 5 % testován rozdíl mezi referenčními plochami v jejich obsahu přístupných makroživin P, K a Mg. F-testem byla stanovena hodnota $p = 0,00001$. Na hladině významnosti 5 % byl prokázán statisticky významný rozdíl. Mezi referenčními plochami je signifikantní rozdíl v jejich obsahu přístupných makroživin P, K a Mg.



Obrázek č. 14: Porovnání referenčních ploch v přístupném obsahu P, K a Mg

Pro podrobnější vyhodnocení byl využit post-hoc Fischerův test. V tabulce č. 13 vidíme, mezi kterými plochami byly průkazné rozdíly v celkovém obsahu P, K a Mg. V případě draslíku i hořčíku se od sebe nejvíce lišily plochy SB1 a SB2.

Tabulka č. 13: Průkazné rozdíly v celkovém obsahu P, K a Mg mezi referenčními plochami zjištěné Fischerovým LSD testem.

Fosfor	Draslík	Hořčík
SB1 a SB2	SB1 a SB4	SB1 a SB4
SB2 a SB3	SB2 a SB4	SB2 a SB4
SB2 a SB4	SB3 a SB4	SB3 a SB4

Na obrázcích č. 15 – 17 vidíme, do jaké míry se jednotlivé plochy navzájem lišily v přístupném obsahu makroživin P, K a Mg.

LSD test; variable P [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 133,16, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		10,702	37,931	28,846	18,214
1	SB1		0,000574	0,013091	0,272867
2	SB2	0,000574		0,187835	0,007751
3	SB3	0,013091	0,187835		0,126211
4	SB4	0,272867	0,007751	0,126211	

Obrázek č. 15: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu fosforu

LSD test; variable K [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 1275,2, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		91,007	56,080	58,833	161,09
1	SB1		0,105762	0,134306	0,002847
2	SB2	0,105762		0,895114	0,000055
3	SB3	0,134306	0,895114		0,000075
4	SB4	0,002847	0,000055	0,000075	

Obrázek č. 16: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu draslíku

LSD test; variable Mg [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 286,46, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		23,725	18,082	24,094	63,469
1	SB1		0,570055	0,970278	0,000601
2	SB2	0,570055		0,545349	0,000156
3	SB3	0,970278	0,545349		0,000657
4	SB4	0,000601	0,000156	0,000657	

Obrázek č. 17: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu hořčíku

5.2.4 Obsah přístupných rizikových prvků dle Mehlich III

Přístupné obsahy rizikových prvků vidíme v tabulce č. 14. V žádném z analyzovaných vzorků nebyl dle Vyhlášky MZe č. 13/1994 Sb., Příl. 1 zjištěn nadlimitní obsah daného rizikového prvku. Některé obsahy prvků ve vzorcích nelze přesně stanovit, protože se nacházely pod hranicí detekčního limitu, jedná se o některé vzorky v případě arsenu (0,67 ppm) a vanadu (0,06 ppm). V tabulce byly proto vyznačeny nejvyšší a nejnižší hodnoty pouze tam, kde se obsah arsenu a vanadu nacházel nad hranicí detekčního limitu. Pro statistické zpracování byly k vzorkům pod hranicí detekovatelnosti dosazeny hodnoty jedné poloviny detekčního limitu: tedy 0,0034 ppm pro As a 0,03 ppm pro V.

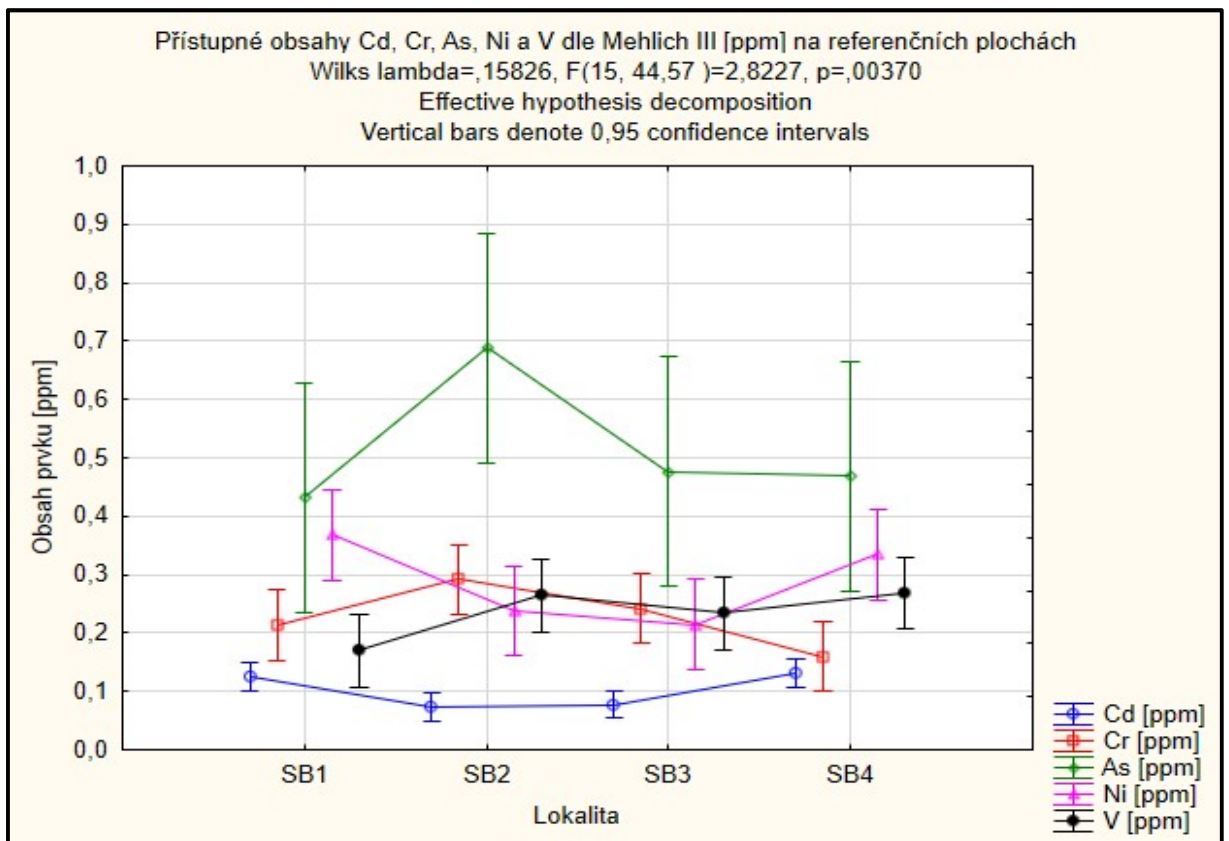
Přístupný obsah Cu se pohyboval v rozmezí hodnot od 1,03 ppm do 4,40 ppm, Cd od 0,05 ppm do 0,19 ppm; Pb od 7,78 ppm do 32,97 ppm, Cr od 0,10 ppm do 0,39 ppm. Obsah As kolísal od 0,68 ppm do 0,93. Hodnoty As pod hranicí detekčního limitu byly naměřeny v obou výluzích půdních vzorků z bloku SB1.A, SB1.CD, SB2.CD, SB3.B a SB4.CD. Obsahy Zn se pohybovaly v rozmezí od 1,63 ppm do 5,26 ppm, Ni od 0,14 ppm do 0,57 ppm a V od 0,10 ppm do 0,36 ppm.

Tabulka č. 14: Přístupné obsahy některých rizikových prvků dle Mehlicha III s vyznačením maximálních a minimálních hodnot

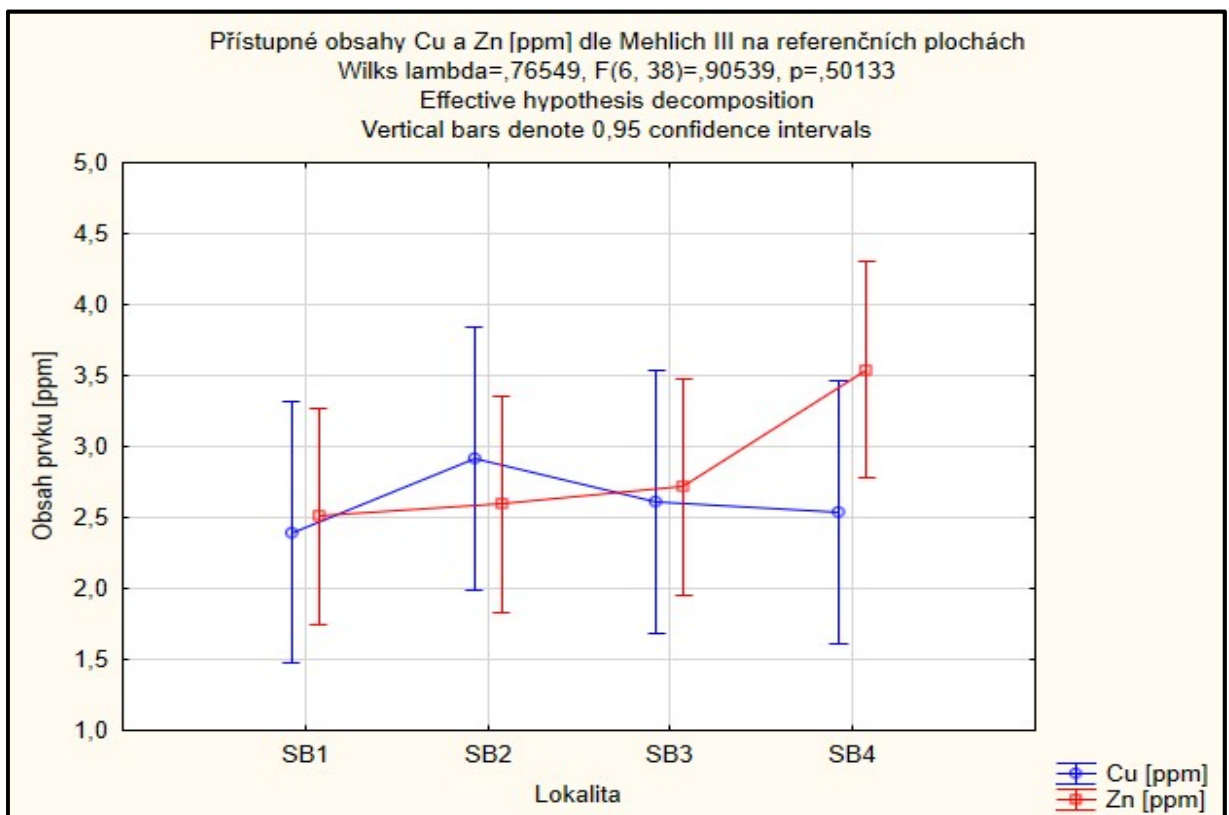
Lokalita	Management	Cu [ppm]	Cd [ppm]	Pb [ppm]	Cr [ppm]	As [ppm]	Zn [ppm]	Ni [ppm]	V [ppm]
SB1	A	1,91	0,17	13,05	0,22		3,92	0,57	0,30
SB1	A	1,46	0,12	12,20	0,18		2,93	0,44	0,13
SB1	B	3,39	0,09	10,96	0,10		2,08	0,30	
SB1	B	3,36	0,13	14,07	0,22	0,89	2,71	0,38	0,23
SB1	C + D	2,29	0,12	8,05	0,19		1,78	0,27	0,23
SB1	C + D	1,96	0,12	7,78	0,38		1,63	0,26	0,10
SB2	A	2,27	0,05	34,65	0,20	0,86	2,63	0,28	0,32
SB2	A	2,05	0,08	36,13	0,24	0,78	2,30	0,23	0,30
SB2	B	4,34	0,08	13,64	0,39	0,93	2,87	0,21	0,22
SB2	B	2,15	0,05	11,42	0,39	0,88	2,11	0,21	0,23
SB2	C + D	2,49	0,09	19,96	0,33		2,86	0,30	0,30
SB2	C + D	4,20	0,09	16,57	0,20		2,79	0,20	0,21
SB3	A	4,40	0,06	15,50	0,25	0,71	2,14	0,16	0,25
SB3	A	4,15	0,07	13,66	0,30		1,92	0,17	0,16
SB3	B	1,17	0,11	15,69	0,22		3,60	0,31	0,21
SB3	B	1,03	0,11	14,64	0,27		3,68	0,30	0,27
SB3	C + D	3,25	0,05	8,85	0,16	0,79	2,48	0,14	0,20
SB3	C + D	1,66	0,07	10,68	0,25		2,48	0,21	0,32
SB4	A	2,93	0,09	10,03	0,10		2,62	0,22	0,18
SB4	A	3,61	0,15	15,19	0,15	0,68	3,84	0,44	0,19
SB4	B	3,17	0,16	30,48	0,16		4,94	0,40	0,31
SB4	B	1,60	0,19	32,97	0,13	0,77	5,26	0,44	0,28
SB4	C + D	1,99	0,10	10,00	0,22		2,35	0,25	0,30
SB4	C + D	1,92	0,10	9,50	0,20		2,25	0,25	0,36

Minimální hodnota prvku
Maximální hodnota prvku

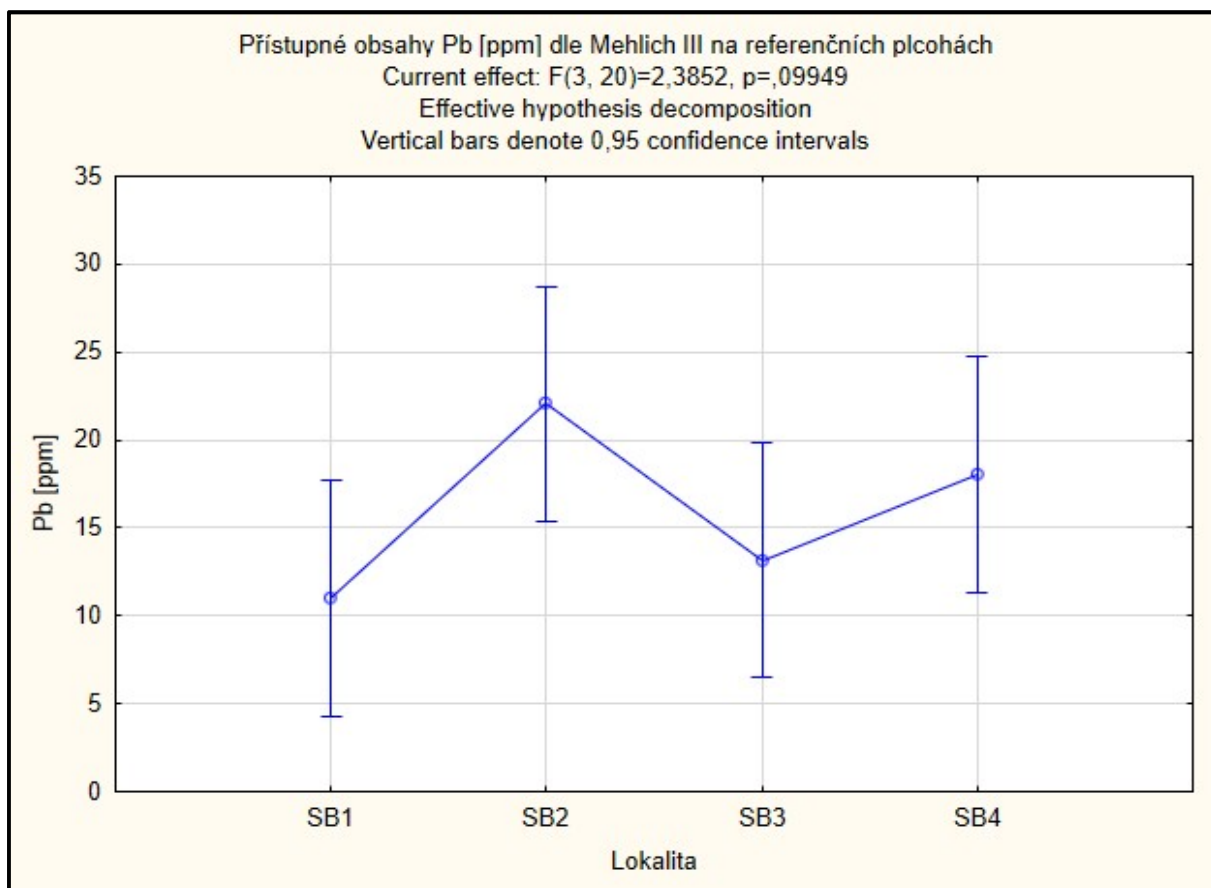
Přístupné obsahy rizikových prvků vyhodnocené analýzou rozptylu ANOVA vidíme na obrázcích č. 18, 19 a 20. Pro větší přehlednost jsou prvky Pb, Cu a Zn zobrazeny zvlášť. Analýzou rozptylu byl na hladině významnosti 5 % testován rozdíl mezi referenčními plochami v jejich obsahu přístupných rizikových prvků. F-testem byla stanovena hodnota $p = 0,0037$. Na hladině významnosti 5 % byl tak prokázán statisticky významný rozdíl. Mezi referenčními plochami existuje signifikantní rozdíl v přístupném obsahu rizikových prvků.



Obrázek č. 18: Porovnání referenčních ploch v přístupném obsahu Cd, Cr, As, Ni, V



Obrázek č. 19: Porovnání referenčních ploch v přístupném obsahu Cu a Zn



Obrázek č. 20: Porovnání referenčních ploch v přístupném obsahu P

Pro podrobnější vyhodnocení byl využit post-hoc Fischerův test. Byly zjištěny průkazné rozdíly u přístupného obsahu Cd, Pb, Cr, Ni a V. Průkazné rozdíly mezi referenčními plochami nebyly zjištěny u přístupného obsahu Cu, As a Zn. V tabulce č. 15 vidíme, které referenční plochy se signifikantně lišily v celkovém obsahu Cd, Pb, Cr, Ni a V. Nejčastěji se od sebe lišily plochy SB1 a SB2.

Tabulka č. 15: Průkazné rozdíly v celkovém obsahu Cd, Pb, Cr, Ni a V mezi referenčními plochami zjištěné Fischerovým LSD testem

Kadmium	Olovo	Chrom	Nikl	Vanad
SB1 a SB2	SB1 a SB2	SB2 a SB4	SB1 a SB2	SB1 a SB2
SB1 a SB3			SB1 a SB3	SB1 a SB4
SB2 a SB4			SB3 a SB4	

Na obrázcích č. 21 - 25 vidíme, do jaké míry se jednotlivé plochy navzájem lišily v přístupném obsahu rizikových prvků Cd, Pb, Cr, Ni a V.

LSD test; variable Cd [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,00080, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		,12453	,07447	,07777	,13113
1	SB1		0,006223	0,009783	0,691254
2	SB2	0,006223		0,842154	0,002474
3	SB3	0,009783	0,842154		0,003936
4	SB4	0,691254	0,002474	0,003936	

Obrázek 21: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu kadmia

LSD test; variable Pb [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 61,779, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		11,017	22,062	13,171	18,027
1	SB1		0,024432	0,640224	0,138072
2	SB2	0,024432		0,064151	0,384466
3	SB3	0,640224	0,064151		0,297270
4	SB4	0,138072	0,384466	0,297270	

Obrázek č. 22: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu olova

LSD test; variable Cr [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,00500, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		,21405	,29163	,24195	,15990
1	SB1		0,071938	0,502212	0,199747
2	SB2	0,071938		0,237882	0,004235
3	SB3	0,502212	0,237882		0,058172
4	SB4	0,199747	0,004235	0,058172	

Obrázek č. 23: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu chromu

LSD test; variable Ni [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,00821, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		,36838	,23839	,21499	,33464
1	SB1		0,021907	0,008226	0,526205
2	SB2	0,021907		0,659299	0,080617
3	SB3	0,008226	0,659299		0,033174
4	SB4	0,526205	0,080617	0,033174	

Obrázek č. 24: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu niklu

LSD test; variable V [ppm] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,00536, df = 20,000					
Cell No.	Lokalita	{1}	{2}	{3}	{4}
		,16961	,26437	,23353	,26834
1	SB1		0,036412	0,146016	0,029979
2	SB2	0,036412		0,473857	0,926083
3	SB3	0,146016	0,473857		0,419687
4	SB4	0,029979	0,926083	0,419687	

Obrázek č. 25: Výsledky Fischerova LSD testu pro porovnání přístupného obsahu vanadu

5.2.5 Půdní reakce

Naměřené hodnoty aktivního a výměnného pH z odebraných vzorků s vyhodnocením dle Vyhlášky MZe č. 275/1998 Sb. Příl. 5 vidíme v tabulce č. 16. Z tabulky vyplývá, že se aktivní pH pohybovalo v rozmezí od 4,139 do 4,559 a výměnné pH v rozmezí od 3,512 do 3,947. Všechny vzorky byly dle Vyhlášky MZe č. 275/1998, Sb. Příl. 5 vyhodnoceny jako extrémně kyselé a to v případě aktivního i výměnného pH. Nejvyšší hodnoty aktivního pH byly naměřeny ve vzorku z bloku SB4.C. Nejvyšší výměnné pH bylo stanoveno ve vzorku SB1.CD. Nejnižší aktivní pH bylo stanoveno ve vzorku SB1.A. Nejnižší výměnné pH bylo změřeno ve vzorku SB3.B.

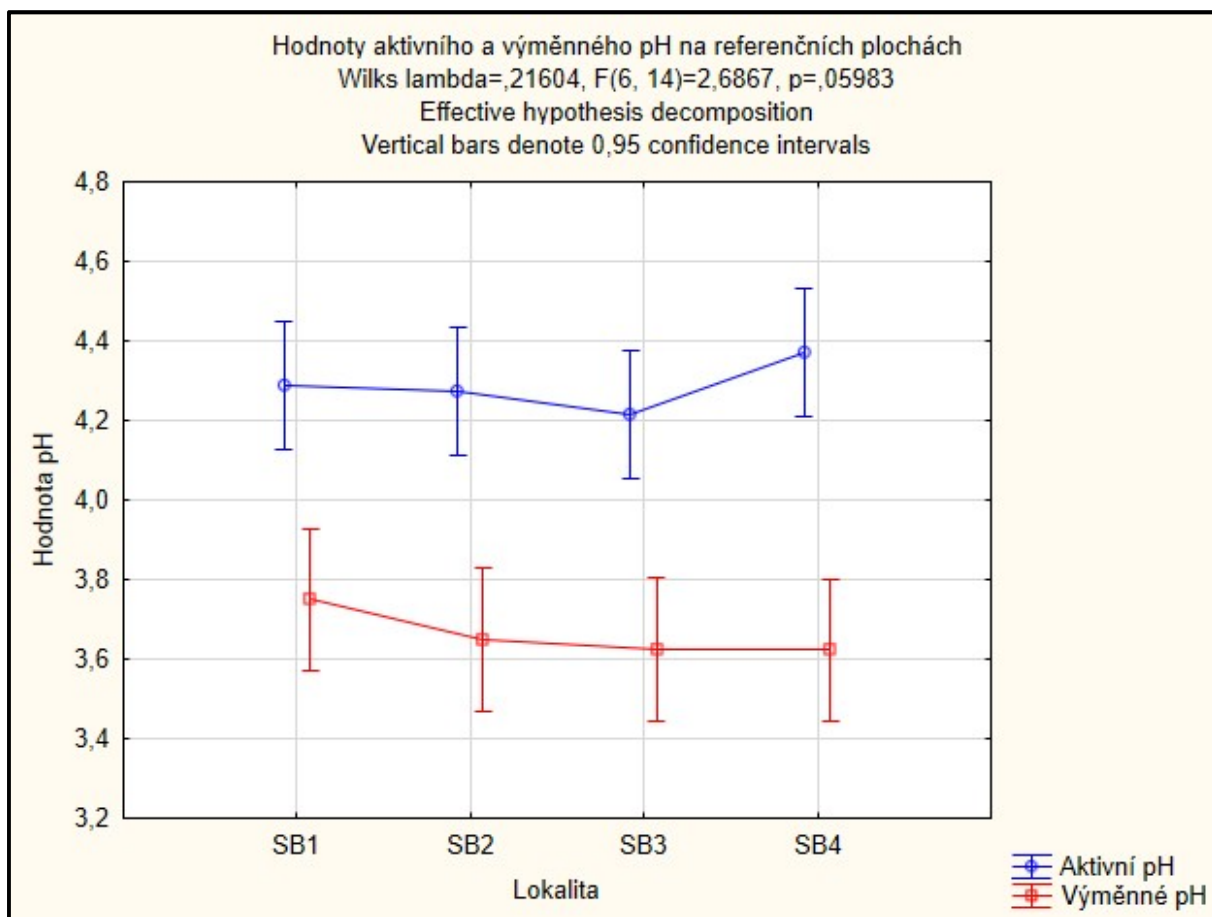
Tabulka č. 16: Hodnoty aktivního a výměnného pH (upraveno dle Vyhláška MZe č. 275/1998 Sb., Příl. 5)

Referenční plocha	Management	Aktivní pH (H ₂ O)	Půdní reakce	Výměnné pH (KCl)	Půdní reakce
SB1	A	4,139	extrémně kyselé	3,539	extrémně kyselé
SB1	B	4,308	extrémně kyselé	3,764	extrémně kyselé
SB1	C + D	4,416	extrémně kyselé	3,947	extrémně kyselé
SB2	A	4,278	extrémně kyselé	3,66	extrémně kyselé
SB2	B	4,327	extrémně kyselé	3,676	extrémně kyselé
SB2	C + D	4,215	extrémně kyselé	3,61	extrémně kyselé
SB3	A	4,16	extrémně kyselé	3,66	extrémně kyselé
SB3	B	4,165	extrémně kyselé	3,512	extrémně kyselé
SB3	C + D	4,324	extrémně kyselé	3,701	extrémně kyselé
SB4	A	4,247	extrémně kyselé	3,526	extrémně kyselé
SB4	B	4,304	extrémně kyselé	3,561	extrémně kyselé
SB4	C	4,559	extrémně kyselé	3,782	extrémně kyselé

Minimální hodnota pH

Maximální hodnota pH

Hodnoty půdní reakce vyhodnocené analýzou rozptylu ANOVA jsou zobrazeny na obrázku č. 26. Na hladině významnosti 5 % nebyly zjištěny rozdíly v hodnotách aktivního a výměnného pH mezi referenčními plochami.



Obrázek č. 26: Hodnoty aktivního a výměnného pH na referenčních plochách

5.3 Počet jedinců a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

Odečtené hodnoty počtu jedinců a pokryvnosti ve všech letech pokusu jsou součástí přílohy č. 1. Nejnižší počet jedinců (0 ks/2m²) i pokryvnost (0 %) byl zaznamenán na bloku SB4.C v roce 2018. Nejvyšší početnost (48 ks/2m²) byla zaznamenána na bloku SB3.B v roce 2018. Nejvyšší pokryvnost (60 %) byla zaznamenána na bloku SB2.A v roce 2017. V tabulkách č. 17 - 19 vidíme minimální a maximální hodnoty počtu jedinců a pokryvnosti v jednotlivých letech odečítání na všech plochách, na jednotlivých managementech souhrnně za všechny roky odečítání a na referenčních plochách souhrnně za všechny roky odečítání.

Tabulka č. 17: Rozmezí početnosti a pokryvnosti v jednotlivých letech na všech plochách

Rok	Rozmezí početnosti [ks/2m ²]	Rozmezí pokryvnosti [%]
2016	3 – 40	10 – 50
2017	3 – 46	8 – 60
2018	0 – 48	0 - 45

Tabulka č. 18: Rozmezí početnosti a pokryvnosti na jednotlivých managementech za všechny, souhrn za všechny roky odečítání

Management	Rozmezí početnosti [ks/2m ²]	Rozmezí pokryvnosti [%]
A	19 - 40	15 - 60
B	11 - 48	10 - 50
C	0 - 15	0 - 15
D	7 - 43	5 - 50

Tabulka č. 19: Rozmezí početnosti a pokryvnosti na referenčních plochách, souhrn za všechny roky odečítání

Referenční plocha	Rozmezí početnosti [ks/2m ²]	Rozmezí pokryvnosti [%]
SB1	6 - 40	5 - 30
SB2	3 - 37	5 - 60
SB3	5 - 48	0 - 50
SB4	11 - 28	15 - 20



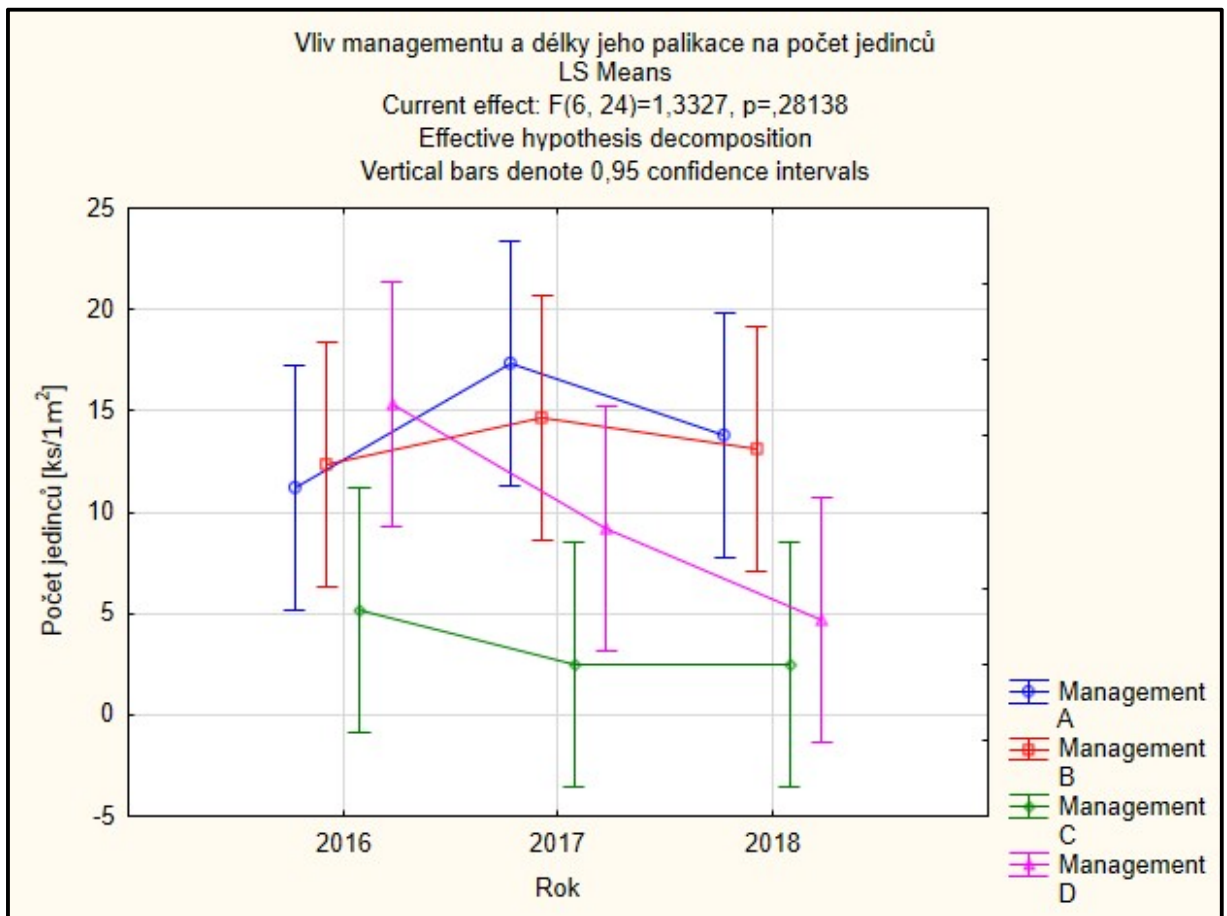
Obrázek č. 27: Pohled na porost v zájmové lokalitě před odečítáním pokryvnosti a početnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum* na referenčních plochách (zdroj: autorský snímek, 19. 6. 2018)

5.3.1 Vliv managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců

Vliv aplikovaného managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců vyhodnocený analýzou rozptylu ANOVA vidíme na obrázku č. 28. Testovali jsme vliv dvou faktorů: managementu a času, proto jsme zvolili vícefaktorovou analýzu rozptylu (Lepš & Šmilauer 2016). Do testování nebyly zahrnuty údaje z referenční plochy SB4, která byla založena až v roce 2018 a počet jedinců zde není ovlivněn aplikací žádného managementu. Na hladině významnosti 5 % byl testován rozdíl v počtu jedinců pod vlivem aplikovaného managementu. Výsledky F-testu vidíme v tabulce č. 20. Na této hladině významnosti nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v počtu jedinců na referenčních plochách pod vlivem managementu a délky jeho aplikace. Mezi testovanými managementy ani délkou jejich aplikace není signifikantní rozdíl v počtu jedinců *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Z obrázku č. 28 je však patrné, že největší rozdíl mezi jednotlivými roky můžeme vysledovat u managementu D.

Tabulka č. 20: Výsledky F-testu analýzy rozptylu pro zjištění vlivu managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

p-hodnota F-test	p-hodnota management	p-hodnota rok
0,38138	0,00834	0,08732



Obrázek č. 28: Vliv managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců

Pro podrobnější vyhodnocení této analýzy byl využit Tukeyův HSD test. Výsledky tohoto post-hoc testu vidíme v následující matici.

		Tukey HSD test; Variable: Počet jedinců [ks/1m2] (Výsledky Kulichová upraveno)											
		Marked differences are significant at p < ,05000											
Rok	Management	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
		M=11,167	M=12,333	M=5,1667	M=15,333	M=17,333	M=14,667	M=2,5000	M=9,1667	M=13,833	M=13,167	M=2,5000	M=4,6667
2016	A	{1}											
	B	{2}	1,000000										
	C	{3}	0,940354	0,836603									
	D	{4}	0,995991	0,999792	0,408821								
2017	A	{5}	0,929302	0,982992	0,188291	0,999996							
	B	{6}	0,999132	0,999982	0,504610	1,000000	0,999933						
	C	{7}	0,630712	0,455665	0,999933	0,139674	0,052284	0,188291					
	D	{8}	0,999996	0,999654	0,997165	0,929302	0,705084	0,966358	0,888569				
2018	A	{9}	0,999933	1,000000	0,630712	1,000000	0,999132	1,000000	0,266316	0,989944			
	B	{10}	0,999996	1,000000	0,728968	0,999992	0,995991	1,000000	0,343315	0,997165	1,000000		
	C	{11}	0,630712	0,455665	0,999933	0,139674	0,052284	0,188291	1,000000	0,888569	0,266316	0,343315	
	D	{12}	0,903418	0,774688	1,000000	0,343315	0,150731	0,431960	0,999992	0,992459	0,554713	0,655835	0,999992

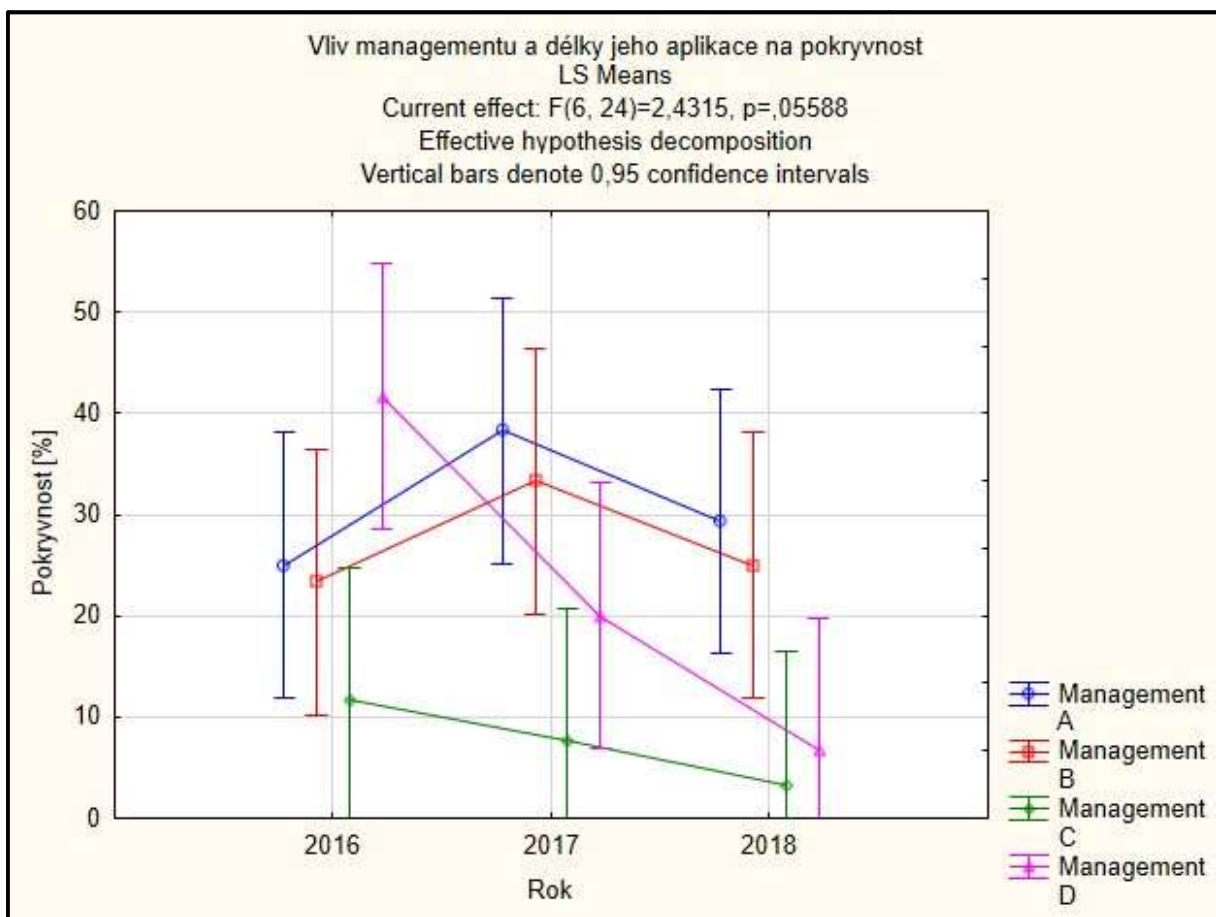
Obrázek č. 29: Tukeyův HSD pro zjištění vlivu managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců

5.3.2 Vliv managementu a délky jeho aplikace na pokryvnost

Vliv aplikovaného managementu a délky jeho aplikace na pokryvnost vyhodnocený analýzou rozptylu ANOVA vidíme na obrázku č. 30. Zvolili jsme opět vícefaktorovou analýzu rozptylu. Do testování nebyly zahrnuty údaje z referenční plochy SB4, která byla založena až v roce 2018 a pokryvnost zde není ovlivněna aplikací žádného managementu. Na hladině významnosti 5 % byl testován rozdíl v pokryvnosti pod vlivem aplikovaného managementu. Výsledky F-testu vidíme v tabulce č. 21. Na této hladině významnosti nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v pokryvnosti na referenčních plochách pod vlivem managementu a délky jeho aplikace. Mezi testovanými managementy ani délkou jejich aplikace není signifikantní rozdíl z hlediska jejich vlivu na pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Z obrázku č. 30 je opět patrné, že největší rozdíl mezi jednotlivými lety můžeme pozorovat u managementu D.

Tabulka č. 21: Výsledky F-testu analýzy rozptylu pro zjištění vlivu managementu a délky jeho aplikace na pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

p-hodnota F-test	p-hodnota management	p-hodnota rok
0,05583	0,41568	0,00053



Obrázek č. 30: Vliv managementu a délky jeho aplikace na pokryvnost

Pro podrobnější vyhodnocení této analýzy byl využit Tukeyův HSD test, jehož výsledky vidíme v následující matici (obrázek č. 31). Z obrázku je patrné, že byly zjištěny signifikantní rozdíly v pokryvnosti mezi bloky pod managementem D v roce 2016 a pod managementem C v roce 2017, dále mezi bloky pod managementem D v roce 2016 a C v roce 2018 a mezi bloky pod managementem A v roce 2017 a C v roce 2018.

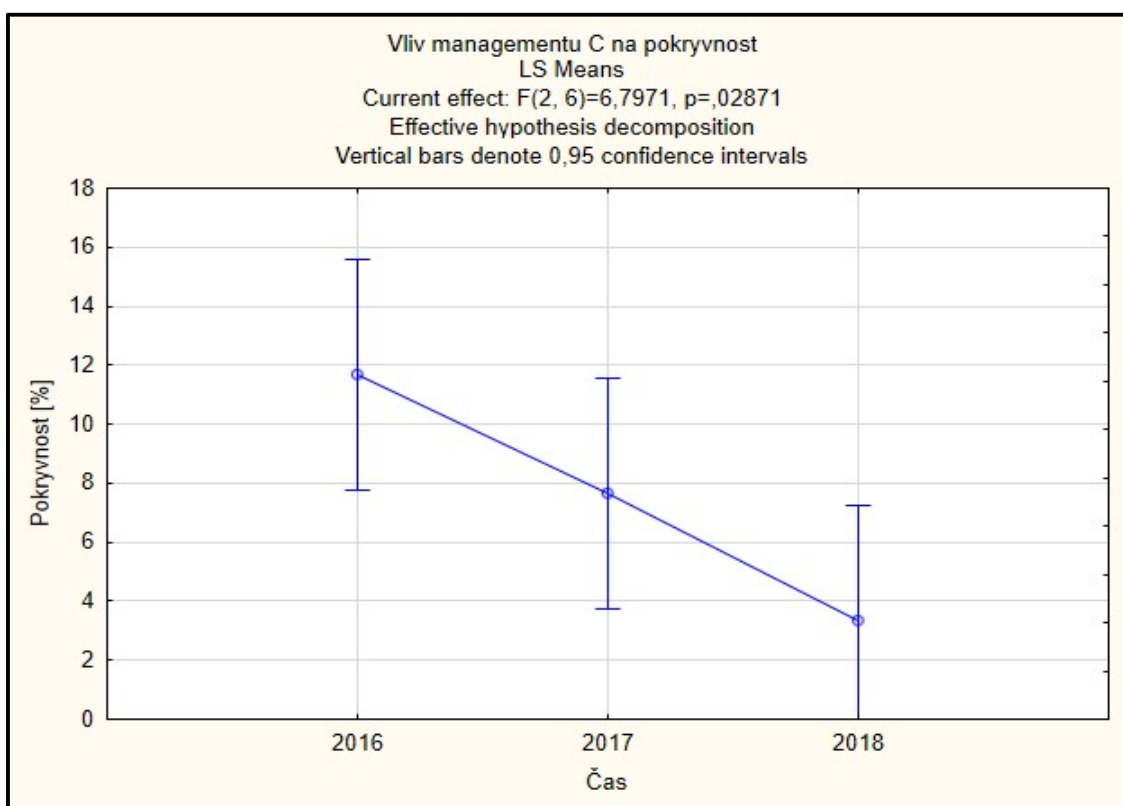
		Tukey HSD test; Variable: Pokryvnost (Výsledky Kulichová upraveno)											
		Marked differences are significant at $p < ,05000$											
Rok	Management	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
		M=25,000	M=23,333	M=11,667	M=41,667	M=38,333	M=33,333	M=7,6667	M=20,000	M=29,333	M=25,000	M=3,3333	M=6,6667
2016	A {1}		1,000000	0,931615	0,774698	0,931615	0,998041	0,732744	0,999985	0,999996	1,000000	0,436674	0,665820
2016	B {2}	1,000000		0,971623	0,665820	0,865664	0,991016	0,832001	1,000000	0,999907	1,000000	0,549675	0,774698
2016	C {3}	0,931615	0,971623		0,088172	0,180270	0,436674	0,999998	0,998041	0,710880	0,931615	0,998041	0,999985
2016	D {4}	0,774698	0,665820	0,088172		1,000000	0,998041	0,034206	0,436674	0,958507	0,774698	0,011470	0,026708
2017	A {5}	0,931615	0,865664	0,180270	1,000000		0,999985	0,075705	0,665820	0,996200	0,931615	0,026708	0,059984
2017	B {6}	0,998041	0,991016	0,436674	0,998041	0,999985		0,219544	0,931615	0,999998	0,998041	0,088172	0,180270
2017	C {7}	0,732744	0,832001	0,999998	0,034206	0,075705	0,219544		0,958507	0,436674	0,732744	0,999996	1,000000
2017	D {8}	0,999985	1,000000	0,998041	0,436674	0,665820	0,931615	0,958507		0,994854	0,999985	0,774698	0,931615
2018	A {9}	0,999996	0,999907	0,710880	0,958507	0,996200	0,999998	0,436674	0,994854		0,999996	0,205786	0,373991
2018	B {10}	1,000000	1,000000	0,931615	0,774698	0,931615	0,998041	0,732744	0,999985	0,999996		0,436674	0,665820
2018	C {11}	0,436674	0,549675	0,998041	0,011470	0,026708	0,088172	0,999996	0,774698	0,205786	0,436674		1,000000
2018	D {12}	0,665820	0,774698	0,999985	0,026708	0,059984	0,180270	1,000000	0,931615	0,373991	0,665820	1,000000	

Obrázek č. 31: Tukeyův HSD pro zjištění vlivu managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců

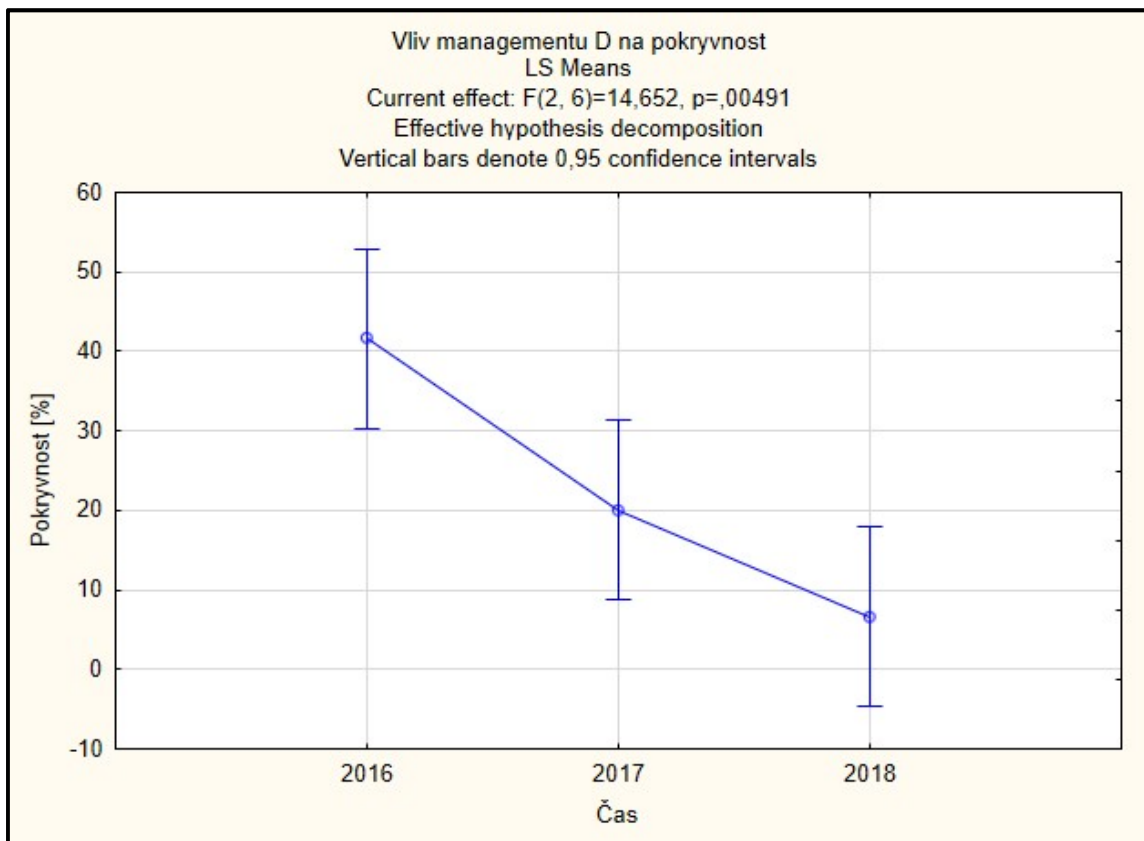
5.3.3 Rozdíl v počtu jedinců a pokryvnosti mezi jednotlivými roky odečítání

Vliv managementu na počet jedinců a na pokryvnost byl také testován pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu, a to odděleně pro každý management. Do testování opět nebyly zahrnuty údaje z referenční plochy SB4. Na hladině významnosti 5 % byla jednotlivě pro každý management testována hypotéza, že v počtu jedinců či v pokryvnosti není statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými roky pod konkrétním managementem.

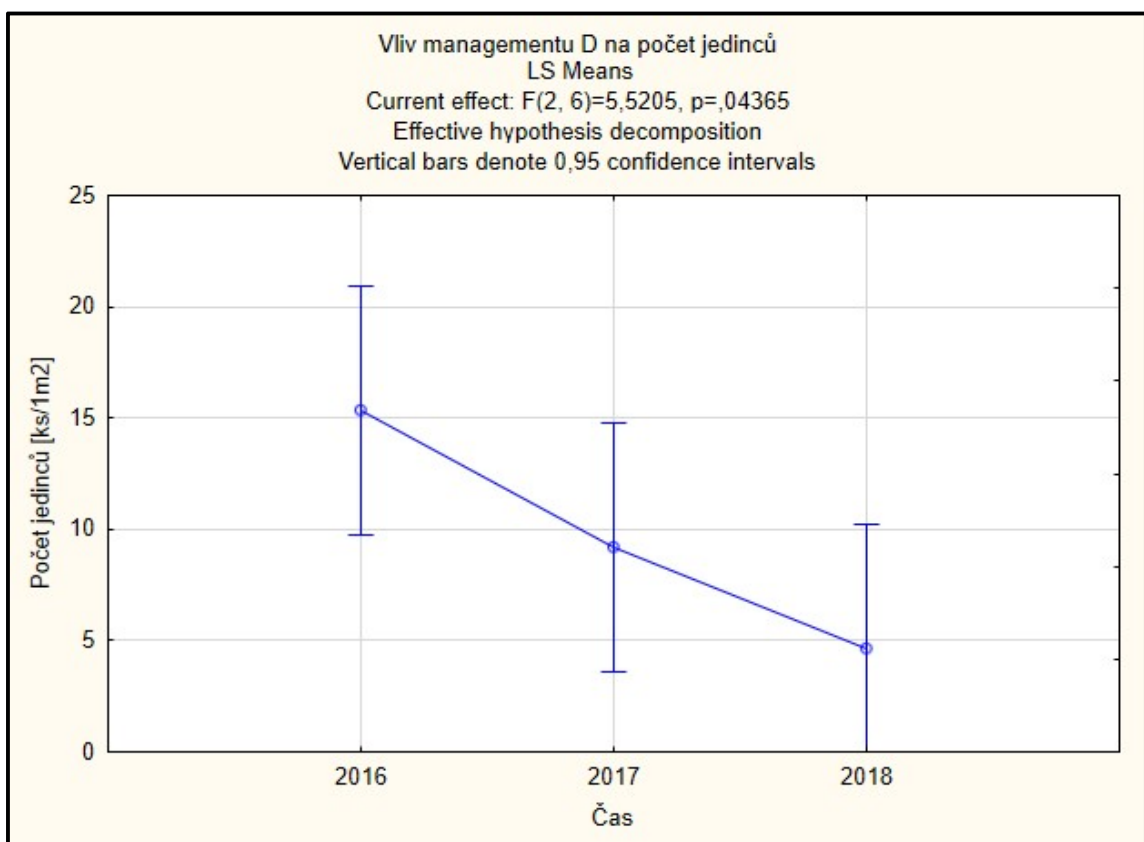
V tomto testování byly zjištěny statisticky významné rozdíly v pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum* u managementu C ($p = 0,02871$), Dále byly zjištěny signifikantní rozdíly v pokryvnosti ($p = 0,00491$) i početnosti ($p = 0,04365$) u managementu D. Výstupy testování vidíme na obrázcích č. 32 – 34. Ve všech obrázcích lze vypořozovat strmě klesající trend mezi jednotlivými roky aplikace konkrétního managementu.



Obrázek č. 32: Vliv managementu C na pokryvnost



Obrázek č. 33: Vliv managementu D na pokryvnost



Obrázek č. 34: Vliv managementu D na počet jedinců

Pro podrobnější vyhodnocení byl využit Tukeyův HSD test. Výsledky vidíme na obrázcích č. 35 - 37 Z obrázků vyplývá, že byly zjištěny průkazné rozdíly v pokryvnosti mezi roky 2016 a 2018 pod managementem C. Dále byly průkazné rozdíly v pokryvnosti mezi roky 2016 a 2017, 2016 a 2018 pod managementem D. Rozdíly v počtu jedinců byly zaznamenány pod managementem D mezi roky 2016 a 2018.

Tukey HSD test; variable Pokryvnost [%] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 7,6667, df = 6,0000					
Cell No.	Čas	{1}	{2}	{3}	
1	2016	11,667	7,6667	3,3333	
2	2017	0,257477	0,257477	0,214358	
3	2018	0,024017	0,214358		

Obrázek č. 35: Tukeyův HSD test pro vyhodnocení rozdílů v pokryvnosti pod managementem C

Tukey HSD test; variable Pokryvnost [%] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 63,889, df = 6,0000					
Cell No.	Čas	{1}	{2}	{3}	
1	2016	41,667	20,000	6,6667	
2	2017	0,036939	0,036939	0,182862	
3	2018	0,004301	0,182862		

Obrázek č. 36: Tukeyův HSD test pro vyhodnocení rozdílů v pokryvnosti pod managementem D

Tukey HSD test; variable Počet jedinců [ks/1m2] (Výsledky Kulichová upraveno)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 15,583, df = 6,0000					
Cell No.	Čas	{1}	{2}	{3}	
1	2016	15,333	9,1667	4,6667	
2	2017	0,215305	0,215305	0,400472	
3	2018	0,037408	0,400472		

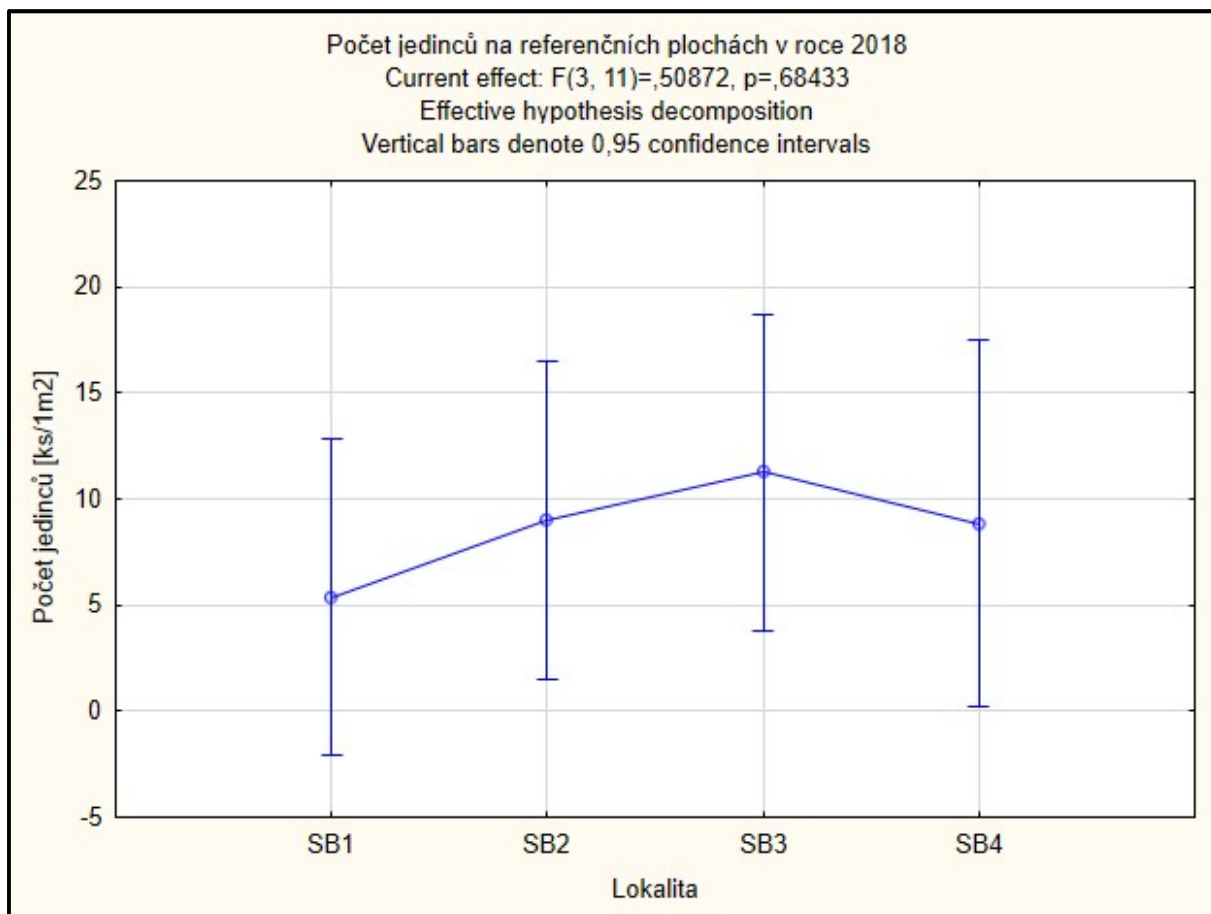
Obrázek č. 37: Tukeyův HSD test pro vyhodnocení rozdílů v počtu jedinců pod managementem D

5.3.4 Rozdíly v počtu jedinců a pokryvnosti na referenčních plochách

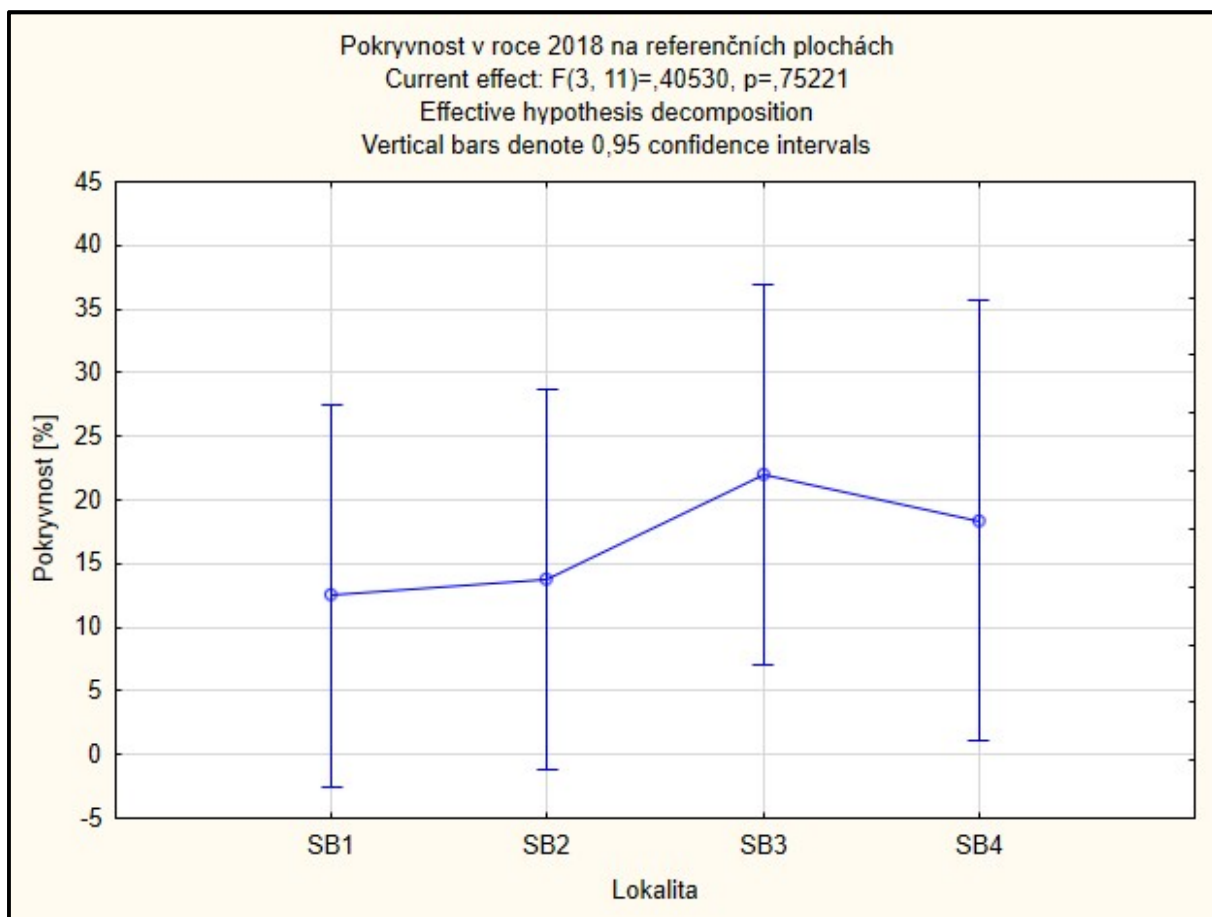
Do testování rozdílů v počtu jedinců a pokryvnosti z hlediska jejich rozložení v terénu, tedy na jednotlivých plochách, byla zahrnuta i kontrolní plocha SB4, proto byly testovány pouze výsledky z odečítání v roce 2018. Na obrázku č. 38 a č. 39 vidíme rozdíly v počtu jedinců a pokryvnosti na referenčních plochách, které jsou zároveň výstupem analýzy rozptylu ANOVA. Jednofaktorovou analýzou ANOVA byly na hladině významnosti 5 % testovány hypotézy, že v počtu jedinců či pokryvnosti není mezi referenčními plochami statisticky významný rozdíl. Výsledky F-testu pro počet jedinců a F-testu pro pokryvnost vidíme v tabulce č. 22. Na hladině významnosti 5 % nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v počtu jedinců ani v pokryvnosti mezi referenčními plochami. Rozdíly nebyly zaznamenány ani při podrobnějším vyhodnocení post-hoc Fischerovým testem.

Tabulka č. 22: Výsledky F-testů pro počet jedinců a pokrývnosti pro zjištění rozdílů mezi referenčními plochami

p-hodnota počet jedinců	p-hodnota pokrývnost
0,68433	0,75221



Obrázek 38: Rozdíly v počtu jedinců na referenčních plochách v roce 2018



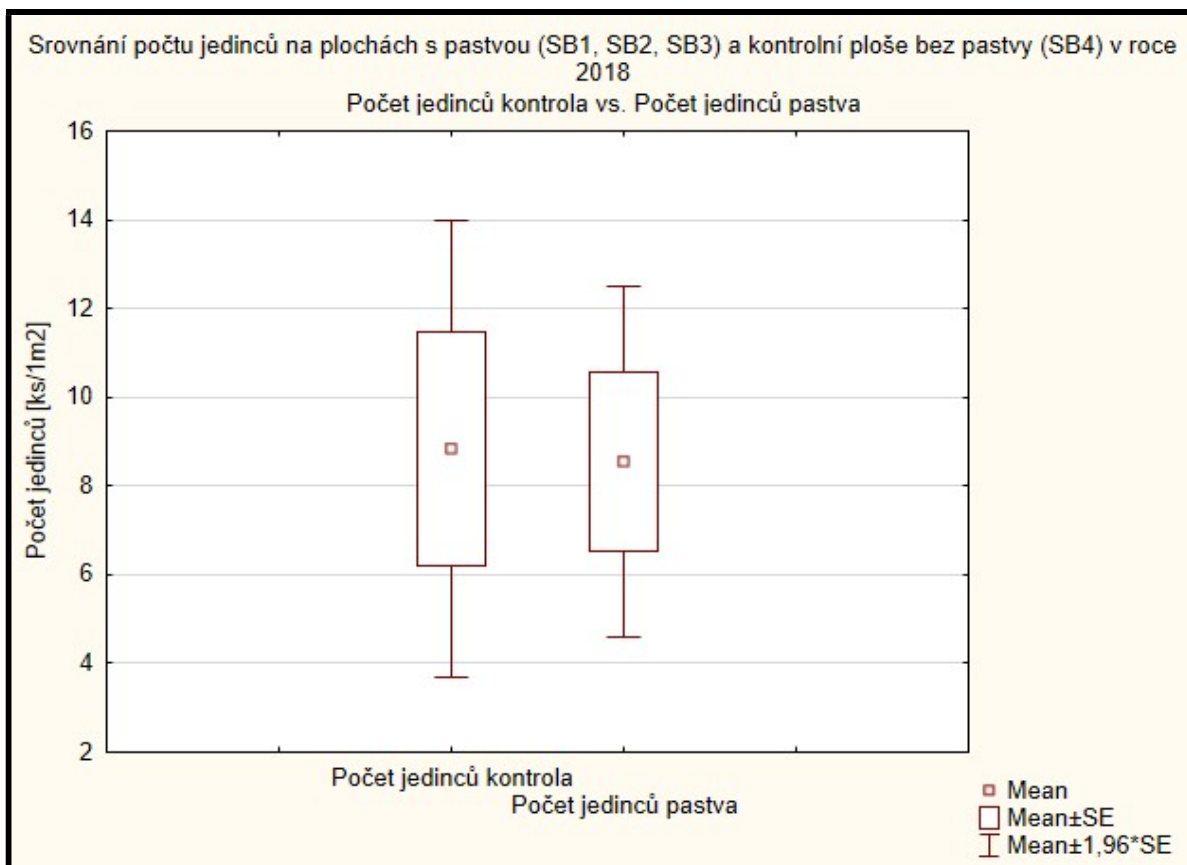
Obrázek č. 39: Rozdíly v pokryvnosti na referenčních plochách v roce 2018

5.3.5 Vliv pastvy na počet jedinců a pokryvnost

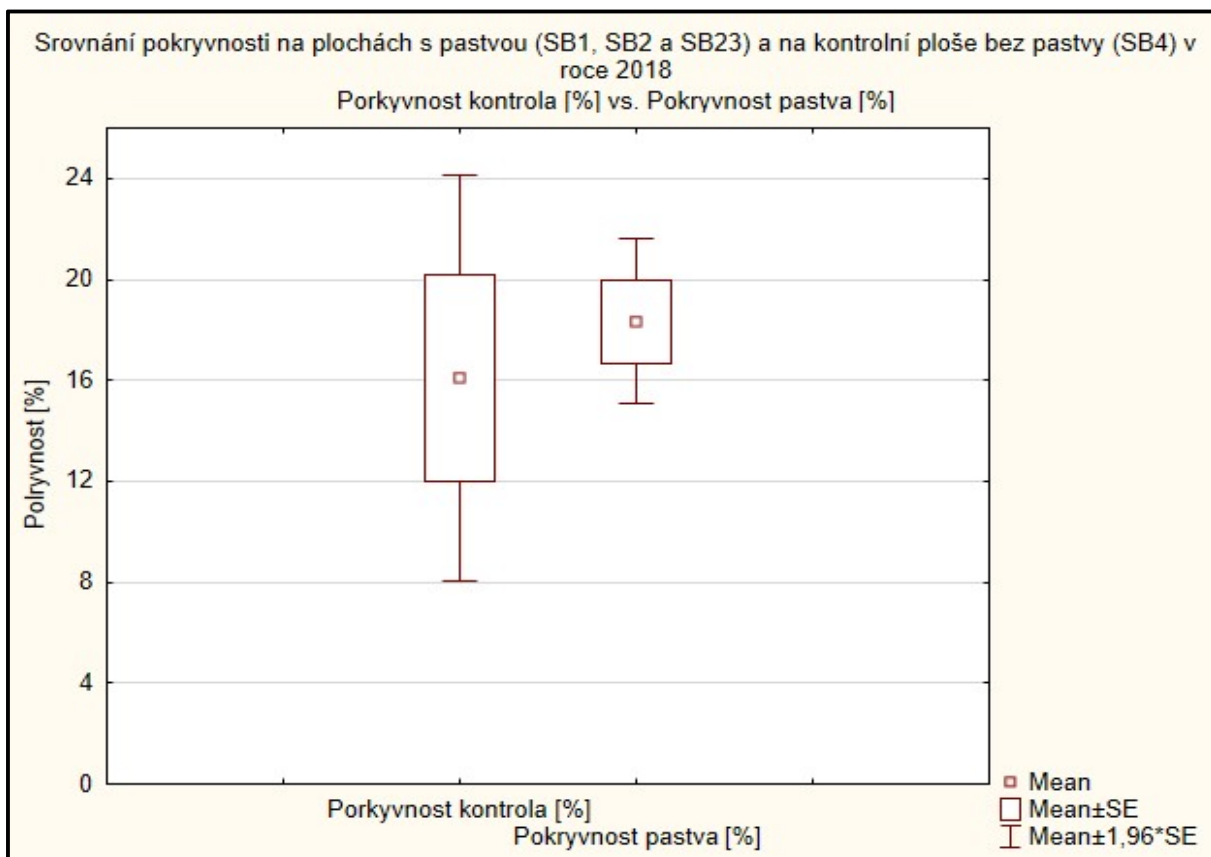
Pro srovnání počtu jedinců a pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum* z hlediska vlivu pastvy jsme testovali data odečtená v roce 2018. Plochy SB1, SB2 a SB3 jsou pod vlivem pastvy, proto byla data sloučena do jednoho souboru. Plocha SB4 je bez vlivu pastvy, slouží jako plocha kontrolní. Na obrázku č. 40 vidíme srovnání počtu jedinců mezi plochami s pastvou a plochou bez pastvy. Na obrázku č. 41 vidíme srovnání pokryvnosti mezi plochami s pastvou a plochou bez pastvy. Obrázky č. 40 a č. 41 jsou výstupem dvouvýběrového t-testu. Na hladině významnosti 5 % bylo testováno, zdali existuje průkazný rozdíl v počtu jedinců či pokryvnosti mezi plochami s pastvou a bez pastvy. Protože byly porovnávány pouze dva soubory, byl zvolen dvouvýběrový t-test pro nezávislé vzorky (Lepš & Šmilauer 2016). Výsledky F-testu pro počet jedinců a pro pokryvnost vidíme v tabulce č. 23: Na hladině významnosti 5 % nebyl prokázán rozdíl v počtu jedinců ani v pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum* mezi pastvou a kontrolou.

Tabulka č. 23: Výsledky F-testu dvouvýběrového testování pro srovnání počtu jedinců a pokryvnosti z hlediska pastvy a kontroly

p-hodnota počet jedinců	p-hodnota pokryvnost
0,66749	0,08008



Obrázek č. 40: Rozdíly v počtu jedinců na plochách s pastvou a bez pastvy v roce 2018



Obrázek č. 41: Rozdíly v pokryvnosti na plochách s pastvou a bez pastvy v roce 2018

5.4 Závislost počtu jedinců a pokryvnosti na obsahu živin

Pro zjištění závislosti mezi obsahem živin (makroživin a některých rizikových prvků) a počtu jedinců či pokryvností *Veratrum album* subsp. *lobelianum* byla provedena nepřímá gradientová analýza DCA. Testovali jsme hypotézu, že počet jedinců a pokryvnost jsou významně ovlivněny zásobou vybraných živin. V DCA analýze vyšly délky všech gradientů menší než 4, proto lze předpokládat lineární typ závislosti. Na základě tohoto předpokladu jsme zvolili omezenou redundanční analýzu RDA (Lepš & Šmilauer 2003).

Vysvětlujícími proměnnými jsou jednotlivé obsahy přístupných makroživin a některých rizikových prvků dle Mehlich III (tedy P, K, Mg, Ca, S, Cd, Cr, As a Pb). Nezávislými kategorickými proměnnými, tedy kovariáty, jsou aplikované managementy a roky odečítání. Vysvětlovanými proměnnými jsou počet jedinců a pokryvnost. Pro přehlednost je zobrazení do ordinačních diagramů rozděleno do dvou obrázků, obrázek č. 42 zachycuje makroživiny a obrázek č. 43 zachycuje některé rizikové prvky. Výsledky této analýzy vidíme v tabulce č. 24.

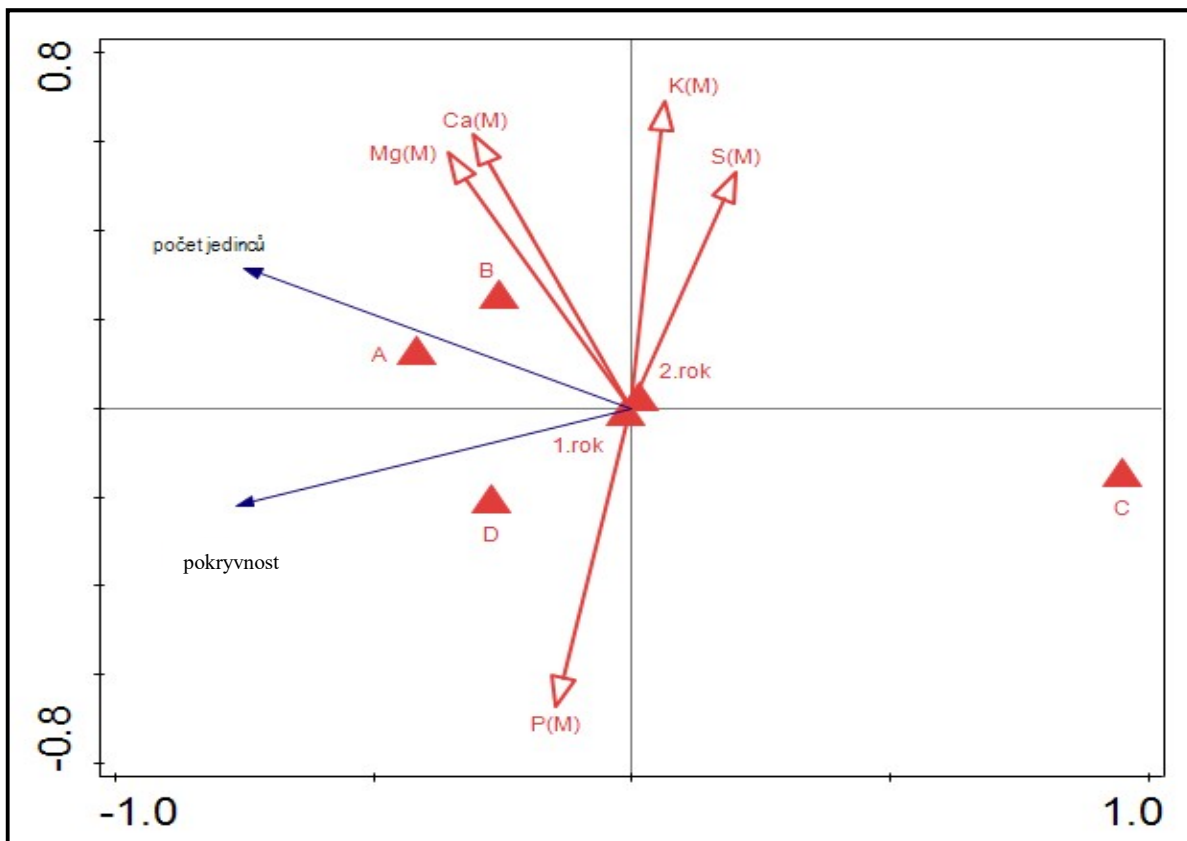
Hypotéza, že počet jedinců a pokryvnost jsou ovlivněny gradienty prostředí (zásoba živin), byla na hladině významnosti 1 % prokázána.

Z obrázku č. 42 je patrné, že počet jedinců je ovlivněn spíše zásobou hořčíku a vápníku, zatímco pokryvnost je více ovlivněna zásobou fosforu. Obsah draslíku a síry mají na početnost a pokryvnost nejmenší vliv z uvedených živin.

Z obrázku č. 43 lze vysledovat, že počet jedinců je z uvedených živin nejvíce ovlivněn zásobou kadmia a pokryvnost zásobou olova a arsenu. Obsah chromu má na početnost a pokravnost nejmenší vliv.

Tabulka č. 24: Výsledky RDA analýzy pro zjištění závislosti mezi obsahem živin a početností a pokryvností *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

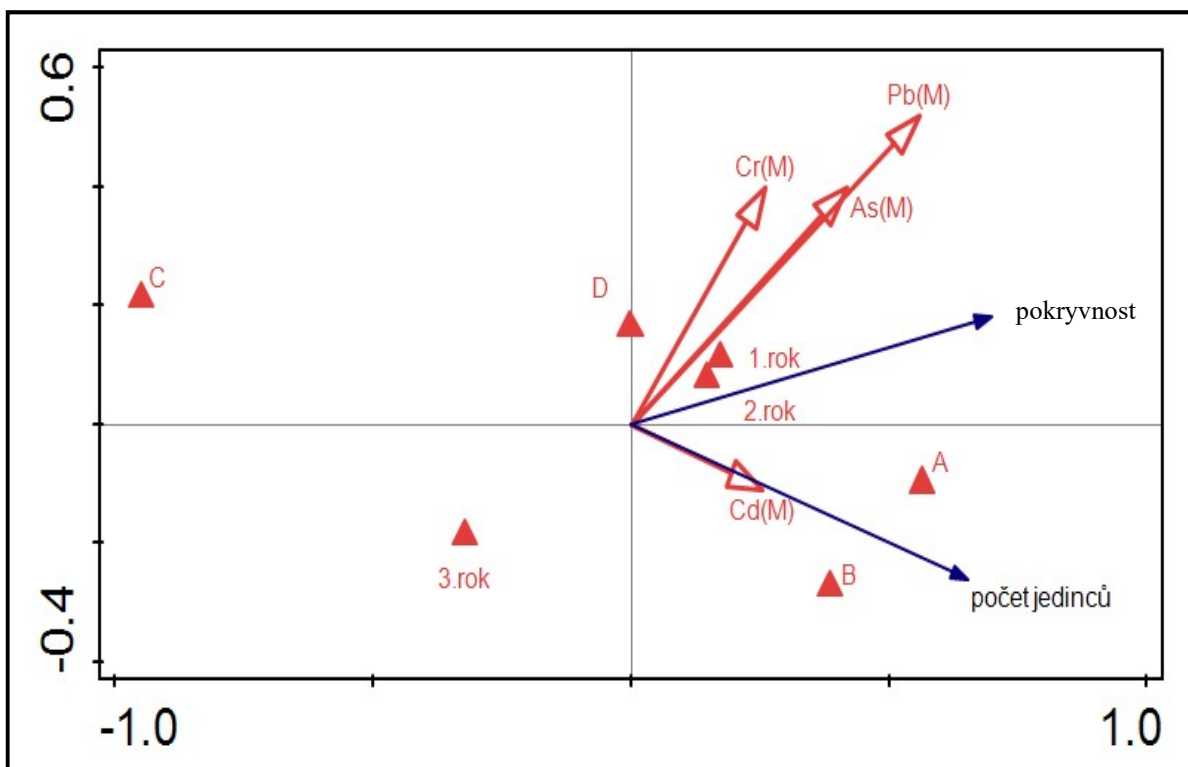
Variabilita	F-ratio	P-hodnota
57,00 %	3,8	0,002



Obrázek č. 42: Vliv obsahu makroživin dle Mehlich III na počet jedinců a abundanci (RDA analýza)

Vysvětlivky zkratk:

Ca (M)	přístupný obsah vápníků dle Mehlich III	A	management A
K (M)	přístupný obsah draslíku dle Mehlich III	B	management B
Mg (M)	přístupný obsah hořčíku dle Mehlich III	C	management C
P (M)	přístupný obsah fosforu dle Mehlich III	D	management D
S (M)	přístupný obsah síry dle Mehlich III		



Obrázek č. 43: Vliv obsahu rizikových prvků dle Mehlich III na počet jedinců a abundanci (RDA analýza)

Vysvětlivky zkratk:

As (M)	přístupný obsah arsenu dle Mehlich III	A	management A
Cd (M)	přístupný obsah kadmia dle Mehlich III	B	management B
Cr (M)	přístupný obsah chromu dle Mehlich III	C	management C
Pb (M)	přístupný obsah olova dle Mehlich III	D	management D

6 Diskuze

O druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* se jako o pastevním plevelu, který může dosahovat lokální dominance v horských oblastech České republiky, zmiňují čeští autoři až na konci první dekády a ve druhé dekádě 21. století, kdy byl také zaznamenán velký rozvoj populace tohoto druhu (Zeidler et al. 2014; Chrtek 2016), tedy relativně nedávno. Do té doby je literatura českých autorů věnována převážně mapování výskytu tohoto druhu nebo jeho botanickým charakteristikám (Lhotský 1962; Kučera 1969; Šourek 1969; Lanta et al. 2006).

Práce zahraničních autorů, které mapují tento druh zejména v oblasti Alp, se o tomto druhu zmiňují jako o pastevním plevelu, který může dosahovat lokální dominance, již od konce 90. let 20. století a na začátku první dekády 21. století (Kleijn & Treier 1999; Schaffner et al. 2001; Kleijn & Steinger 2002).

Mnoho autorů zmiňuje tento druh v souvislosti se změnami vegetačního krytu v závislosti na pastevním managementu. Jedná se o změny ve složení vegetace při probíhající pastvě (Kleijn & Steinger 2002; Hejcman et al. 2005; Hejcman et al. 2008) nebo o změny, které nastanou po ukončení pastvy (Kleijn & Steinger 2002; Zeidler et al. 2014). Většina těchto prací hovoří o *Veratrum album* subsp. *lobelianum* jako o pastevním plevelu (Kleijn & Steinger 2002; Kleijn & Müller-Schärer 2006), tyto práce se zabývají zejména vztahy mezi abiotickými nebo antropogenními faktory prostředí a populacemi pastevních plevelů (Kleijn & Müller-Schärer 2006; Da Ronch & Ziliotto 2008).

Největší část prací, která je spojena s tímto druhem, se věnuje jeho toxicitě. Jedná se zejména o účinky alkaloidů na lidský organismus (Grobosch et al. 2008; Rauber-Lüthy et al. 2010), účinky alkaloidů na býložravce (Wilson et al. 2010; Meisser et al. 2014) nebo také o možnosti využití extraktů této rostliny v biologické ochraně (Aydin et al. 2014; Trifonova 2013). Toto téma ale nebylo předmětem diplomové práce, proto bylo v literární rešerši nastíněno pouze okrajově.

Druhým nejvíce zastoupeným tématem, které je spojeno s druhem *Veratrum album* subsp. *lobelianum*, jsou jeho botanické charakteristiky a vztahy s prostředím. Jedná se především o práce věnované původu rostliny (Treier & Müller-Schärer 2011), fyziologii (Tani & Kudo 2006; Gu et al. 2014), rozmnožovacích strategiích (Hesse et al. 2007; Kleijn & Treier 1999), jejích populacích (Kleijn & Steinger 2002; Da Ronch & Ziliotto 2008; Hesse et al. 2008; Rees & Müller-Schärer 2008) a jejím vlivu na druhovou bohatost stanoviště (Callaway et al. 2009; Kleijn & Müller-Schärer (2006).

Velmi málo prací se však zabývalo abiotickými faktory, které ovlivňují tento druh, a vlivem jiného managementu, než je ten pastevní, na výskyt a šíření tohoto druhu nebo dokonce možnostmi jeho regulace. Biologickou kontrolou *Veratrum album* subsp. *lobelianum* se zabýval například Schaffner et al. (2001). Vztah této rostliny k zásobě půdních živin popisoval například Kleijn & Müller-Schärer (2006). Výzkum v lokalitě Studničních bud v Krkonoších tak představuje relativně ojedinělou práci, která se zabývá možnostmi regulace tohoto druhu, a vlivem abiotických (půdní živiny) i antropogenních (aplikovaný management) faktorů na jeho výskyt.

6.1 Popis bylinného patra

Popis bylinného patra proběhl po ukončení pastvy v zájmové lokalitě. Všechny fytoocenologické snímky pocházejí z jedné louky, která je v katalogu biotopů klasifikována jako T2.1, tedy subalpínské smilkové trávníky (Hošek & Škapec 2012). Chytrý et al. (2001) uvádí, že v takovém porostu dominují traviny, zejména *Nardus stricta*. Tento druh byl určen na plochách SB1, SB3 a SB4 a to v pokryvnosti 2 – 5 %. Nejvyšší pokryvnost měly na referenčních druhy travin *Deschampsia cespitosa* (pokryvnost 5 – 25 % na plochách SB2, SB3 a SB4) a *Poa chaixii* (pokryvnost 5 – 25 % na plochách SB1, SB2 a SB3), které však Chytrý et al. (2001) v souvislosti s biotopem T2.1 nezmiňuje. Pátková & Krahulec (1997) uvádí, že dominance druhu *Deschampsia cespitosa* a *Poa chaixii* je typická pro nekosené a jiným způsobem neobhospodařované louky.

Na referenčních plochách byl ještě popsán výskyt následujících druhů travin: *Agrostis stolonifera*, *Antoxanthum odoratum*, *Avenella flexuosa*, *Deschampsia flexuosa*, *Festuca* sp., *Luzula sylvatica*. Lokvenc (1978) popisuje některé zmíněné taxony jako nenáročné druhy travin s nízkou krmnou hodnotou. Jedná se zejména o druhy *Deschampsia cespitosa*, *Deschampsia flexuosa* nebo *Antoxanthum odoratum*.

Nejvíce druhů bylo popsáno na nejvýše položené ploše SB4, která jako jediná není pod vlivem pastvy. Zároveň byla na této ploše určena nejnižší pokryvnost bylinného patra. Nejméně druhů bylo určeno ploše SB1, která je ze spásaných ploch položena nejvýše. Nejvyšší pokryvnost bylinného patra byla zaznamenána na ploše SB3, která je položena nejnižší a nachází se v blízkosti oplocení během pastvy. Zbylé spásané plochy SB1 a SB2 měly shodnou pokryvnost bylinného patra. Pokud bychom chápali mezerovitost porostu jako důsledek pastvy, tak nejvyšší pokryvnost bylinného patra v nejnižší položené referenční ploše odpovídá tvrzením Hejcmana et al. (2008) a Bílka & Žákové (1997). Zmínění autoři tvrdí, že ovce při pastvě ve svažitém terénu preferuje spásání v nejvyšších místech pastviny. V případě vysoké potravní nabídky zůstávají nejnižší místa pastvevní plochy nespasena.

Na referenčních plochách nebyl určen žádný chráněný nebo ohrožený druh dle seznamu Grulichy (2012) ani dle Vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 395/1992 Sb. Na ploše SB4 byl určen druh *Luzula sylvatica*, který je dle Štursy (2009) silně ohroženým druhem.

Již bylo zmíněno, že popis bylinného patra proběhl až po ukončení pastvy v zájmové lokalitě. Určený počet a zastoupení taxonů na plochách SB1, SB2 a SB3 proto nemusí odpovídat stavu před pastvou. Stav porostu zájmové lokality po její pastvě vidíme na obrázku č. 8.

6.2 Půdní vzorky

V práci byly stanoveny celkové obsahy živin pomocí ručního spektrometru Vanta VCR, dále byly stanoveny přístupné obsahy živin dle Mehlicha III. Spektrometrem ani stanovením ve výluhu připraveného dle Mehlicha III nelze zjistit obsah dusíku a uhlíku v půdních vzorcích. Obsahy těchto živin nebyly v práci stanoveny. Begon et al. (1997) však uvádí, že konkurenceschopnost daného druhu v porostu kolísá především v závislosti na zásobě přístupného dusíku v půdě. Toto potvrzuje i Chrtek (2010), který uvádí, že se tento druh vyskytuje na stanovištích s vyšším obsahem živin, zejména s vyšším obsahem dusíku. Naopak Kleijn & Steinger (2002) tvrdí, že je *Veratrum album* subsp. *lobelianum* indiferentní k zásobě dusíku i ostatních živin.

6.2.1 Spektrometrické měření

Celkové obsahy prvků stanovené spektrometrem Vanta VCR velmi kolísaly, a to i v rámci opakovaných měření na jednom bloku. Tato heterogenita dat je pravděpodobně způsobena tím, že spektrometr měří obsah prvků pouze v místě měření, půdní vzorky jsou ale při měření na stanovišti velmi různorodé (hrudovitost půdy, skeletovitost, atp.). Ruční spektrometr tak hodnotí spíše určitý trend v zásobě prvků a lze tak navzájem porovnat různá stanoviště (Ruční spektrometry Vanta s módem Geochem 2019). Přestože je v módu Geochem zahrnuto i stanovení obsahu vanadu a niklu, nebyly tyto prvky součástí výsledného protokolu, proto tyto prvky nebyly ani součástí statistického testování dat. Do testování nebyl zahrnut také nikl, protože byl jeho obsah na všech blocích ve všech opakováních nulový.

Byly zaznamenány velmi vysoké celkové obsahy hliníku, křemíku a železa. Vysoký obsah křemíku si lze vysvětlit jeho nejvyšším zastoupením v zemské kůře. Podloží zájmové lokality tvoří především fylit a svor, které jsou tvořeny zejména minerály křemene (Němeček 2001), vysoký obsah hliníku a železa lze vysvětlit půdním typem: podzoly a extrémně kyselým pH (Němeček 2001).

Mezi referenčními plochami nebyl signifikantní rozdíl v jejich celkovém obsahu makroživin P, K a Mg. Při odděleném vyhodnocení byl zjištěn průkazný rozdíl mezi nejnižše položenou plochou SB3 a nejvýše položenou plochou SB4 v zásobě draslíku i hořčíku. Zásoba hořčíku byla na ploše SB3 průkazně vyšší než na ploše SB4. Zásoba draslíku byla na ploše SB3 signifikantně nižší než na ploše SB4. Rozdíl v zásobě draslíku vysvětlují Hošek & Škapec (1994). Tito autoři uvádějí, že K^+ je jeden z nejmobilnějších kationtů půdního roztoku a v půdě může být vyplavován jak vertikálně, tedy z horních vrstev do spodních v půdním profilu, tak horizontálně, tedy smýván ve svažitéch terénech z výše položených míst do níže položených míst.

Rozdíl mezi referenčními plochami v jejich celkovém obsahu rizikových prvků byl průkazný. Při podrobnějším vyhodnocení byly zjištěny průkazné rozdíly v celkovém obsahu kadmia mezi plochami SB1 a SB4 a plochami SB2 a SB4. Dále byly zjištěny průkazné rozdíly v celkovém obsahu olova mezi plochou SB2 a SB4. V zásobě rizikových prvků se tedy nejčastěji odlišovala plocha umístěná v úrovni chaty (SB2) od plochy umístěné nejvýše v terénu (SB4). Obsah celkového kadmia byl na ploše SB2 průkazně nižší než na ploše SB4 a obsah olova byl na ploše SB2 průkazně vyšší než na ploše SB4.

6.2.2 Obsah přístupných živin dle Mehlicha III

Z každého půdního vzorku byl připraven výluh dle Mehlicha III ve dvou opakováních. Při měření těchto opakování se některé hodnoty odlišovaly (více než dvojnásobný rozdíl v obsahu u výluhů připravených ze stejného vzorku), jednalo se zejména o obsah přístupného ve vzorcích SB1.A, SB2.A a SB3.A. Obsah přístupného hliníku a železa byl ve všech vzorcích velmi vysoký, což lze vysvětlit půdním typem: podzoly a extrémně kyselým pH (Němeček 2001).

Byly zjištěny průkazné rozdíly mezi referenčními plochami z hlediska jejich z obsahu přístupných makroživin P, K a Mg. Při odděleném vyhodnocení byl v zásobě každého prvku zjištěn průkazný rozdíl mezi plochami SB2 a SB4. Obsah přístupného fosforu je vyšší v níže položené ploše (SB2) nežli na výše položené ploše (SB4). Obsah přístupného draslíku a hořčíku je naopak na níže položené ploše (SB2) nižší než na výše položené ploše (SB4). Zjištěné obsahy draslíku v tomto případě rozporují výše uvedenému tvrzení Hoška & Škapce (1994) Při odděleném vyhodnocení nebyl ani v jednom případě zjištěn signifikantní rozdíl mezi nejnižše položenou plochou (SB3) a plochou v horní části pastviny (SB1). Tyto dvě plochy, přestože jsou od sebe ve svažitém terénu vzdálené přes 70 m se z hlediska zásoby makroživin neliší.

Nejvyšší obsah arsenu, olova, chromu, vanadu a mědi byl zaznamenán na ploše SB2. Nejvyšší obsahy zmíněných prvků na ploše SB2 vysvětluje jednak skutečnost, že se tato plocha nachází nejbližší k chatě. Zároveň byla v blízkosti této plochy dříve umístěna jámka (Procházková 2018 pers. comm.).

Byly zjištěny průkazné rozdíly mezi referenčními plochami v jejich přístupném obsahu rizikových prvků. Při odděleném vyhodnocení pro každý prvek s výjimkou chromu byl pokaždé zjištěn rozdíl v obsahu mezi plochami SB1 a SB2. Z obrázků č. 18 – 20 lze vyčíst nestrmější trend v zásobě arsenu a olova. Obsah těchto prvků je v obou případech vyšší na ploše SB2 než na ploše SB1. Tyto plochy jsou z hlediska rozložení v terénu od sebe vzdáleny přibližně 40 m. Ani v jednom případě nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi plochami SB2 a SB3, tyto plochy se z hlediska přístupného obsahu rizikových prvků neliší.

6.2.3 Rozdíly v celkovém a přístupném obsahu prvků

V kapitolách výše bylo zmíněno, že s výjimkou celkového obsahu makroživin byly zjištěny průkazné rozdíly v zásobě živin. Průkazné rozdíly v celkových obsazích prvků a v přístupných obsazích mezi plochami se rozcházejí. V případě přístupného obsahu makroživin se od sebe nejčastěji odlišovaly plochy SB2 a SB4. U celkového obsahu makroživin nebyl rozdíl průkazný, byly však zjištěny rozdíly v zásobě draslíku a hořčíku mezi plochami SB3 a SB4. V případě rizikových prvků byl nejčastěji stanoven rozdíl v celkovém obsahu mezi plochami SB2 a SB4.

Rozdíl v přístupném obsahu rizikových prvků byl však zaznamenán mezi plochami SB1 a SB2. Z obrázků č. 11 a č. 18 - 20 vyplývá, že nejvyšší celkového i přístupného olova a chromu byl stanoven na ploše SB2. Nejvyšší celkový i přístupný obsah zinku a kadmia byl stanoven na ploše SB4. Nejnižší celkový i přístupný obsah kadima, chromu a arsenu byl stanoven na ploše SB1.

Nejvyšší a nejnižší celkové a přístupné obsahy makroživin P, K a Mg, které lze vyvodit z obrázků č. 9 a č. 14, se rozcházejí. V tabulce č. 25 vidíme, na jakých plochách se nacházel nejvyšší a nejnižší obsah daného prvku.

Tabulka č. 25: Nejvyšší a nejnižší přístupné a celkové obsahy P, K a Mg

Prvek	Obsah	Min/Max	Referenční plocha
P	přístupný (Mehlich III)	nejvyšší obsah	SB2
		nejnižší obsah	SB1
	celkový (spektrometr)	nejvyšší obsah	SB3
		nejnižší obsah	SB2
K	přístupný (Mehlich III)	nejvyšší obsah	SB4
		nejnižší obsah	SB2
	celkový (spektrometr)	nejvyšší obsah	SB1
		nejnižší obsah	SB3
Mg	přístupný (Mehlich III)	nejvyšší obsah	SB4
		nejnižší obsah	SB2
	celkový (spektrometr)	nejvyšší obsah	SB3
		nejnižší obsah	SB1

6.2.4 Půdní reakce

Všechny vzorky se vyznačovaly extrémně kyselou půdní reakcí, což podle Němečka (2001) odpovídá půdnímu typu podzolové půdy, které mají slabě kyselou až extrémně kyselou půdní reakci. Nízké hodnoty půdní reakce jsou dány zejména kyselým geologickým podložím (Tomášek & Zuska 1983). Richter & Hlušek (1994) tvrdí, že se snižujícím se pH se zvyšuje zásoba a přístupnost hliníku, železa a některých mikroživin (Mn, Zn, Cu a B) a zároveň se snižuje přístupnost makroživin. V našich vzorcích byly naměřeny vysoké koncentrace přístupného i celkového Al i Fe.

Chrtek (2010) uvádí, že oboum poddruhům *Veratrum album* nejvíce vyhovuje slabě kyselá půdní reakce, tedy 6,0 – 6,9 aktivní pH a 5,6 – 6,5 pro výměnné pH (Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., Příl. 5). Stanovené hodnoty pH tedy potvrdily výskyt druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* i v extrémně kyselé půdní reakci.

6.3 Počet jedinců a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

Po tři roky byl zaznamenáván počet druhů a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum* na 4 referenčních plochách. Každá plocha byla rozdělena do 4 bloků, v každém bloku probíhal odlišný management.



Obrázek č. 44: Pohled na zájmovou lokalitu s vyznačením referenční plochy SB1 při odečítání počtu jedinců a pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (zdroj: autorský snímek, 19. 6. 2018)

6.3.1 Vliv managementu na počet jedinců a pokryvnost

Nebyly zjištěny průkazné rozdíly ve vlivu managementu a délky jeho aplikace na počet jedinců ani na pokryvnost. Z obrázku č. 31 je patrné, že zjištěné průkazné rozdíly byly při podrobnějším vyhodnocení převážně mezi managementem C a D. Management C a D probíhal, s výjimkou prvního, roku identicky. Z těchto průkazných rozdílů v pokryvnosti lze usuzovat, že se jedná o náhodný jev, nebo že pokryvnost není závislá na konkrétním managementu, případně že odlišný management v prvním roce (k pastvě a disturbanci byla zařazena seč porostu) měl vliv na pokryvnost i v dalších letech.

Při odděleném testování rozdílů mezi jednotlivými roky v počtu jedinců a pokryvnosti pod konkrétním managementem byly zjištěny signifikantní rozdíly v pokryvnosti pod managementem C mezi roky 2016 a 2017, v pokryvnosti pod managementem D mezi roky 2016 a 2017, 2017 a 2018. Dále byly zjištěny průkazné rozdíly v počtu jedinců pod managementem D mezi roky 2016 a 2018. Na všech obrázcích č. 32 - 34 jsou patrné klesající trendy v pokryvnosti (management C a D) a početnosti (management D) od roku 2016 to roku 2018.

6.3.2 Rozdíly v počtu jedinců a pokryvnosti na referenčních plochách

Mezi referenčními plochami nebyl zjištěn průkazný rozdíl v počtu jedinců nebo v pokryvnosti. Aby bylo možné porovnat počet jedinců a pokryvnost na všech referenčních plochách, tedy i na ploše SB4 založené roku 2018, byly do testování zahrnuty pouze údaje naměřené v roce 2018. V každém z testovaných souborů byl velmi malý počet pozorování (3 – 4 pozorování v každém souboru). Tento výsledek tedy nelze považovat za příliš relevantní. Pokud bude pokus na Studničních boudách pokračovat i v příštích letech, bylo by dobré zopakovat toto testování dat s údaji z více pokusných let. V literární rešerši nebyla nalezena žádná zmínka o vlivu terénu na počet jedinců a pokryvnost.

6.3.3 Vliv pastvy na počet jedinců a pokryvnost

Nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v počtu jedinců ani v pokryvnosti mezi plochami, které jsou pod vlivem pastvy, a mezi plochou kontrolní, tedy bez vlivu pastvy. Počet pozorování byl, stejně jako v předchozí kapitole, v každém souboru nízký. Proto by bylo dobré tuto analýzu zopakovat i v následujících letech odečítání pokusu s větším počtem pozorování.

V literární rešerši byly zjištěny různé přístupy ke vlivu pastvy na počet jedinců a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Pokud zobecníme závěry autorů, lze k tomuto vlivu vysledovat dva přístupy. První skupina autorů tvrdí, že pastva podporuje šíření druhu, zejména jeho vegetativních výhonů. Což je dáno především tím, že rostlina reaguje na okus zvýšenou regenerací. (Hess et al. 1967; Kleijn & Steinger 2002). Druhým přístupem je naopak tvrzení, že pastva potlačuje výskyt a šíření tohoto druhu. Schaffner et al. (2001) tvrdí, že absence pastvy napomáhá rozvoji tohoto druhu. Hejzman et al. (2008) uvádí, že pastva ovcí (na jaře) tento druh z pozemku eradikovala.

Pavlu et al. (2006) uvádí, že u pastevních plevelů vždy záleží na intenzitě a způsobu pastvy, tedy jedná-li se o rotační nebo o kontinuální pastvu a s jakým zatížením. Háková et al. (2004) tvrdí, že extenzivní a rotační pastva podporují výskyt a šíření druhu. Dále Háková et al. (2004) uvádí, že záleží také na druhu zvířete, které je v dané lokalitě paseno. Ovce je ve spásání porostu, včetně pastevních plevelů, více selektivní nežli skot. Přesto však nebyl zjištěn negativní vliv pastvy ovcí na vegetaci krkonošských luk (Pátková & Krahulec 1997).

6.4 Vliv zásoby živin na počet jedinců a pokryvnosti

Nepřímou gradientovou analýzou DCA a následnou redundanční analýzou RDA byl zjištěn průkazný vliv zásoby živin na počet jedinců a pokryvnost. Variabilita v počtu jedinců a pokryvnosti byla zásobou živin vysvětlena z 57 %. Z obrázků č. 42 a 4. 43 je patrné, že počet jedinců je ovlivněn spíše obsahem přístupného hořčíku, vápníku. Pokryvnost je ovlivněna spíše zásobou fosforu, olova a arsenu. Na počet jedinců a pokryvnost má nejmenší vliv přístupný obsah draslíku, síry a chromu. Tyto výsledky jsou v rozporu s výše uvedeným tvrzením Kleijna & Steingera (2002) o tom, že je výskyt druhu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* indiferentní k zásobě živin.

Tato práce se zabývala pouze analýzou vlivu makroživin (P, K, Mg, Ca, S) a některých rizikových prvků. Nebyl stanoven obsah dusíku v půdních vzorcích a tím pádem nemohl být popsán jeho vliv na početnost a pokryvnost. Kleijn & Müller-Schärer (2006) ve své studii zjistili, že pokryvnost druhu nejvíce ovlivňuje poměr dusíku a fosforu. Zároveň Spiegelberger et al. (2006) tvrdí, že stanoviště s vysokou zásobou půdního dusíku podporují růst pastevních plevelů, mezi které řadí i tento druh. Pátková & Krahulec (1997) ale tvrdí, že louky nejvyšších poloh Krkonoš jsou z hlediska přístupného dusíku chudé. K tomuto ochuzení došlo při vynechání péče (přihnojování a pastvy) zejména ve druhé polovině 20. století. Zásobu dusíku v půdě a vztah tohoto abiotického faktoru k výskytu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* by proto bylo dobré zjistit v dalším vědeckém bádání.

6.5 Návrh a doporučení vhodných managementů pro regulaci výskytu *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

Tato kapitola byla zpracována na základě výsledků pokusů v zájmové lokalitě a literární rešerše. Nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v počtu jedinců a pokryvnosti z hlediska managementu a délky jeho aplikace. Při odděleném testování managementů byly zjištěny průkazné rozdíly v pokryvnosti u managementu C a D a početnosti u managementu D. Z uvedeného vyplývá, že největší vliv na počet jedinců a pokryvnost měly managementy, které v kombinaci s pastvou využívaly disturbanci (vyrytí jedince rýčem a následným navrácením drnu). Pod těmito pagamenty počet jedinců a pokryvnost postupně klesala.

V době, kdy vznikala tato práce, byla připravována nová zonace Krkonošského národního parku. Podle nového návrhu managementové zonace a klidových území je zájmová lokalita zařazena do oblastí soustředěné péče. (Mapový server a GIS KRNAP 2019). Po zavedení nové zonace musí veškerý aplikovaný management v této lokalitě probíhat v souladu se zákonem č. 123/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

6.5.1 Možné příčiny lokální dominance

K nalezení vhodného managementu pro regulaci výskytu *Veratrum album* subsp. *lobelianum* je nutné vzít v úvahu možné příčiny, které vedly k lokální dominanci tohoto druhu.

Lokvenc (1978) i Hejcman et al. (2007) uvádějí, že po druhé světové válce ustává tradiční způsob hospodaření na bezlesých plochách ve vyšších polohách Krkonoš a většina těchto ploch zůstala z hlediska péče zanedbána. Hejcman et al. (2008) tvrdí, že v 60. letech, zejména po založení Krkonošského národního parku, byla pastva považována za škodlivou a za nebezpečnou pro ohrožené druhy rostlin. Z těchto důvodů nebyla pastvou udržována většina travních porostů, pravděpodobně i zájmová lokalita (údaje o přechozí péči chybí). Na některých místech probíhala údržba kosením. K obnově pastvy na zmíněných plochách došlo až na počátku 21. století (Hejcman et al. 2008). Zeidler et al. (2014) ukazuje ve svém výzkumu v Jeseníkách, že k velkému rozvoji populací *Veratrum album* subsp. *lobelianum* došlo v horských oblastech České republiky během první dekády 21. století, tedy přibližně ve stejné době, co byla znovuobnovena pastva v Krkonošském národním parku. Nelze tedy vyloučit souvislost rozvoje tohoto druhu s absencí péče o travní porosty

v minulém století a následným znovuzavedením pastvy na počátku 21. století. Rozvoj tohoto druhu tak může být důsledkem obnovy péče po její dlouholeté absenci anebo přetrvávající odpověď na vynechaný management.

Begon et al. (1997) řadí louky i pastviny k biotopům, které jsou v počátečních stádiích ekologické sukcese. Absence managementu, zejména pastvy, na těchto plochách spouští sekundární sukcesi (Begon et al. 1997), což vede ke změnám vegetačního krytu a zároveň vegetaci posouvá do vyšších stupňů ekologické sukcese směrem ke klimaxu (Spiegelberger et al. 2006). Při obnovení managementu však dochází k tzv. regresivní sukcesi, kdy se společenstvo posouvá opět do nižších stupňů sukcese (Da Ronch & Ziliotto 2008). Obnovení péče o horské travní porosty tedy znamená jejich návrat do nižších stádií ekologické sukcese. Da Ronch & Ziliotto (2008) uvádějí, že se *Veratrum album* subsp. *lobelianum* šíří velmi rychle pouze na stanovištích, která jsou právě v počátečním stadiu ekologické sukcese. Z čehož vyplývá, že může existovat vztah mezi obnovením péče o horské travní porosty a rozvojem tohoto druhu. Kleijn & Steinger (2002) a Háková et al. (2004) navíc uvádějí, že pastva, zejména extenzivní, podporuje rozvoj populace (toto téma bude rozvedeno v kapitole 6.5.4).

Není ale jasné, zdali se tento poddruh vyskytoval v horských oblastech České republiky a zdali dosahoval lokální dominance během údržby tzv. tradičním managementem, tedy do 40. let minulého století. Nejčastější zmínky o jejím výskytu v horských oblastech lze v literatuře 60. let minulého století, tedy v odbě, kdy byl zakládán národní park (Lhotský 1962; Kučera 1969; Šourek 1969). Šourek (1969) klasifikuje výskyt druhu ve vyšších polohách Krkonoš jako hojný. Stejně tak i Lhotský (1962) uvádí její hojný výskyt v Jizerských horách. Kučera (1969) zpochybňuje zmínky o jejím rozšíření, které byly zaznamenány do konce 50. let minulého století. A to z toho důvodu, že do této doby taxonomie nerozlišovala poddruhy *Veratrum album*. Pokud bychom vzali v úvahu výskyt druhu na spásaných porostech v dobách tzv. tradičního managementu a v roli pastevního plevelu, lze jeho navrácení po vynechané pastvě vysvětlit opět tvrzením Begona et al. (1997), který tvrdí, že se po obnově vynechané péče vrátí do společenstev vytvořených člověkem (louky, pastviny nebo pole) takové druhy, které byly v rámci tradičního managementu pravidelně regulovány.

Lokální dominanci tohoto druhu lze také chápat jako přetrvávající odpověď na vynechaný management v minulém století. Spiegelberger et al. (2006) tvrdí, že rozvoj sukcese na travních porostech vede k rozšíření lesních druhů na původní lokalitu. Hesse et al. (2008) uvádí, že poddruhy *Veratrum album* tvoří lesní populace, které však mají extrémně nízkou pravděpodobnost generativního šíření. Rostlina se zde šíří převážně vegetativně na krátké vzdálenosti. Generační interval lesních populací je 30 – 45 let. Možné je však i rozšíření na původně udržované travní porosty z horských bezlesých společenstev, v roce 1969 zde popisuje Šourek (1969) jejich výskyt jako hojný. Takové populace *Veratrum album* subsp. *lobelianum* lze dle Begona et al. (1997) vnímat z hlediska vitálních atributů jako jedince s migrací díky pomalému šíření semen, avšak se schopností vytlačit původní druhy daného vegetačního pokryvu, ve kterém se může stát součástí klimaxového společenstva. Toto tvrzení je však v rozporu s tvrzením Da Ronch & Ziliotto (2008), kteří uvádějí, že se *Veratrum album* subsp. *lobelianum* šíří pouze v místech s počátečním stadiem ekologické sukcese.

Je však možné vzít v úvahu kombinaci obou možných příčin nehledě na velikost populací v obhospodařovaných travních porostech do 40. let minulého století. Při absenci managementu se populace *Veratrum album* subsp. *lobelianum* rozšířila na původně udržované plochy, na kterých dle Kleijna & Steingera (2002) a Hákové et al. (2004) dosáhla zde lokální dominance kvůli extenzivní pastvě.

6.5.2 Přednostní management na pozemcích s lokální dominancí

Mnoho autorů tvrdí, že *Veratrum album* subsp. *lobelianum* patří při zahájení pastevní sezony k nejpreferovanějším a tím pádem i k nejspásanějším druhům (Krahulec et al. 2001; Schaffner et al. 2001; Kleijn & Steinger 2002; Hejzman et al. 2008). Během pastevní sezony se v závislosti na vegetační fázi jednotlivých druhů porostu pastevní preference proměňují (Hejzman et al. 2008). Callaway et al. (2009) zároveň tvrdí, že první listy *Veratrum album* subsp. *lobelianum* nejsou pro býložravce jedovaté, protože jsou alkaloidy uložené v podzemních částech rostliny. Hejzman et al. (2008), který studoval změny v druhovém složení porostu v závislosti na pastvě ovcí v podmínkách podobných naší zájmové lokalitě (východní Krkonoše s podobnou nadmořskou výškou), tvrdí, že po dvou pastevních sezonách tento druh z lokality zcela vymizel. Spiegelberger et al. (2006) tvrdí, že *Veratrum album* subsp. *lobelianum* je druh subalpínské vegetace, který začíná růst ihned po roztátí sněhové pokrývky a to s velmi rychlým počátečním nárůstem biomasy, čímž v rámci vegetačního pokryvu získává konkurenční výhodu při kompetici o světlo. Rychlý nárůst biomasy je dán velmi intenzivní asimilací, která nejintenzivněji probíhá po nasazení prvních pravých listů. K takové asimilaci dochází většinou dříve, než jsou okolní druhy vegetace schopny zahájit fotosyntézu. Intenzita asimilace se rapidně sníží poté, co vzroste okolní vegetace (Tani & Kudo 2006). Z uvedeného vyplývá, že je druh *Veratrum album* subsp. *lobelianum* na jaře preferován nejspíše z důvodu omezené potravní nabídky. Důvodem, proč byl tento druh v pokusu Hejzmana et al. (2008) na pozemku eradikován, může být spasení rostliny v době nejintenzivnější asimilace, čímž se snížila její konkurenční výhoda.

Z uvedeného stojí za zvážení alternativa přednostního spásání takových pozemků, které jsou zapleveleny tímto druhem. Hejzman et al. (2008) prováděl pokus následujícím způsobem: rotační pastva probíhala v oplůtku vždy do doby, než bylo spaseno 40 – 50 % porostu. V první sezoně se zatížením 1,8 VDJ/ha (12 dospělých ovcí) a ve druhé sezoně se zatížením 4,8 VDJ/ha (32 dospělých ovcí). Pastva na takových pozemcích by měla proběhnout co nejdříve po roztátí sněhové pokrývky.

Toto opatření je však problematické v tom, že v zájmové lokalitě leží sněhová pokrývky velmi dlouho (lokalita leží v klimatickém regionu CH4, v nadmořské výšce 1150 – 1250 m n. m. a má severozápadní až severovýchodní expozici). Tomu nasvědčuje i skutečnost, že se lokalita nachází v blízkosti tzv. mapy republiky, což je plocha s nejdéle ležící sněhovou pokrývkou v České republice. Vegetační období (průměrná denní teplota je nad 10 °C) zde nastává až okolo 25. května (Hladný & Sýkora 1983). Tento postup by bylo možné aplikovat v případě pečlivého sledování průběhu počasí v zájmové lokalitě (roztátí sněhové pokrývky a suma teplot pro nástup vegetační sezony) a při vhodných podmínkách ihned zahájit pastvu. Při takovém managementu je nutné zvolit odolná plemena ovcí,

například suffolk nebo romney marsch (Stupka 2010). Zároveň je v takovém období omezená potravní nabídka pro zvířata a dokrmování během pastvy není povoleno.

Z hlediska současné péče může být dřívější zahájení pastvy také problematické v rozvržení rotační pastvy na všech pozemcích v okolí, jejichž pastvu zajišťuje jeden provozovatel. Jedná se o přibližně 37 ha rozmístěné v okruhu cca 30 km, které musí být během poměrně krátké pastevní sezony spaseny.

Z výše uvedených důvodů by bylo dobré zvážit alternativu seče vegetace co nejdříve po té, co se objeví první listy *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Háková et al. (2004) doporučuje kosit expanzivní druhy právě v době nejintenzivnější asimilace, tedy když nastává největší nárůst biomasy. Zde však může být problém v těžké přístupnosti lokality, zejména v zimním a jarním období.

6.5.3 Disturbance a možné alternativy

Ačkoliv se v námi provedeném pokusu ukázalo, že mezi aplikovanými managementy není statisticky významný rozdíl z hlediska jejich vlivu na pokryvnosti a početnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum*, lze z výše uvedených grafů vysledovat, že nejvíce početnost a pokryvnost snížily managementy, které v kombinaci s pastvou využívaly disturbance. Z výsledků vidíme, že po dvou letech aplikace disturbance, byl zaznamenán pokles počtu jedinců i pokryvnosti v blocích s managementem C i D. Na bloku SB3.C nebyl dokonce v roce 2018 zaznamenán žádný jedinec. Proto je do práce zařazena i tato kapitola, která shrnuje možné přínosy a naopak rizika disturbance.

Disturbance v případě tohoto pokusu představovala vyrývání jedinců do hloubky přibližně 25 cm s navrácením drnové vrstvy. Vyrývání jedinců je velmi náročný management z hlediska ruční práce. Při silném zaplevelení pozemku může hojná disturbance negativně ovlivnit vegetační pokryv celé lokality (Callaway et al. 2009). Proto je dobré disturbance aplikovat jen na menších plochách při ohniskovém výskytu tohoto druhu.

V případě regulace *Veratrum album* subsp. *lobelianum* či její eradikace tímto způsobem je nutné vzít v úvahu, že v půdě je zásoba semen této rostliny (při odečítání pokusu byly v roce 2018 zaznamenány kvetoucí jedinci v každém sledovaném bloku). Perzistence semenné banky je dlouhá 2 až 3 roky. Tento druh je schopen se rozšířit pomocí semen i v případě, že byl z pozemku úplně vymýcen. První rok po vyklíčení semen se však tvoří pouze podzemní orgány a nepravé listy, proto nemusí být tento druh na pozemku identifikován. Pravé listy vyrůstají až ve druhém roce (Hesse et al. 2007). Po takové regulaci je tedy nutné kontrolovat pozemek ještě po dva roky od jejího provedení.

Kleijn & Steinger (2002) navíc tvrdí, že pastva zvířat podporuje vysemeňování této rostliny. Pastva utváří v porostu mezerovitá místa a semena *Veratrum album* subsp. *lobelianum* jsou schopna vyklíčit rychleji, než jiné druhy okolní vegetace. V tomto případě se nemusí jednat pouze o semena z krátce perzistentní semenné banky v půdě, ale i o semena, která pocházejí z generativních jedinců *Veratrum album* subsp. *lobelianum* v okolní vegetaci, například v lesních populacích. Nejen pastva, ale i samotná disturbance podporuje mezerovitost porostu. Proto je nutné ji v případě managementu pro regulaci *Veratrum album* subsp. *lobelianum* provádět velmi citlivě a pečlivým navrácením drnu, což opět zvyšuje pracnost celého postupu pro regulaci druhu.

6.5.4 Pastva jako způsob údržby horských travních porostů

Spiegelberger et al. (2006) tvrdí, že ideální péčí o horské travní porosty, je návrat k tzv. tradičnímu managementu, který v těchto lokalitách probíhal zhruba do poloviny minulého století. Lokvenc (1978) uvádí jako tradiční management tzv. budní hospodaření, které bylo charakterizováno v kapitole 3.3.2. Hejzman et al. (2008) převádí hlavní principy budního hospodaření do podoby realizovatelné i v současné době. Podle Hejzmana et al. (2008) je ideální péčí kosení porostu jednou až dvakrát za rok a pastva na podzim. Zároveň Lokvenc (2007) uvádí, že v tzv. tradičním hospodaření probíhala pastva intenzivněji a po delší časový úsek během vegetační sezony, než ve 21. století při obnovení pastvy. Háková et al. (2004) uvádí, že extenzivní pastva podporuje selektivitu ve spásání, jelikož je zde široká potravní nabídka. Tato selektivita podporuje rozvoj pastevních plevelů, ke kterým je řazen i druh *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (Treier & Müller-Schärer 2011). Pastevní plevelé mohou v porostu dosáhnout lokální dominance, zejména v horských společenstvech (Kleijn & Steinger 2002). Zvýšením početnosti takových druhů se zvýší tlak na okolní vegetaci, čímž se může snížit druhová bohatost stanoviště (Kleijn & Müller-Schärer 2006).

Někteří autoři uvádějí, že pastva podporuje růst a šíření tohoto druhu. Hess et al. (1967) a Kleijn & Steinger (2002) tvrdí, že pokud je rostlina spásána, reaguje na okus zvýšenou regenerací a zároveň navýšením počtu vegetativních výhonů. Hejzman et al. (2008) naopak tvrdí, že pokud je rostlina spasena brzy po zahájení vegetační sezony, její počet na stanovišti klesá (viz kapitola 6.5.2).

V tzv. tradičním hospodaření, o kterém píše Lokvenc (1978) a Krahulec (1996), byl k pastvě využíván především skot a v menší míře koza. Ovce se využívaly jen okrajově. Dnes jsou však k údržbě využívány ovce (Hejzman 2007). Ovce působí oproti skotu na porost mnohem vyšším selektivním tlakem, proto je z hlediska zachování druhové bohatosti vhodnější smíšená pastva ovci a skotu (Hejzman et al. 2008). Pátková & Krahulec (1997) ale tvrdí, že pastva ovci nemá negativní vliv na zachování druhové bohatosti. Vliv pastvy skotu na výskyt *Veratrum album* subsp. *lobelianum* by se mohl stát předmětem dalšího výzkumu. Terén zájmové lokality je však obtížně přístupný a ovce snáší náročný terén mnohem lépe než skot (Pátková & Krahulec 1997). Zájmová lokalita je zároveň erozně ohrožena a skot působí na pastvinu vyšším tlakem nežli ovce (Bílek & Žáková 1997).

Pátková & Krahulec (1997) uvádějí jako alternativu k tzv. tradičnímu způsobu hospodaření přechod k celoroční kontinuální pastvě ovci, kdy jsou ovce paseny bez přístřešku po celou dobu vegetační sezony. Pokud není z ekonomického, logistického či klimatického hlediska možná kontinuální pastva, je dobré zavést během sezony pastevní cykly (Pátková 1994). Hejzman et al. (2008) uvádí jako optimální 3 pastevní cykly během roku: jarní, letní a podzimní, přičemž každý cyklus trvá tak dlouho, dokud není spaseno 40 – 50 % biomasy porostu. Pro zachování druhové bohatosti stanoviště je vhodné kombinovat tento postup s kosením mezi jednotlivými pastevními cykly (Pátková 1994). Tuto kombinaci doporučuje i Chytrý et al. (2001) Tento biotop (subalpínské smilkové trávníky) se typicky vyskytuje okolo alpínské hranice lesa. Jeho sekundární porosty, kam patří i zájmová lokalita, se nacházejí na kyselých a chudých půdách v odlesněných místech, která byla dříve využívána jako pastviny či jednosečné louky. Doporučeným managementem je zde pravidelné kosení, nepravidelné přihnojování a pastva (Chytrý et al. 2001).

7 Závěr

- Rozdíl ve vlivu jednotlivých typů managementu a délky jejich aplikace na počet jedinců a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum* nebyl prokázán.
- Byly prokázány rozdíly v počtu jedinců a v pokryvnosti mezi některými roky odečítání, a to pod managementy, které využívají v kombinaci s pastvou disturbanci.
- Byl prokázán vliv obsahu makroživin P, K, Mg, Ca, S a některých rizikových prvků (Cd, Pb, Cr, As) na počet jedinců a pokryvnost.
- Rozdíl v přístupném obsahu makroživin P, K, Mg, v přístupném a v celkovém obsahu rizikových prvků mezi referenčními plochami byl průkazný. Rozdíl v celkovém obsahu makroživin mezi plochami nebyl prokázán.
- Všechny půdní vzorky se vyznačovaly extrémně půdní reakcí.
- Mezi referenčními plochami nebyly prokázány signifikantní rozdíly v počtu jedinců a v pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. Umístění ve svažitém terénu nemá vliv na počet jedinců a pokryvnost.
- Nebyl prokázán rozdíl v počtu jedinců ani v pokryvnosti mezi plochami, které jsou pod vlivem pastvy, a mezi kontrolní plochou bez pastvy
- Bylo prokázáno, že počet jedinců a pokryvnost *Veratrum album* subsp. *lobelianum* jsou ovlivněny zásobou živin. Variabilita byla vysvětlena z 57 %. Počet jedinců je spíše ovlivněn zásobou hořčíku a vápníku. Pokryvnost je ovlivněna spíše zásobou fosforu. Nejmenší vliv měl obsah draslíku a síry.
- Z literární rešerše vyplynulo, že možnou příčinou rozvoje populace *Veratru album* subsp. *lobelianum* může být absence pastvy v minulém století, případně znovuoobnovení pastvy na začátku 21. století.
- Na základě výsledků práce a literární rešerše byla navržena doporučení pro stávající péči o lokality, kde tento druh dosahuje lokální dominance. Jedná se především o dřívější zahájení pastvy, nebo seč jedinců ve fázi prvních pravých listů. Dále se jedná o prodloužení pastevníh cyklu, a kombinace pastvy s kosením. Při ohniskovém výskytu na menších plochách se jeví jako výhodná disturbance jedinců.
- Z práce vyplynula doporučení pro další výzkum. Jedná se o stanovení obsahu dusíku v půdě a zjištění jeho vlivu na počet jedinců a pokryvnost a o zjištění vlivu pastvy skotu na výskyt druhu.

8 Literatura

- Aydin T, Cakir A, Kazaz C, Bayrak N, Bayir Y, Taşkesenligil Y. 2014. Insecticidal Metabolites from the Rhizomes of *Veratrum album* against Adults of Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Chemistry & Biodiversity* **11**:1192-1204. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/cbdv.201300407>.
- Bílek M, Žáková I. 1997. Ethological observations of the regeneration sheep grazing in the Krkonoše National Park. 127. In: ISAE' 97, Proceedings of the 31st International Congress of ISAE, Prague.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1997. *Ekologie: jedinci, populace, společenstva*. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Bokr P. 2018. *Geologická mapa 1:50 000. Česká geologická služba, Praha*.
- Buchar J, Hadač E, Hanzák J, Kalina T, Miles P, Pilous Z, Štursa J, Vaněk J, Vávra V. 1983. *Rostlinstvo a živočišstvo*. 63-103 in *Krkonošský národní park*. SZN, Praha.
- Callaway RM, Kikodze D, Chiboshvili M, Khetsuriani L. 2009. Unpalatable Plants Protect Neighbors from Grazing and Increase Plant Community Diversity *Ecological Society of America*. **86**:1856–1862.
- Da Ronch F, Ziliotto U. 2008. Evolution of abandoned pastures in some heathlands in Mount Grappa (Venetia, northeastern Italy). *Acta botanica Gallica: bulletin de la Société botanique de France* **155**:89-96.
- Gaisler J, Hejcman M, Pavlů V. 2004. Effect of different mulching and cutting regimes on the vegetation of upland meadow. *Plant, Soil and Environment* **50**:324-331.
- Gibson DJ. 2009. *Grasses and Grassland Ecology*. Oxford University Press, New York.
- Grobosch T, Binscheck T, Martens F, Lampe D. 2008. Accidental intoxication with *veratrum album*. *Journal of Analytical Toxicology* **32**: 768-773.
- Grulich V. 2012. Red List of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia* **64**:631-645.
- Gu L, Konno Y, Yamamoto S. 2014. Functional differentiation between the inner and outer leaves in a mechanical support by a pseudostem of *Veratrum album* subsp. *oxysepalum*. *Plant Species Biology* **29**:225–231. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/14422.1984.12017>
- Háková A, Klaudivová A, Sádlo J. 2004. Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy Natura 200. Edice PLANETA 2004: Odborný časopis pro životní prostředí **12**:1-75. Ministerstvo životního prostředí, Praha.

- Heady HF. 1964. Palatability of Herbage and Animal Preference. *Journal Range Management* **17**:76-82. Available from <http://www.jstor.org/stable/3895315?origin=crossref>
- Hejzman M, Auf D, Gaisler J. 2005. Year round cattle grazing as an alternative management of hay meadows in the Giant (Krkonoše) Mountains, Czech Republic. *Ekológia* **24**: 419-429.
- Hejzman M, Mládková A, Vacek S, Pavlů V, Hejzmanová P, Laborewicz I. 2007. Zemědělství. 767-772 in *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Hejzman M, Žáková I, Bílek M, Bendová P, Hejzmanová P, Pavlů V, Stránská M. 2008. Sward structure and diet selection after sheep introduction on abandoned grassland in the Giant Mts, Czech Republic. *Biologia* **63**:506–514.
- Hess HE, Landolt E, Hilzer R. 1967. *Flora der Schweiz*. Birkhäuser-Verlag, Basel.
- Hesse E, Rees M, Müller-Schärer H. 2007. Seed bank persistence of clonal weeds in contrasting habitats: Implications for control. *Plant Ecology* **190**:233–243.
- Hesse E, Rees M, Müller-Schärer H. 2008. Life-History Variation in Contrasting Habitats: Flowering Decisions in a Clonal Perennial Herb (*Veratrum album*). *The American Naturalist* **172**:196-213. Available from <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/591683>.
- Hladný J, Sýkora B. 1983. Klimatologie, hydrologie, sněhová pokrývka. 33-44 in *Krkonošský národní park*. SZN, Praha.
- Hošek M, Škapec L. 2012. *Příroda České republiky v mapách*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Chytrý M, Kočí M, Chytrý T. 2001. *Katalog biotopů České republiky: interpretační příručka k evropským programům Natura 2000 a Smaragd*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Chytrý M., Tichý L. 2003. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis* **108**: 1–231.
- Chytrý M, Kučera T, Kočí M, Grulich V, Lustyk P. 2010. *Katalog biotopů České republiky*, 2. vyd. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Chrtek J. 2010. *Veratrum L. - kýchavice*. 392-397 in *Květena České republiky: 8*. Academia, Praha.
- Chrtek J. 2016. Map of *Veratrum album* subsp. *lobelianum*. 229–322 in *Distribution of Veratrum album subsp. lobelianum in the Czech Republic*. Preslia, Praha.

- Kato Y, Araki K, Ohara M. 2009. Breeding system and floral visitors of *Veratrum album* subsp. *oxysepalum* (Melanthiaceae). *Plant Species Biology* **24**:42-46. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1442-1984.2009.00231.x>.
- Kleijn D, Treier UA. 1999. The importance of nitrogen and carbohydrate storage for plant growth of the alpine herb. *New Phytologist* **65**: 565-575.
- Kleijn D, Steinger T. 2002. Contrasting effects of grazing and hay cutting on the spatial and genetic population structure of *Veratrum album*, an unpalatable, long-lived, clonal plant species. *Journal of Ecology* **90**:360-370.
- Kleijn D, Müller-Schärer H. 2006. The Relation Between Unpalatable Species, Nutrients and Plant Species Richness in Swiss Montane Pastures. *Biodiversity and Conservation* **15**:3971-3982.
- Koucký R, Malá Š, Štěpánek P, Kábrt L. 2011. Územní plán Pec pod Sněžkou. Roman Koucký architektonická kancelář, Praha.
- Krahulec F, Pecháčková S, Blažková D, Balátová-Tuláčková E, Fabšičová M, Štursa J. 1996. Louky Krkonoš: Rostlinná společenstva a jejich dynamika. *Opera Corcontica* **33**:9-73.
- Krahulec F, Skálová H, Herben T, Hadincová V, Wildová R, Pecháčková S. 2001. Vegetation changes following sheep grazing in abandoned mountain meadows. *Applied Vegetation Science* **4**:97-102.
- Král V, Svoboda J. 1983. Krkonoše. 7-10 in *Krkonošský národní park*. SZN, Praha.
- Kučera S. 1969. *Veratrum album* L. s. str. - přehlížený taxon květeny jižních Čech. *Preslia* **41**:61-70.
- Lanta V, Hejzman M, Svobodová P. 2006. Poznámky k výskytu významnějších rostlinných taxonů v nelesní části západních Krkonoš (ochranné pásmo KRNP). *Východočeský sborník přírodovědecký: Práce a studie* **13**:115-126.
- Lepš J, Šmilauer P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lepš J, Šmilauer P. 2016. *Biostatistika*. Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Praha.
- Lhotský O. 1962. K rozšíření *Veratrum album* L. ssp. *lobelianum* (BERNH.) RCHB. v Jizerských horách. *Preslia* **34**:268-271.
- Lokvenc T. 1978. Toulky krkonošskou minulostí. Kruh, Hradec Králové.
- Lokvenc T. 2007. Budní hospodářství. 491-500 in *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Mehlich A. 1984. Mehlich No. 3 soil test extractant: A modification of Mehlich No.2. *Commun. Soil Science and Plant Analysis* **15**: 1409 – 1416.

- Meisser M, Deléglise C, Freléchoux F, Chassot A, Jeangros B, Mosimann E. 2014. Foraging behaviour and occupation pattern of beef cows on a heterogeneous pasture in the Swiss Alps. *Czech Journal of Animal Science* **59**:84-95.
- Metelka L, Mrkvica Z, Halášová O. 2007. Podnebí. 147-154 in *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Migoň P, Pilous V. 2007. Geomorfologie. 103-124 in *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Moravec J. 1994. *Fytocenologie: nauka o vegetaci*. Academia, Praha.
- Nakahama N, Yamasaki M, Takayanagi A. 2016. Mass emergence of a specialist sawfly species on unpalatable herbs under severe feeding pressure by sika deer. *Entomological Science* **19**:268-274. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/ens.12181>.
- Němeček J. 2001. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Pavlů V, Hejcman M, Pavlů L, Gaisler J. 2003. Effect of rotational and continuous grazing on vegetation of an upland grassland in the Jizerske hory Mts., Czech republic. *Folia Geobotanica* **38**:21-34.
- Pavlů V, Gaisler J, Hejcman M, Pavlů L. 2006. Effect of different grazing systems on dynamics of grassland weedy species. *Journal of Plant Diseases and Protection, Supplement* **383**:377–383.
- Pátková R. 1994. *Změny lučních společenstev po ukončení pastvy ovcí na Předních Rennerovkách v Krkonoších*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha.
- Pátková R, Krahulec F. 1997. Sukcese luční vegetace v Krkonoších po skončení pastvy ovcí. *Opera Corcontica* **34**: 91-104.
- Pergl J, Sádlo J, Petrušek A, Laštůvka Z, Musil J, Perglová I, Šanda R, Šefrová H, Šíma J, Vohralík V, Pyšek P. 2016. Black, Grey and Watch List of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *Neobiota* **28**:1-37.
- Pilous V. 2007. Geografické vymezení. 13-18 in *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Průša D. 2005. *Chráněné rostliny České a Slovenské republiky*. Computer Press, Brno.
- Quitt E. 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Geografický ústav ČSAV, Brno.
- Rees M, Müller-Schärer H. 2008. Life-History Variation in Contrasting Habitats: Flowering Decisions in a Clonal Perennial Herb (*Veratrum album*). *The American Naturalist* **172**:196-213.

- Rauber-Lüthy C, Halbsguth U, Kupferschmidt H, König N, Mégevand C, Zihlmann K, Ceschi A. 2010. Low dose exposure to *Veratrum album* in children causes mild effects – a case series. *Clinical Toxicology* **48**: 234 – 237.
- Richter R, Hlušek R. 1994. *Výživa a hnojení rostlin*. Vysoká škola zemědělská, Brno.
- Rybář P. 1989. *Přírodou od Krkonoš po Vysočinu: regionální encyklopedie*. Kruh, Hradec Králové.
- Schaffner U, Kleijn D, Brown V, Müller-Scharer H. 2001. *Veratrum album* in montane grasslands: a model system for implementing biological control in land management practices for high biodiversity habitats. *Biocontrol News and Information* **22**:19-28.
- Smit C, Den Ouden J, Müller-Schärer H. 2006. Unpalatable plants facilitate tree sapling survival in wooded pastures. *Journal of Applied Ecology* **43**:305–312.
- Spiegelberger T, Matthies D, Müller-Scharer H, Schaffner U. 2006. Scale-dependent effects of land use on plant species richness of mountain grassland in the European Alps. *Ecography* **29**:541-548.
- Stupka R. 2010. *Chov zvířat*. Powerprint, Praha.
- Sýkora B. 1983. *Krkonošský národní park*. SZN - Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Šourek J. 1969. *Květena Krkonoš*. Academia, Praha.
- Štursa J. 2003. *Encyclopedia Corcontica*. Správa KRNAP, Vrchlabí.
- Štursa J. 2007. Prostorové uspořádání krkonošské přírody. 291-292 in *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Štursa J, Kwiatowski P, Harčarik J, Zahradníková J, Krahulec F. 2009. Černý a červený seznam cévnatých rostlin Krkonoš. *Opera Corcontica* **46**:67-104.
- Tani T, Kudo G. 2006. Seasonal pattern of leaf production and its effects on assimilation in giant summer-green herbs in deciduous forests in northern Japan. *Canadian Journal of Botany* **84**:87-98. Available from <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/b05-145>.
- Tesař M, Pilous V. 2007. *Vodopis*. 29-38 in *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Tomášek M, Zúška V. 1983. *Půdní poměry*. 59-62 in *Krkonošský národní park*. SZN, Praha.
- Treier UA, Müller-Schärer H. 2011. Differential effects of historical migration, glaciations and human impact on the genetic structure and diversity of the mountain pasture weed *Veratrum album* L. *Journal of Biogeography* **38**:1776–1791.

- Trifonova Z. 2013. Effect of Some Plant Extracts on the Mortality and Hatching of *Meloidogyne incognita* and *Globodera rostochiensis* Second Stage Juveniles. *Acta Zoologica Bulgarica* **65**:117-120.
- Vaněk J, Sýkora J, Pivoňka J, Palucki A. 2007. Národní parky. 793-804 in Krkonoše: příroda, historie, život. Baset, Praha.
- Wilson SR, Strand MF, Krapp A, Rise F, Herstad G, Malterud KE, Krauss S. 2010. Hedgehog antagonists cyclopamine and dihydroveratramine can be mistaken for each other in *Veratrum album*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **53**:497-502. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0731708510003006>.
- Zbírál J. 2001. Comparison of methods for soil pH determination. *Rostlinná výroba*. **47**:463–466.
- Zeidler M, Chmelinová B, Banaš M, Lešková M. 2014. Dlouhodobé změny subalpínské vegetace svahu Petrových kamenů v Hrubém Jeseníku. *Příroda* **32**: 5–17.

Použité zákony a vyhlášky

- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 395/1992 Sb., ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., ze dne 12. listopadu 1998 o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. 1998. Sbírka zákonů České republiky, Praha.
- Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 501/2006 Sb., ze dne 10. listopadu 2006 o obecných požadavcích na využívání území ve znění pozdějších předpisů. 2006. Sbírka zákonů České republiky, Praha.
- Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny. 1992. Sbírka zákonů České republiky, Praha.
- Zákon České národní rady, kterým se mění zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. 2017. Sbírka zákonů České republiky, Praha.

Internetové zdroje

Chata Děvín: Historie. 2019. Trutnov. Available from <http://www.nadacnifondgtu.cz/cz/chata-devin/historie/> (accessed January 09, 2019).

Faugnerová J. 2017. Národní geoportál INSPIRE. CENIA, Česká informační agentura životního prostředí, Praha. Available from <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map> (accessed February 11, 2019).

Mapový server a GIS KRNAP. 2019. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí. Available from <http://gis.krnep.cz/map/> (accessed March 30, 2019).

Mapová služba WMS. 2017. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. Available from <http://wms.vumop.cz/public/udalosti.php?> (accessed March 30, 2019).

Matějček J. 2017. Studniční boudy. Wikipedie. Wikimedia Foundation, San Francisco (CA). Available from https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Studni%C4%8Dn%C3%AD_boudy&oldid=15336580 (accessed January 2019).

Ruční spektrometry vanta s módem Geochem. 2019. Spektrometry.cz, Blansko. Available from <https://www.spektrometry.cz/zivotni-prostredi-geologie/rucni-rtg-spektrometr-vanta.php> (accessed March 30, 2019).

Osobní komunikace

Čílová I. 9th September 2018. pers. comm.

Procházková L. 17th August 2018. pers. comm.

9 Přílohy

Příloha č. 1: Odečtené hodnoty početnosti a pokryvnosti *Veratrum album* subsp. *lobelianum*

Lokalita	Management	Čas	Počet jedinců [ks/m ²]	Počet jedinců [ks/2m ²]	Pokryvnost [%]	Pokryvnost dle Braun-Blanqueta
SB1	A	2016	12,5	25	20	2b
SB1	A	2017	20	40	25	2b
SB1	A	2018	9,5	19	30	3
SB1	A	2018	9,5	19	30	3
SB1	A	2018	9,5	19	30	3
SB1	B	2016	8	16	10	2a
SB1	B	2017	15,5	31	20	2b
SB1	B	2018	5,5	11	10	2a
SB1	B	2018	5,5	11	10	2a
SB1	B	2018	5,5	11	10	2a
SB1	C	2016	6,5	13	10	2a
SB1	C	2017	3,5	7	10	2a
SB1	C	2018	3	6	5	2m
SB1	C	2018	3	6	5	2m
SB1	C	2018	3	6	5	2m
SB1	D	2016	10,5	21	30	3
SB1	D	2017	8,5	17	10	2a
SB1	D	2018	3,5	7	5	2m
SB1	D	2018	3,5	7	5	2m
SB1	D	2018	3,5	7	5	2m
SB2	A	2016	11,5	23	40	3
SB2	A	2017	18,5	37	60	4
SB2	A	2018	17,5	35	25	2b
SB2	A	2018	17,5	35	25	2b
SB2	A	2018	17,5	35	25	2b
SB2	B	2016	9	18	30	3
SB2	B	2017	5,5	11	30	3
SB2	B	2018	10	20	20	2b
SB2	B	2018	10	20	20	2b
SB2	B	2018	10	20	20	2b
SB2	C	2016	1,5	3	10	2a
SB2	C	2017	1,5	3	5	+
SB2	C	2018	4,5	9	5	2m
SB2	C	2018	4,5	9	5	2m
SB2	C	2018	4,5	9	5	2m
SB2	D	2016	14	28	45	3
SB2	D	2017	6	12	25	2b

Lokalita	Management	Čas	Počet jedinců [ks/m ²]	Počet jedinců [ks/2m ²]	Pokryvnost [%]	Pokryvnost dle Braun-Blanqueta
SB2	D	2018	4	8	5	2m
SB2	D	2018	4	8	5	2m
SB3	A	2016	9,5	19	15	2a
SB3	A	2017	13,5	27	30	3
SB3	A	2018	14,5	29	33	3
SB3	A	2018	14,5	29	33	3
SB3	A	2018	14,5	29	33	3
SB3	B	2016	20	40	30	3
SB3	B	2017	23	46	50	3
SB3	B	2018	24	48	45	3
SB3	B	2018	24	48	45	3
SB3	B	2018	24	48	45	3
SB3	C	2016	7,5	15	15	2a
SB3	C	2017	2,5	5	8	2a
SB3	C	2018	0	0	0	0
SB3	C	2018	0	0	0	0
SB3	C	2018	0	0	0	0
SB3	D	2016	21,5	43	50	3
SB3	D	2017	13	26	25	2b
SB3	D	2018	6,5	13	10	2a
SB3	D	2018	6,5	13	10	2a
SB3	D	2018	6,5	13	10	2a
SB4	A	2018	14	28	20	2b
SB4	A	2018	14	28	20	2b
SB4	A	2018	14	28	20	2b
SB4	B	2018	5,5	11	20	2b
SB4	B	2018	5,5	11	20	2b
SB4	B	2018	5,5	11	20	2b
SB4	C	2018	7	14	15	2a
SB4	C	2018	7	14	15	2a
SB4	C	2018	7	14	15	2a

Příloha č. 2: Celkové obsah živin stanovené ručním spektrometrem

Makroživiny

Plocha	Management	P [ppm]	K [ppm]	Mg [ppm]	Ca [ppm]	S [ppm]
SB1	A	619,4931	0	0	1633,1400	1742,6599
SB1	A	1112,8873	0	0	575,0210	1261,6222
SB1	A	2915,5409	16389,0600	0	6367,4800	4879,1611
SB1	B	2259,3647	1574,9800	9946,5900	856,4000	2730,9173
SB1	B	1993,3838	0	8177,1400	60,9457	2718,5309
SB1	B	1888,9786	0	0	1079,1300	2391,9547
SB1	C + D	543,2951	3166,7390	0	389,9990	1121,1083
SB1	C + D	881,6423	1785,7790	0	369,0570	1255,6742
SB1	C + D	1404,0896	0	0	636,6420	2322,8456
SB2	A	1007,8011	5434,0570	0	5197,5100	1230,5542
SB2	A	1087,9023	0	0	142,3710	1374,7385
SB2	A	0	0	0	0	541,6319
SB2	B	1574,5479	0	11352,5200	0	1233,4856
SB2	B	962,2786	2641,7200	0	239,5670	1346,9659
SB2	B	988,3680	506,3863	0	91,6194	1216,0373
SB2	C + D	1000,5228	0	0	111,2680	998,6018
SB2	C + D	879,6059	4336,1810	0	176,3600	733,3249
SB2	C + D	1358,3712	2107,4720	8087,0000	971,3820	1312,9239
SB3	A	2826,7649	0	13363,0200	0	2581,7516
SB3	A	1074,6141	0	0	694,3770	1369,9417
SB3	A	1786,7659	0	11533,0400	855,0660	1898,3878
SB3	B	1776,8535	0	14523,6000	0	1385,7901
SB3	B	1137,1495	4483,1720	0	212,0660	1113,0654
SB3	B	1586,1262	0	10333,1600	228,6760	1648,5582
SB3	C + D	918,6246	4114,9530	0	678,5830	1049,7625
SB3	C + D	1245,9549	0	0	1225,8500	1694,9501
SB3	C + D	1960,2034	0	6700,2800	945,6160	2197,0283
SB4	A	2060,0613	0	0	5941,8500	3913,5522
SB4	A	1279,5562	1369,4660	0	2226,3400	2661,6886
SB4	A	0	0	0	3384,0200	2457,3271
SB4	B	959,5143	4176,7050	0	1442,9500	2095,8625
SB4	B	2547,1529	5574,0730	0	6877,1700	4255,8074
SB4	B	1158,8868	0	0	1007,0500	2258,8338
SB4	C	2334,7381	0	14108,2600	1152,6100	1979,7251
SB4	C	1841,8561	0	11190,3600	315,8410	1734,5843
SB4	C	1675,2279	653,9616	5596,2400	1172,6100	1851,1048

Mikroživiny a užitečné prvky

Plocha	Management	Fe [ppm]	Mn [ppm]	Zn [ppm]	Cu [ppm]	Al [ppm]	Si [ppm]
SB1	A	7103,8979	286,1260	59,6653	8,2193	10941,7700	41877,7990
SB1	A	16815,8580	693,4340	58,6046	10,4940	28718,3400	86321,5260
SB1	A	2756,2615	3136,0500	117,0860	9,7762	2767,1300	51705,5800
SB1	B	19131,0220	746,2400	74,8542	15,7730	34956,3500	107346,2490
SB1	B	19058,4020	529,9540	83,2678	21,6050	31422,1300	82527,7710
SB1	B	10747,1840	1047,9100	97,4525	11,2470	17924,9700	51579,4900
SB1	C + D	4073,1314	91,5409	34,0175	0	7492,1700	28586,6170
SB1	C + D	12100,1040	290,1430	46,2003	8,2250	15674,8700	50102,8250
SB1	C + D	9425,3397	134,0880	64,6507	16,6310	15858,8900	59553,5090
SB2	A	22277,0240	1150,6600	89,5808	12,8260	17538,6300	52720,7230
SB2	A	17668,6350	284,3790	72,2934	15,6100	25953,3700	90255,4990
SB2	A	13667,2990	281,9550	71,2722	10,7310	6156,9100	34236,6740
SB2	B	19186,9120	255,7440	77,0199	13,3620	38251,1400	110623,3310
SB2	B	11633,2200	214,2320	65,7767	14,4880	17672,8300	59960,3030
SB2	B	8475,7167	118,9470	46,0658	7,7320	18823,8300	54663,0670
SB2	C + D	13647,8100	380,4930	63,4816	11,4830	23002,6600	73441,4910
SB2	C + D	13152,8010	272,7850	62,3707	9,2938	29776,0600	85559,7880
SB2	C + D	13681,5970	678,8710	75,7274	12,3910	27967,5000	74479,0080
SB3	A	20012,3170	396,2790	81,2669	17,9140	53397,5800	163460,2360
SB3	A	13888,6240	416,7000	61,6089	8,7318	24832,3500	80210,8100
SB3	A	17629,3040	553,0780	83,1507	14,3300	34418,0900	106130,5430
SB3	B	23511,8200	445,6760	86,7714	12,3190	46758,6200	154272,9570
SB3	B	12379,021	176,405	44,24203	8,3303	24694,8500	79693,9330
SB3	B	17946,229	396,31	78,55434	10,828	38208,8700	111010,3420
SB3	C + D	9101,7258	437,897	55,19145	5,4636	14274,7400	47530,0690
SB3	C + D	13361,663	371,96	59,3874	6,8955	25289,6800	91891,9750
SB3	C + D	16365,759	525,865	74,59899	16,475	32084,4500	95539,9510
SB4	A	8614,1396	271,951	67,62243	7,1213	8760,8100	43279,6960
SB4	A	3591,8337	0	45,10419	5,5191	6912,8200	17151,2570
SB4	A	2464,7702	823,27	74,1418	8,6997	1351,5100	22781,3840
SB4	B	5658,4585	429,461	49,67449	7,5871	5182,7800	45169,5250
SB4	B	2421,1596	1575,24	162,7968	16,864	4523,8000	32971,9930
SB4	B	14101,387	468,942	69,67176	15,02	16471,9200	54191,0890
SB4	C	24539,528	348,715	64,29946	15,521	44127,3200	116447,8110
SB4	C	22206,435	305,519	57,339	15,026	50117,7300	124511,2710
SB4	C	20977,266	392,152	63,74436	7,8699	30743,8100	95199,3850

Rizikové prvky

Plocha	Management	Cd [ppm]	Cu [ppm]	Cr [ppm]	Pb [ppm]	As [ppm]	Zn [ppm]
SB1	A	0	8,2193	0	38,9668	13,8341	59,6653
SB1	A	0	10,4940	0	48,3094	34,5775	58,6046
SB1	A	0	9,7762	0	18,9950	4,4966	117,0860
SB1	B	0	15,7730	0	112,8944	44,7337	74,8542
SB1	B	0	21,6050	0	164,0577	57,3468	83,2678
SB1	B	0	11,2470	0	81,3014	21,8167	97,4525
SB1	C + D	0	0	0	29,1935	9,0796	34,0175
SB1	C + D	0	8,2250	0	59,3545	29,9464	46,2003
SB1	C + D	0	16,6310	0	109,9903	21,4052	64,6507
SB2	A	0	12,8260	28,3959	108,2185	33,7200	89,5808
SB2	A	0	15,6100	34,5202	112,6917	35,5660	72,2934
SB2	A	0	10,7310	0	91,3832	26,7531	71,2722
SB2	B	0	13,3620	0	83,7382	36,0091	77,0199
SB2	B	0	14,4880	0	70,9694	20,8787	65,7767
SB2	B	0	7,7320	0	101,2354	11,2520	46,0658
SB2	C + D	0	11,4830	0	125,3493	30,8559	63,4816
SB2	C + D	0	9,2938	0	85,5609	26,8130	62,3707
SB2	C + D	0	12,3910	0	85,1260	26,3676	75,7274
SB3	A	21,54	17,9140	35,1078	111,5535	47,03680	81,2669
SB3	A	0	8,7318	0	52,0516	33,9445	61,6089
SB3	A	0	14,3300	29,2591	74,8482	38,2283	83,1507
SB3	B	0	12,3190	0	90,7419	51,1499	86,7714
SB3	B	0	8,3303	0	61,27106	31,5943	44,24203
SB3	B	0	10,8280	0	70,1118	39,2274	78,55434
SB3	C + D	0	5,4636	0	46,5898	19,6864	55,19145
SB3	C + D	0	6,8955	0	46,8333	32,0923	59,3874
SB3	C + D	0	16,4750	0	84,8633	39,9212	74,59899
SB4	A	0	7,1213	0	57,6798	20,8658	67,62243
SB4	A	0	5,5191	0	43,7819	9,5530	45,10419
SB4	A	0	8,6997	0	52,3603	5,1431	74,1418
SB4	B	0	7,5871	0	41,6865	10,3916	49,67449
SB4	B	0	16,8640	0	57,1951	0	162,7968
SB4	B	0	15,0200	0	75,9259	37,0159	69,67176
SB4	C	18,82	15,5210	39,2829	84,3484	60,8982	64,29946
SB4	C	16,73	15,0260	23,7183	72,6769	44,6014	57,339
SB4	C	25,55	7,8699	0	87,36981	49,3604	63,74436

Ostatní prvky

Plocha	Management	Ti [ppm]	Zr [ppm]	Nb [ppm]	Mo [ppm]	Ba [ppm]	Th [ppm]
SB1	A	1600,5568	47,0303	12,2341	6,63555	0	29,9565
SB1	A	3925,7446	93,0829	3,8420	0	259,7343	0
SB1	A	393,9022	33,8478	19,16116	11,3867	0	55,6975
SB1	B	3331,2110	103,0388	13,5210	3,3331	0	16,5381
SB1	B	3036,9029	123,0292	15,0110	2,6851	0	14,5401
SB1	B	1654,4170	48,3649	4,4619	0	0	6,4125
SB1	C + D	529,4792	38,9371	8,7338	3,2196	0	21,2555
SB1	C + D	1971,1663	81,1338	6,6274	0	0	7,6007
SB1	C + D	1572,7670	67,6496	11,1787	3,2594	0	16,3822
SB2	A	3573,9690	125,5156	11,3799	0	255,4235	0
SB2	A	4025,0110	154,1395	13,5771	0	277,2441	0
SB2	A	2985,8150	118,9775	10,7198	0	0	8,8465
SB2	B	4284,1582	165,6543	14,4575	0	226,1769	0
SB2	B	2285,8557	119,6368	8,5144	0	0	0
SB2	B	1752,4360	67,0390	8,4819	0	0	12,0936
SB2	C + D	2882,8550	130,2049	8,0718	0	0	0
SB2	C + D	3012,8120	136,0543	8,5447	0	0	0
SB2	C + D	3143,7740	118,9165	7,5395	0	0	0
SB3	A	4580,4900	168,7371	16,4177	0	248,4203	12,9296
SB3	A	2959,3980	132,1718	7,07987	0	0	0
SB3	A	3854,2170	133,4755	11,6300	0	345,3765	0
SB3	B	4959,4760	189,6133	15,4222	0	343,8184	0
SB3	B	2621,0190	129,8127	8,3971	0	0	0
SB3	B	4040,8380	164,4029	15,6713	0	0	12,2768
SB3	C + D	2009,0380	90,9138	7,9143	0	0	0
SB3	C + D	2884,3330	109,2414	5,9685	0	0	0
SB3	C + D	3489,7150	135,1203	11,9491	0	0	8,7018
SB4	A	1235,1880	63,7115	14,6252	6,3522	0	31,7830
SB4	A	357,0513	20,0832	9,7776	5,8330	0	26,2972
SB4	A	288,1262	27,8966	16,9372	10,4221	0	41,3208
SB4	B	897,7897	53,0295	16,3193	9,1304	0	36,9780
SB4	B	0	33,2298	15,2995	9,0020	0	42,4456
SB4	B	2182,3133	102,4363	14,6647	3,3263	0	19,8706
SB4	C	5573,7294	191,3404	16,5631	0	622,4361	7,7114
SB4	C	5399,5891	139,8836	9,7499	0	436,8527	0
SB4	C	3527,9198	128,4867	11,8124	0	372,3686	7,3832

Příloha č. 3: Přístupné obsahy živin dle Mehlicha III

Makroživiny

Lokalita	Management	P [ppm]	K [ppm]	Ca [ppm]	Mg [ppm]	S [ppm]
SB1	A	13,7927	134,8100	114,7710	44,6261	46,4911
SB1	A	21,0951	91,7874	76,2145	29,8522	31,0843
SB1	B	6,1892	78,2562	55,7308	15,1104	26,8695
SB1	B	9,0052	111,7619	78,5685	24,1410	41,9657
SB1	C + D	6,7669	70,6833	57,9920	14,4871	33,1941
SB1	C + D	7,3634	58,7426	56,1824	14,1353	31,2824
SB2	A	27,8130	44,3336	47,2976	14,3794	22,2614
SB2	A	38,4497	44,1038	42,8862	15,1137	21,3494
SB2	B	46,7346	71,4359	70,5586	20,2854	29,1100
SB2	B	44,4852	57,6334	57,5025	17,6836	22,9920
SB2	C + D	33,3416	62,4487	70,1548	21,5320	37,2251
SB2	C + D	36,7619	56,5235	58,1851	19,4998	30,9215
SB3	A	32,6538	41,6577	49,7309	12,8164	51,3796
SB3	A	64,6239	46,1155	47,4858	12,8324	45,8445
SB3	B	16,2698	66,9586	117,8889	37,7701	31,0562
SB3	B	14,7374	72,4478	121,6358	40,0168	35,2248
SB3	C + D	19,1607	54,0937	58,1204	17,9532	26,1214
SB3	C + D	25,6301	71,7226	73,7084	23,1755	32,9081
SB4	A	9,3097	84,3416	79,5134	41,9928	17,9715
SB4	A	16,3702	128,6583	142,7267	75,5361	36,6152
SB4	B	27,6688	121,8056	179,0407	81,3143	33,8815
SB4	B	33,1421	157,8595	240,1986	107,3388	38,1592
SB4	C + D	9,6004	230,5885	72,1784	35,0172	35,1527
SB4	C + D	13,1932	243,2660	72,2631	39,6135	35,3090

Mikroprvky

Lokalita	Management	Fe [ppm]	Mn [ppm]	Zn [ppm]	Cu [ppm]
SB1	A	314,4856	12,4538	3,9237	1,9055
SB1	A	276,7817	8,6591	2,9335	1,4611
SB1	B	104,8286	4,4139	2,0823	3,3931
SB1	B	144,9315	6,8126	2,7138	3,3612
SB1	C + D	99,0573	9,6017	1,7809	2,2870
SB1	C + D	102,7504	9,0172	1,6252	1,9591
SB2	A	186,0383	23,9338	2,6270	2,2646
SB2	A	198,4784	25,5535	2,2978	2,0528
SB2	B	225,3679	13,3045	2,8704	4,3365
SB2	B	224,2242	12,2194	2,1142	2,1476
SB2	C + D	206,9823	24,9648	2,8629	2,4909
SB2	C + D	197,3846	21,5355	2,7852	4,1984
SB3	A	186,8112	5,4924	2,1404	4,3957
SB3	A	181,1050	4,8124	1,9194	4,1527
SB3	B	294,4870	16,7867	3,5989	1,1650
SB3	B	294,6029	18,3231	3,6823	1,0268
SB3	C + D	154,2412	10,9077	2,4775	3,2520
SB3	C + D	200,4846	14,9975	2,4815	1,6603
SB4	A	146,0468	2,5440	2,6185	2,9261
SB4	A	260,6657	5,3360	3,8351	3,6069
SB4	B	252,0001	10,9049	4,9384	3,1728
SB4	B	300,3941	11,1807	5,2574	1,6059
SB4	C + D	134,7828	4,5941	2,3463	1,9937
SB4	C + D	162,2841	5,2513	2,2471	1,9209

Užitečné prvky

Lokalita	Management	Al [ppm]	Si [ppm]
SB1	A	1 341,6794	41,6220
SB1	A	931,9098	50,5608
SB1	B	1 153,2678	32,6895
SB1	B	1 666,9092	45,1099
SB1	C + D	1 630,0123	47,6972
SB1	C + D	1 474,7623	50,9005
SB2	A	1 079,7698	56,6238
SB2	A	1 094,2673	59,7660
SB2	B	1 284,4980	52,1022
SB2	B	1 062,4435	61,6066
SB2	C + D	1 167,2833	37,6527
SB2	C + D	955,6216	46,5337
SB3	A	1 113,2417	41,6004
SB3	A	1 123,2552	59,1549
SB3	B	1 113,2400	46,5924
SB3	B	1 123,2600	51,4947
SB3	C + D	897,7891	33,5815
SB3	C + D	1 166,4533	47,5390
SB4	A	770,1067	38,4413
SB4	A	1 398,7797	58,0842
SB4	B	1 180,9328	57,5636
SB4	B	1 267,6196	51,0727
SB4	C + D	1 230,0184	34,8621
SB4	C + D	1 300,0659	44,3000

Ostatní rizikové prvky

Lokalita	Management	Cd [ppm]	Pb [ppm]	Cr [ppm]	As [ppm]
SB1	A	0,1700	13,0451	0,2167	
SB1	A	0,1152	12,2033	0,1788	
SB1	B	0,0861	10,9556	0,0987	
SB1	B	0,1333	14,0697	0,2236	0,8943
SB1	C + D	0,1198	8,0512	0,1915	
SB1	C + D	0,1227	7,7773	0,3750	
SB2	A	0,0530	34,6467	0,2010	0,8592
SB2	A	0,0790	36,1338	0,2411	0,7804
SB2	B	0,0843	13,6428	0,3871	0,9282
SB2	B	0,0519	11,4227	0,3926	0,8796
SB2	C + D	0,0930	19,9617	0,3247	
SB2	C + D	0,0857	16,5665	0,2033	
SB3	A	0,0639	15,4979	0,2533	0,7103
SB3	A	0,0692	13,6582	0,2967	
SB3	B	0,1051	15,6916	0,2214	
SB3	B	0,1116	14,6443	0,2704	
SB3	C + D	0,0498	8,8518	0,1619	0,7918
SB3	C + D	0,0671	10,6802	0,2480	
SB4	A	0,0908	10,0284	0,1006	
SB4	A	0,1484	15,1924	0,1516	0,6839
SB4	B	0,1630	30,4750	0,1580	
SB4	B	0,1847	32,9675	0,1322	0,7659
SB4	C + D	0,1009	10,0022	0,2159	
SB4	C + D	0,0990	9,4979	0,2011	

Příloha č. 4: Hodnoty aktivního a výměnného pH v půdních vzorcích

Lokalita	Management	Aktivní pH	Výměnné pH
SB1	A	4,139	3,539
SB1	B	4,308	3,764
SB1	C + D	4,416	3,947
SB2	A	4,278	3,66
SB2	B	4,327	3,676
SB2	C + D	4,215	3,61
SB3	A	4,16	3,66
SB3	B	4,165	3,512
SB3	C + D	4,324	3,701
SB4	A	4,247	3,526
SB4	B	4,304	3,561
SB4	C + D	4,559	3,782