Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019 Marek Depeš

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta
Katedra biologie

Současný trend v rozšíření vrance jedlového (*Huperzia selago*) nad horní hranicí lesa na Luční a Studniční hoře v Krkonoších

Bakalářská práce

Autor: Marek Depeš
Studijní program: B1501 Biologie
Studijní obor: Systematická biologie a ekologie
Vedoucí práce: RNDr. Romana Prausová Ph.D.
Odborný konzultant: RNDr. Josef Halda Ph.D., Univerzita Hradec Králové
Hradec Králové Červenec 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny prameny, ze kterých jsem vycházel.

V Hradci Králové dne: Jméno a příjmení

Děkuji vedoucí práce paní RNDr. Romaně Prausové Ph.D. za trpělivost a ochotu při vedení práce, za cenné rady při terénním průzkumu, za pomoc při statistickém zpracování výsledků a za věcné připomínky k úpravě textu práce. Děkuji RNDr. Josefu Haldovi Ph.D. za určení lišejníků a za spolupráci při terénním výzkumu, Petře Svobodové za podporu a asistenci při sběru dat v terénu. Děkuji také paní RNDr. Mileně Kociánové, která je inspirací mého zájmu o terénní výzkum Krkonoš. V neposlední řadě mé díky patří také těm nejbližším, bez kterých by to všechno nebylo možné.

Anotace:

Depeš M. (2019): Současný trend v rozšíření vrance jedlového (*Huperzia selago*) nad horní hranicí lesa na Luční a Studniční hoře v Krkonoších. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářké práce RNDr. Romana Prausová Ph.D., 52 s.

Bakalářská práce se zabývá studiem současného trendu v rozšíření vrance jedlového nad horní hranicí lesa na Luční a Studniční hoře v Krkonoších. Součástí bakalářské práce je rešerše dostupných studií o výskytu druhu nad horní hranicí lesa v Krkonoších i jeho celosvětovém areálu a o trendech v jeho šíření v souvislosti se změnami stanovištních poměrů na lokalitách, dále s globálními klimatickými změnami a působením antropogenních faktorů. Praktická část se bude zabývat monitoringem změn v početnosti a pokryvnosti vrance jedlového, ale i ostatních taxonů cévnatých rostlin, mechorostů a lišejníků rostoucích na společných trvalých plochách sledovaných od roku 2015. Vzhledem ke schopnosti druhu šířit se pomocí vegetativních pupenů, tzv. bulbil, bude v rámci této práce věnována pozornost též klíčení bulbil jak v trvalých plochách na Studniční a Luční hoře, tak i v simulovaných podmínkách v laboratoři.

Klíčová slova: *Huperzia selago*, Krkonoše, bezlesí nad horní hranicí lesa

Annotation:

Depeš M. (2019): Recent dispersion trend of fir clubmoss (*Huperzia selago*) above the tree line on Luční and Studniční mts. in Giant mountains. Bachelor thesis at Faculty of Science University Hradec Králové. Thesis supervisor RNDr. Romana Prausová Ph.D., 52 s.

The bachelor thesis deals with a recent dispersion trend of fir clubmoss (*Huperzia selago*) above the tree line on Luční and Studniční mts. in Giant mountains. Theoretical part of the thesis is a literature review of available studies of this species occurence above the tree line in Giant mountains, its worldwide distribution, dispersion trends in relation to changes of local site conditions,global climatic changes and antropogenic factors. Practical part of the thesis contains not only observation of fir clubmoss abundance and coverage changes but also of other taxa of vascular plants, mosses and lichens growing on permanent plots established in 2015. Due to *H. selago* ability to spread by vegetative propagules, called bulbils, the practical part of the thesis also focuses on bulbils sprouting ability in permanent plots on Luční and Studniční mts., and also in simulated laboratory conditions.

Keywords: *Huperzia selago*, Giant mountains, habitats above the tree line

Obsah

1 Úvod 1

2 Krkonoše 2

2.1 Topografické vymezení zájmového území 2

2.2 Horopis 3

2.2.1 Luční hora 3

2.2.2 Studničná hora 3

2.3 Anemo-orografický systém 4

2.4 Geomorfologie a Geologie 4

2.5 Pedologie 5

2.6 Klimatické poměry území 6

2.7 Hydrologie 6

2.8 Zařazení zájmového území do vegetačních jednotek 7

2.9 Vranec jedlový (*Huperzia selago*) 10

2.9.1 Systematické zařazení 10

2.9.2 Charakteristika 10

2.9.3 Ochrana 10

2.9.4 Ekologické nároky 11

2.9.5 Životní cyklus 11

2.9.6 Symbióza 12

2.9.7 Využití ve farmakologii 12

2.10 Výskyt Huperzia selago 13

2.10.1 Celosvětové rozšíření 13

2.10.2 Výskyt *Huperzia selago* nad horní hranicí lesa v Krkonoších 13

2.10.3 Výskyt *Huperzia selago* nad horní hranicí lesa v Hrubém Jeseníku 14

2.10.4 Výskyt *Huperzia selago* nad horní hranicí lesa na Kralickém Sněžníku... 15

3 Metodika 16

3.1 Přehled historických záznamů 16

3.2 Pozorování vegetativního rozmnožování *Huperzia selago* na trvalých plochách 16

3.3 Studium klíčení bulbil v laboratorních podmínkách 18

3.3.1 Chladová stratifikace 19

3.3.2 Přírodě blízká stratifikace 21

4 Výsledky 22

4.1 Vegetativní šíření *Huperzia selago* a změny pokryvností cévnatých rostlin, lišejníků a mechorostů na trvalých plochách 22

4.1.1 Luční hora 23

4.1.2 Studničná hora 33

4.1.3 Shrnutí výsledků monitoringu *Huperzia selago* 45

4.2 Klíčení vegetativních propagulí-bulbil *Huperzia selago* 48

5 Diskuze 53

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá studiem vrance jedlového (*Huperzia selago*) a jeho vegetativním šířením na Luční a Studničné hoře v Krkonoších. Zájmové území se nachází v 1. zóně Krkonošského národního parku v prostředí jednoho z nejohroženějších stanovišť na našem území – arkto-alpínské tundry. Vzhledem ke stoupajícímu trendu globální teploty a nerovnoměrnému rozložení srážek jsou právě biotopy, které k přežití potřebují opačné podmínky, nejvíce ohroženy. Přestože patří území Krkonoš k nejprobádanějším místům v ČR, je třeba se jim právě i díky klimatickým změnám stále intenzivně věnovat .

Výzkumy potvrdily, že se vranec jedlový šíří ve vyšších polohách spíše vegetativně než generativně. Jelikož pohlavní gametofyt je dlouhověký, rostlina dává přednost nepohlavnímu rozmnožování. To především díky nutnosti se v tomto nehostinném prostředí vrcholků hor rychle rozmnožit (Whittier et Storchova, 2007). Pupeny (bulbily), které nepohlavní rozmnožování zajišťují, jsou dobře viditelné, měřitelné a pozorovatelné. To z vrance dělá poměrně zajímavý element arkto-alpínské tundry, jehož ekologické nároky jsou známé, ale vzorce jeho šíření doposud prozkoumány nebyly.

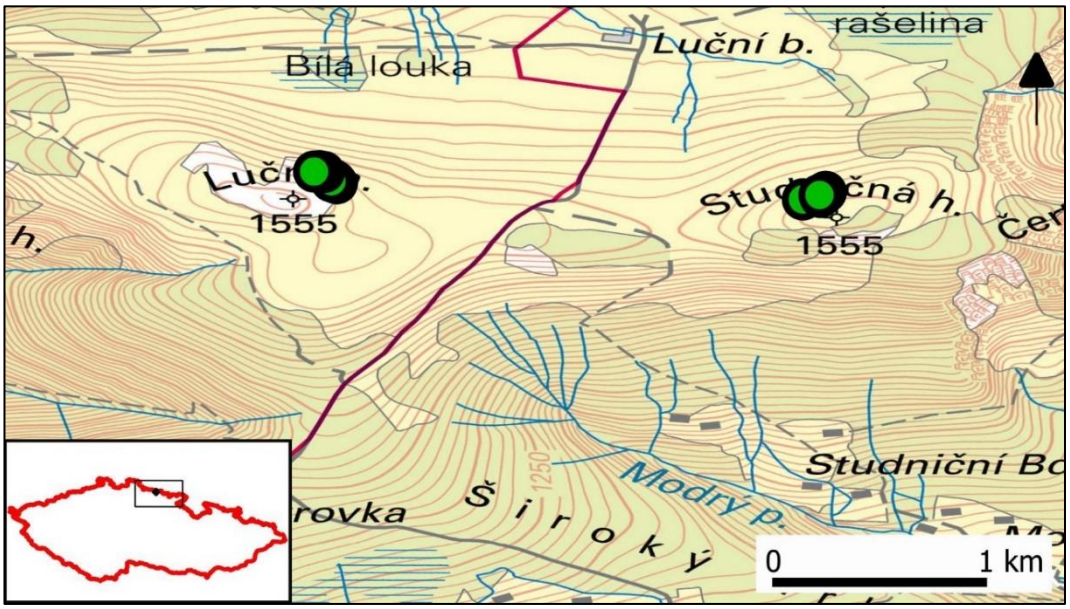
V průběhu pozorování zájmových lokalit jistě vyvstanou zajímavé otázky týkající se vzorců rozšíření *Huperzia selago* v extrémních podmínkách nad horní hranicí lesa. Nabízí se otázka vlivu konkurence ostatních druhů subalpínských fytocenóz nebo zda lze vegetativní šíření druhu v přírodních podmínkách napodobit laboratorním experimentem.

2 Krkonoše

Krkonoše jsou nejvyšší pohoří v České republice, začínají na západě u města Harrachov a na východě volně přecházejí u města Žacléř v Broumovskou vrchovinu. Nejvyšší horou pohoří je Sněžka (1605 m n. m.), a na jeho hřebeni probíhá hranice s Polskem. Od roku 1963 je na území Krkonoš zřízen Krkonošský národní park (dále NP) se sídlem správy ve Vrchlabí. V Polsku k vyhlášení NP došlo už v roce 1959. V roce 1992 byly navíc Krkonoše vyhlášeny první přeshraniční biosférickou rezervací UNESCO. Přírodní jevy, které se vyskytují v Krkonoších, a upíná se na ně pozornost veřejnosti a orgánů ochrany přírody, jsou zejména arkto-alpínská tundra, ledovcové kary, vrchoviště, květnaté louky, horské lesy a zastoupení endemické a reliktní flóry a fauny (Štursa, 2011).

2.1 Topografické vymezení zájmového území

Zájmové území se nachází v první zóně Krkonošského národního parku, konkrétně na severních svazích Luční a Studničné hory (Obr. 1). Lokalita na Luční hoře (Obr. 2) se nachází 680 m východně od Památníku obětem hor (který leží

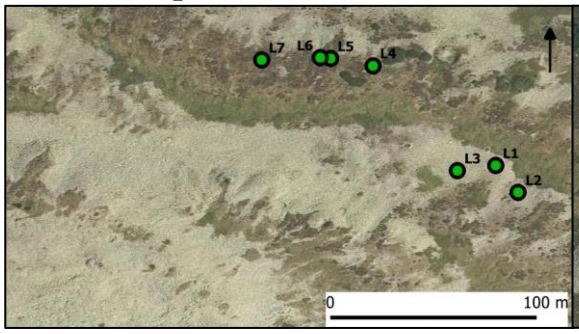


Obr. 1: Studované lokality na Luční a Studničné hoře, upraveno do mapového podkladu (ČUZK, 2019b)

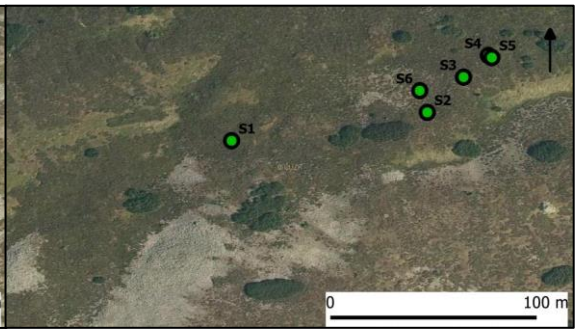
v Modrém sedle mezi Luční a Studničnou horou). Středové souřadnice lokality na Luční hoře jsou 50°43'43.443"N, 15°41'2.641"E. Trvalé monitorovací plochy jsou založeny v rozpětí nadmořských výšek od 1519 do 1526 m n. m, sklon svahu na lokalitě je 17°. Lokalita na Studničné hoře (Obr. 3) leží 630 m západně od Památníku obětem hor. Středové souřadnice této lokality jsou 50°43'40.546"N,

15°42'17.262"E, trvalé monitorovací plochy se nachází v rozpětí nadmořských výšek 1535-1538 m n. m., sklon svahu na lokalitě je 13°.

2.2 Horopis



Obr. 2: Trvalé plochy na Luční hoře. Autor: M. Depeš, upraveno do mapového podkladu (ČUZK, 2019a).



Obr. 3: Trvalé plochy na Studničné hoře. Autor: M. Depeš, upraveno do mapového podkladu (ČUZK 2019a).

2.2.1 Luční hora

Luční hora je druhý nejvyšší vrchol v ČR, vzhledem ke svému víceméně trojúhelníkovému půdorysu má tři svahy. Jihozápadní svah je výrazně nejstrmější a je členěný třemi údolími - Hrazeným, Loveckým a Pramenným dolem (každým z nich protéká potok, který pramení na úbočí Luční hory). Jihovýchodní svah se nachází z hlediska anemo-orografického systému na závětrné straně a každoročně zde dochází k tvorbě sněhových polí (Pilous, 2016). Severní svah, spadající k Bílé louce, je nejnižší s nejmírnějším sklonem a nachází se na něm zájmové území.

2.2.2 Studničná hora

Studničná hora má identické geologické a geomorfologické poměry jako Luční hora, významně se však liší ve své pozici v anemo-orografickém systému. Vlivem působení západního větru, který v této části Krkonoš převládá, dochází na východním svahu k turbulencím vzduchu. Právě ty daly jámám na východním úbočí Studničné hory jejich typický vzhled. V zimních obdobích totiž dochází k deflaci sněhu z náhorní plošiny Bílé louky vlivem větrného proudění a k jeho akumulaci do závětrných jam na východním úbočí (Jeník, 1961). Tyto jámy jsou nazvány Úpská, Velká studniční a Malá studniční a byly vymodelovány právě procesy spjatými s akumulací sněhu. Všechny kary (jak se také nazývají krkonošské jámy) spadají svými údolími do Obřího dolu, který je spolu s Labským dolem největším krkonošským ledovcovým údolím (Engel, 2014). Na jižním svahu Studničné hory se nachází nejrozlehlejší sněhové pole označované jako Mapa republiky, jejíž existence je též úzce spjatá s anemo-orografickým systémem. Když zimní severozápadní větry

přinášející velké množství sněhu vyfoukaného z Bílé louky proudí přes Modré sedlo, které stáčí proudění do nivační deprese na jižním svahu, dojde k depozici velkého množství sněhu (Jeník, 1961).

2.3 Anemo-orografický systém

Teorie anemo-orografických systémů formuloval prof. Jeník v publikaci *Alpínské vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: teorie anemo-orografických systémů* (Jeník, 1961). Teorie vysvětluje vznik charakteristicky bohatých botanických lokalit (tzv. krkonošských zahrádek), které se nacházejí v závětrných partiích Krkonoš (za tzv. hranami). Vznikly díky zvláštním fenoménům větrného proudění způsobeným reliéfovými zlomy, které stáčejí proud směrem dolů a vytvářejí tak v závětrném prostoru typické turbulence. Model anemo-orografického systému ve směru od západu k východu popisuje nejprve vodící návětrná údolí, kde se vzdušné proudy seřadí v jednom směru, poté následuje zrychlující vrcholová část, kde proud vzduchu zesílí a získá nadstandartní sílu, výsledným procesem je výše zmíněný turbulentní závětrný prostor, ve kterém dochází k sedimentaci pevných částic (sníh, led a částice sedimentu), pylu a semen rostlin. Právě tímto jevem je vysvětlována vysoká biodiverzita krkonošských zahrádek, vznik sněhových polí, převějí, lavinových svahů a druhově chudých vyfoukávaných míst. Zájmové lokality ovlivňuje nejvíce lokální vítr Bílého Labe, který se zvedá od západu, od Špindlerova Mlýna. U Luční boudy se vítr rozprostře na planinu Bílé louky, díky pozvolnému zvyšování planiny se zrychlí a záhy padá do Úpské jámy (Jeník, 1961).

2.4 Geomorfologie a Geologie

Vzhledem k vzájemné relativní blízkosti spadají obě zájmové lokality do stejného geomorfologického celku, a to do Hercynského systému, provincie I. Česká vysočina, subprovincie IV. Krkonošsko-jesenická soustava, oblasti IVA. Krkonošská oblast, celku IVA-7 Krkonoše, podcelku IVA-7A. Krkonošské hřbety a okrsku IVA-7A-b. Český hřbet (Demek et al., 2006). Součástí Českého hřbetu, který vznikl kontaktním zpevněním žulového masivu, jsou také Luční a Studničná hora (Demek, 1965). Paralelně s Českým hřbetem probíhá severně vyšší Slezský hřbet, který kopíruje státní hranici a vystupují z něj vrcholy Malý Šišák, Sněžka, Sokolník, Violík a Vysoké Kolo. Oba tyto hřbety jsou odděleny mimo jiné také údolím Bílého Labe, které

pramení na Bílé louce, nad kterou se z jižní strany tyčí Luční a Studničná hora. Hory v Krkonoších jsou kvůli svému stáří a složitému vývoji nápadně ploché. Byly formovány ve třech etapách geomorfologického vývoje, a to prekambrickým a prvohorním vrásněním, erozí a denudací v prvohorách a druhohorách. Na konci druhohor a ve třetihorách byl masív Krkonoš vyzdvihnut do dnešních nadmořských výšek (Dostál, 1953). Obě hory byly v pozdním pleistocénu tvarovány mrazovým zvětráváním za vzniku kryoplanačních teras, které dalo zejména Luční hoře a JZ svahu Studničné hory jejich typický pyramidovitý horizont (Soukupová et al., 1995). Geologické podloží tvoří Krkonošsko-jizerské krystalinikum, které je součástí lužické oblasti Českého masivu. Lokality leží v krkonošské části krystalinika, kde jsou matečnými horninami retrográdně metamorfované ruly a krystalické břidlice (migmatity) stáří prekambria nebo paleozoika s vložkami kvarcitu (Petránek et al. 2016).

2.5 Pedologie

Hlavním půdním typem na zájmovém území jsou modální rankery-půdy vyvinuté ze skeletových rozpadů silikátových hornin (regosolů) (UHUL, 2001). Tyto půdy jsou charakteristické nízkou intenzitou podzolizace a tím, že se do nich téměř

Obr. 4: Alpínské půdní formy na SZ svahu Luční hory. Autor: M. Depeš. červen 2018

neukládá surový humus díky intenzivnímu vysoušení a deflaci (Soukupová et al., 1995). Jedná se o zvláštní proces vzniku alpínské půdní formy (Obr. 4), která je typická

extrémní nenasyceností sorpčního komplexu, přítomností forem humusu nepříznivých svým obsahem živin a celkově extrémními růstovými podmínkami (Pašťalková et al., 2001).

Fenoménem vysokých partií Krkonoš jsou mrazové půdní formy (girlandové a polygonální půdy), které jsou charakteristické svým pravidelným ohraničením vytvořeným z vertikálně postavených úlomků matečné horniny. K formaci takovýchto polygonů dochází díky střídání zamrzání a roztávání půdního povrchu (regelace) a pohybům půdy způsobeným odtokem vody z jarního tání (soliflukce) (Soukupová et al., 1995).

2.6 Klimatické poměry území

Zájmové území spadá do chladné klimatické oblasti (CH4), která je charakteristická vysokým ročním úhrnem srážek (1000-1200 mm) a nízkou průměrnou roční teplotou (méně než 2 °C) (CHMI, 2010). Vegetační doba zde trvá 80-120 dní. Jedná se o území s velmi krátkým létem a velmi dlouhou zimou s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou. Jaro a podzim jsou období chladná a dlouhá (Quitt, 1971). Klimatická oblast, ve které se nachází zájmové lokality, je nejchladnější v České republice.

2.7 Hydrologie

Říční síť Krkonoš byla formována v průběhu třetihor a čtvrtohor. Jedná se o horní úseky toků, které mají všechny charakteristické rysy, jako je velký sklon koryta, prudkost a proměnlivost vodní hladiny toku a neustálené dno. Prameny řek obvykle v Krkonoších vyvěrají na místech terénních depresí, a proto zde vznikla četná rašeliniště a vrchoviště (UHUL, 2001). V blízkosti zájmového území, na Bílé louce a Úpském rašeliništi, pramení hned dvě významné krkonošské řeky – Bílé Labe a Úpa. Obě řeky spadají do povodí Labe. Ve Špindlerově Mlýně se Bílé Labe vlévá do Labe přitékajího z Labského dolu. Úpa se do Labe vlévá až v Jaroměři, vzdálené téměř padesát kilometrů. Elementy arkto-alpínské tundry zasahují také do hydrologických poměrů, a to zejména tvorbou růžencových toků. Na severozápad od vrcholu Studničné hory se dokonce nachází *locus classicus* tohoto arktického fenoménu, který dostal název Růžencový potok. Jde o sekvence tůní a peřejí vznikající vodní erozí, sedimentací a mrazovými procesy, jako je sněhová eroze

a soliflukce. Další, méně vyvinuté růžencové toky se vyskytují na Bílé louce pod Luční horou (Štursa et al., 2012).

2.8 Zařazení zájmového území do vegetačních jednotek

Třída: Arkticko-alpínská keříčková vegetace (AA-*Loiseleurio-Vaccinietea*)

Jedná se o vegetaci převážně kyselých hornin sdružující společenstva arktické tundry a alpínského pásma pohoří v boreální a temperátní zóně na severní polokouli. Charakteristické jsou nízké dřeviny z čeledi *Ericaceae*. V pohořích s relativně nízkými srážkami, jako jsou pohoří České republiky, Západní Karpaty nebo hory ve Skandinávii, převládají nízké a odolné keříky jako *Arctostaphyllus alpinus, Cassiope tetragona, Loiseleuria procumbens, Vaccinium gaultherioides, V. myrtillus, V. vitis-idaea, Empetrum nigrum* a *Calluna vulgaris,* ve Skandinávii se navíc vyskytuje ještě *Phyllodoce caerulea.* Druhy rodu *Rhododendron* se vyskytují v jižních pohořích Evropy (Alpy, Pyreneje, Východní Karpaty), protože vyžadují vyšší sněhovou pokrývku kvůli ochraně před mrazem. Charakteristickou složkou jsou také keříčkovité lišejníky rodů *Alectoria, Cladonia* nebo *Cetraria*. Arkto-alpínská keříčková vegetace se často vyskytuje v mozaice s acidofilními trávníky třídy *Juncetea trifidi* (Chytrý, 2010).

Svaz: Alpínská keříčková vegetace (AAA-*Loiseleurio procumbentis-Vaccinion*)

Svaz zahrnuje vegetaci vyfoukávaných hřebenů a návětrných svahů hor. Půdní profil bývá mělký a vysychavý. Druhová skladba tohoto svazu u nás je chudší než v Alpách, dominantní druhy jsou *Calluna vulgaris* a *Empetrum nigrum* a nejběžněji vyskytujícími se lišejníky jsou rody *Alectoria, Cladonia* a *Cetraria*. Svaz *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion* se v České republice vyskytuje ve Vysokých Sudetech na stanovištích spolu se svazem *Juncion trifidi*. V místech s hlubší sněhovou pokrývkou můžou být druhy *Calluna vulgaris* a *Empetrum nigrum* nahrazeny druhy *Vaccinium myrtillus* s absencí arkto-alpínských druhů lišejníků (Chytrý, 2010).

Asociace: Alpínská vřesoviště (AAA01-*Avenello flexuosae-Callunetum vulgaris*)

Jedná se o nízké porosty *Calluna vulgaris* doplněné *Vaccinium myrtillus* a *V. vitis-idaea*. Mechové patro bývá dobře vyvinuto a pokryto lišejníky rodů *Cladonia* nebo *Cetraria*. Sněhová pokrývka bývá nízká a brzy odtává, protože jsou stanoviště vyfoukávána větrem. Porostlá jsou kyselá stanoviště s mělkým půdním horizontem postiženým deflací substrátu a narušováním větrnou erozí. Tato asociace může být

dále rozdělena do dvou variant: 1. varianta *Juncus trifidus* (AAA01a), ve které spolu s mechorosty a lišejníky dominuje *Juncus trifidus* a 2. varianta *Carex bigelowii* (AAA01b), která je druhově chudší a tvoří přechod k zapojeným trávníkům z asociace *Carici bigelowii-Nardetum strictae* (Chytrý, 2010).

Třída: Alpínské trávníky (AB-*Juncetea trifidi*)

Jedná se o druhově chudou vegetaci kyselých hornin, která porůstá exponované vrcholy, hřebeny a skalnaté svahy. Rostliny, které jsou schopné přetrvávat klimatické podmínky těchto stanovišť, jsou trsnaté traviny jako *Carex* spp., *Festuca* spp., *Juncus trifidus* a *Nardus stricta*. Alpínské trávníky porůstají lokality s malým podílem humusu, jílových částic, a velkým podílem suti. Vyskytují se na místech vystavených intenzivnímu větrnému proudění s nízkou průměrnou roční teplotou, periodickým promrzáním horizontu a krátkou vegetační sezónou. Jsou rozšířené v kyselých pohořích Evropy, která přesahují horní hranici lesa, a v severských tundrách. Porosty této třídy se u nás nachází v nejvyšších polohách Vysokých Sudet a dominuje jim *Nardus stricta* nebo *Juncus trifidus*. Do této třídy spadá i vegetace sněhových výležisek, která zarůstají zejména *Avenella flexuosa* a *Nardus stricta* (Chytrý, 2010).

Svaz: Vyfoukávané alpínské trávníky (ABA-*Juncion trifidi*)

Svaz zahrnuje porosty tvořené nízkými trsy travin *Juncus trifidus, Festuca supina* a *Avenella flexuosa*. Jedná se o extrémní vyfoukávaná stanoviště s odvátou sněhovou pokrývkou a vysychavými půdami s opakovaným zamrzáním a rozmrzáváním (Chytrý, 2010).

Asociace: Kostřavové alpínské trávníky s lišejníky (ABA01-*Cetrario-Festucetum supinae*)

Kostřavové trávníky jsou nízké rozvolněné porosty, na jejichž druhovém složení se podílí málo druhů cévnatých rostlin. Dominantou porostů jsou *Festuca supina* a *Avenella flexuosa*, mechové patro nejčastěji pokrývají lišejníky rodů *Cladonia* a *Cetraria*. Byliny jsou zastoupeny vzácně, především se jedná o *Hieracium alpinum* agg. a keříčky *Calluna vulgaris* a *Vaccinium myrtillus* z vegetačních jednotek, které s kostřavovými alpínskými trávníky sdílejí ekologickou niku. Vyskytují se v alpínském stupni na mělkých, vyfoukávaných půdách s nízkou sněhovou pokrývkou, velkým podílem suti a mělkým humusovým horizontem. Často pokrývají mrazem tříděné girlandové a polygonální půdy. Existují tři varianty této asociace: 1. varianta *Festuca*

supina (ABA01a), která má jako dominantu *Festuca supina* a pokrývá nejsušší stanoviště, 2. varianta *Avenella flexuosa* (ABA01b), které dominuje *Avenella flexuosa* kvůli lepším vlhkostním a teplotním podmínkám, a 3. varianta *Nardus stricta* (ABA01c), která tvoří přechod k asociaci *Carici bigelowii-Nardetum strictae* a osídluje nejméně exponovaná místa (Chytrý, 2010).

Svaz: Zapojené alpínské trávníky (ABB-*Nardo strictae-Caricion Bigelowii*)

Jedná se o zapojenou travinnou vegetaci míst s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, která se v Čechách vyskytuje v Krkonoších a Hrubém Jeseníku. Půdy jsou typické vysokou vlhkostí a vyvinutou vrstvou surového humusu. Jde o společenstva porůstající polygonální a girlandové půdy s dominující *Nardus stricta* (Chytrý, 2010).

Asociace: Smilkové alpínské trávníky (*Carici bigelowii-Nardetum strictae*)

Smilkové trávníky jsou zapojené travinné porosty vyskytující se nad 1300 m n. m., ve kterých se uplatňuje především *Nardus stricta* nebo *Avenella flexuosa.* V porostu se mohou vyskytovat i další traviny a dvouděložné rostliny, např. *Anthoxanthum alpinum*, *Deschampsia cespitosa*, *Molinia caerulea*, *Bistorta major*, *Galium saxatile*, *Hieracium alpinum* agg., *Homogyne alpina*, *Solidago virgaurea* a jiné. Smilkové trávníky se na rozdíl od předchozích společenstev deflačních vrcholů a hřebenů vyskytují na kamenitých půdách s hlubším horizontem a v zimě jsou souvisle pokryty sněhovou pokrývkou po celou dobu. V minulosti byly tyto porosty hospodářsky využívány pastvou a kosením, a to přispělo k rozšíření smilky. V současnosti se díky znečištění a kyselým dešťům šíří na úkor smilky jiné druhy, např. *Anthoxanthum. alpinum, Calamagrostis villosa, Molinia caerulea, Avenella flexuosa* (Chytrý, 2010).

2.9 Vranec jedlový (*Huperzia selago*)

Vědecké jméno vrance jedlového je *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank & Mart. (Danihelka et al., 2012).

2.9.1 Systematické zařazení

Z hlediska systematického třídění patří vranec jedlový (*Huperzia selago*) do **třídy:** Equisetopsida, **podtřídy:** Lycopodiidae, **řádu:** Lycopodiales, **čeledi** Lycopodiaceae (APG., 2009).

Někteří autoři zařazují rod *Huperzia* do samostatné čeledi Huperziaceae a někteří podporují jeho zařazení do čeledi Lycopodiaceae *sensu lato* (Prieto et al., 2008).

2.9.2 Charakteristika

Vranec jedlový (*Huperzia selago*) je vytrvalá trsnatá bylina se vzpřímenou (starší mohou mít poléhavou), dichotomicky větvenou lodyhou. Trofofyly jsou umístěny na lodyze ve spirále a jsou čárkovitě kopinaté s celistvým, nebo nezřetelně zubatým okrajem. Sporofyly nevytváří výtrusnicové klasy, místo toho výtrusnice vznikají v paždí listů ve středních a horních částech lodyh (Hejný et al., 1988). Trofofyly se od sporofylů morfologicky liší pouze přítomností sporangií (Mártonfi, 2013). Výtrusnice jsou v mládí světlé a s dozráváním tmavnou. Spory jsou kulaté, mají na svém povrchu nepravidelně rozmístěné prohlubně a uvolňují se příčným puknutím vrcholu výtrusnice (eusporangiátní typ). Rozmnožuje se také opadavými pupeny vyrůstajícími na horních částech větví (Hejný et al., 1988). Vegetativní pupeny neboli bulbily jsou plně vyvinuté základy rostlin, které jsou schopny se vyvíjet hned po opuštění mateřské rostliny, a hrají tak důležitou roli při šíření druhu. Vzhledem ke dlouhému životnímu cyklu je nepohlavní reprodukční strategie v horských regionech adaptací na podmínky prostředí (Gola, 2008).

2.9.3 Ochrana

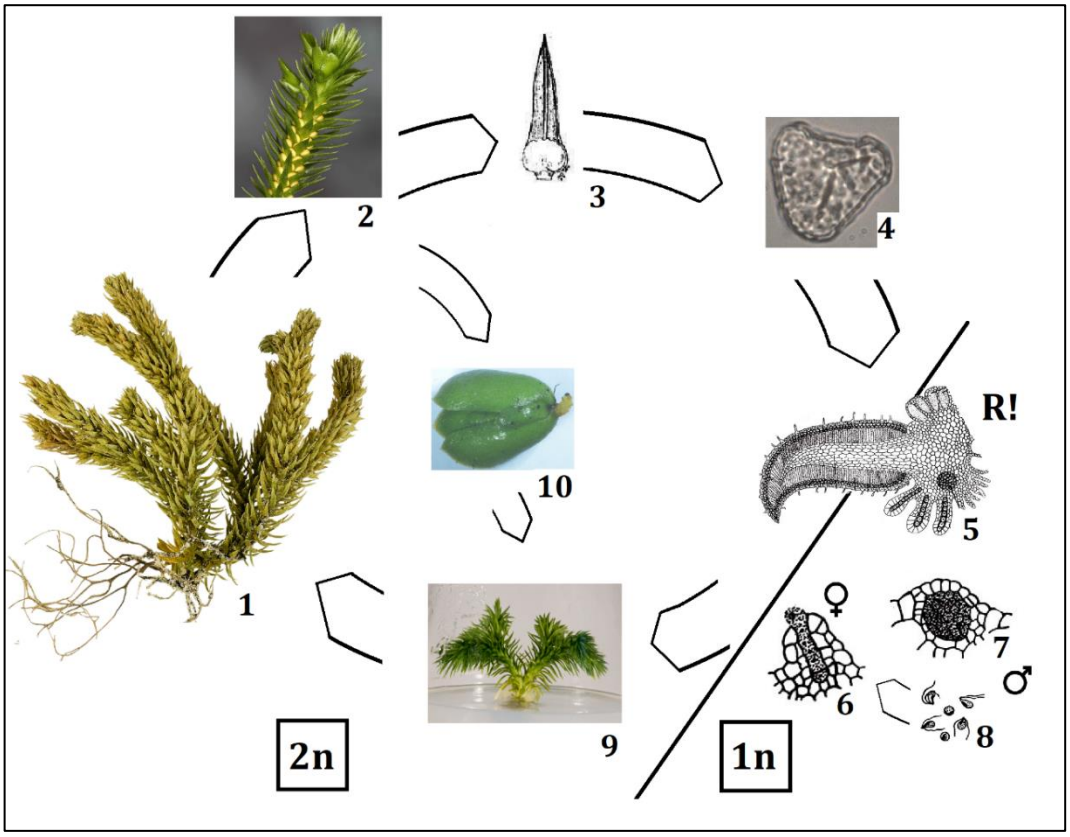
Vranec jedlový je v České republice chráněn podle Zákona České národní rady o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. doplněným Vyhláškou MŽP ČR č. 395/1992 Sb., s novelizací pozměňovací vyhlášky 175/2006 Sb. v kategorii §3 - ohrožený. Podle Černého a Červeného seznamu cévnatých rostlin spadá do kategorie C3-ohrožený (Grulich, 2012).

2.9.4 Ekologické nároky

Dle Ellenbergových indikačních hodnot je *Huperzia selago* z hlediska nároků na světlo generalistou (roste v polostínu a výjimečně na plném světle). Je indikátorem chladu (vyskytuje se v subalpínském stupni). Roste na půdách dobře zásobených vodou a vyskytuje se hlavně v živinami chudých a kyselých půdách, v neutrálních jen výjimečně (Příloha 1). Nesnáší zasolení (Chytrý et al., 2018) a je vysoce tolerantní k nedostatku kyslíku (Crawford et al., 1994). Vranec má svoje ekologické optimum v biotopech silikátových skal a drolin, alpínských trávnících na silikátech a v kosodřevinách (Sádlo et al., 2007). Vyskytuje se v lese i v bezlesí (Dřevojan, 2016).

2.9.5 Životní cyklus

Životní cyklus *Huperzia selago* je haplo-diploidní s heteromorfickou rodozměnou (Obr. 5), kdy diploidní sporofyt má v jádře 260 chromozomů (Rice et al., 2015).



Obr. 5: Schéma životního cyklu *Huperzia selago*. Zralý sporofyt (1) na terminálních částech větví (2) produkuje vegetativní pupeny-bulbily (10) a v paždí trofosporofylů vyrůstají sporangia (3). Zralé spory (4), které se ze sporangia uvolní, klíčí v gametofyt (5), na kterém probíhá meióza. Z gametofytu vyrůstají samčí a antheridia (7) a samičí archegonia (6). Biciliátní spermatozoidy (8) oplodní archegonium a na gametofytu vzniká embryo, které se vyvíjí v mladý sporofyt (9) (Vinter, 2004). Autor: M.Depeš.

2.9.6 Symbióza

Gametofyty některých zástupců rodu *Huperzia* žijí symbioticky arbuskulární mykorhizou se zástupci hub třídy Glomeromycota. Vzhledem k tomu, že mladý sporofyt je připojený ke gametofytu, houbové organismy asociované právě arbuskulární mykorhizou lze nalézt i na dospělém sporofytu (Winther et Friedman, 2008). Některé zdroje naopak uvádějí, že in vitro gametofyty jsou schopny žít bez mykorhizy bez výrazných morfologických či fyziologických změn (Whittier et Storchova, 2007). Sporofyty *Huperzia selago* jsou hostiteli řady endofytických hub z oddělení Ascomycota, především se jedná o zástupce tříd Dothideomycetes, Sordariomycetes, Leothiomycetes, a Pezizomycetes (Higgins, 2006).

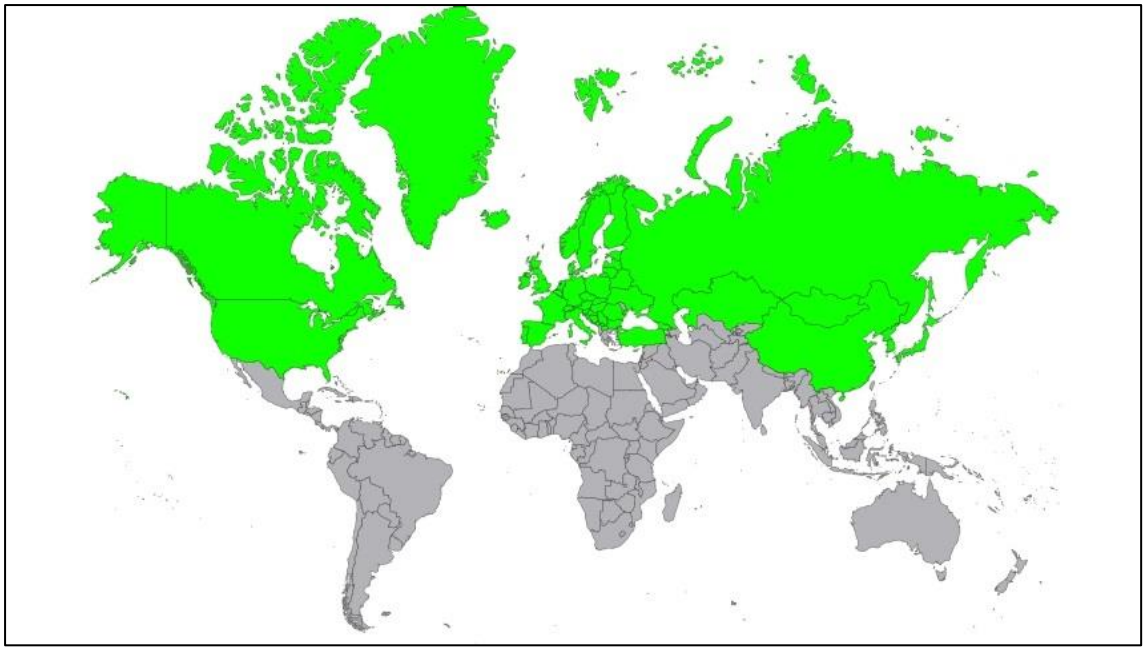
2.9.7 Využití ve farmakologii

Prýt *Huperzia selago* obsahuje Huperzin A, alkaloid, který je v současné době zkoumán pro potenciální využití při léčbě neurodegenerativních onemocnění (např. Alzheimerova choroba) (Szypuła et al., 2013). Je inhibitorem acetylcholinesterázy a má silnější účinek než léčiva používaná v dnešní praxi (Martin et al., 2011). Alkaloidové frakce izolované z *Huperzia selago* obsahující hlavně Lycopodin, Serratidin, Lycoposerramin-G jsou efektivní v eliminaci oxidativního poškození buněk a apoptózy při onemocněních způsobených stárnutím (Lenkiewicz et al., 2016).

2.10 Výskyt Huperzia selago

2.10.1 Celosvětové rozšíření

Celosvětový areál *Huperzia selago* se uvádí jako cirkumpolární (Kühn et Klotz, 2002), z velké většiny se tento druh vyskytuje na severní polokouli (Obr. 6). Je třeba zmínit, že v některých světových regionech se zdaleka nevyskytuje na celém jejich území. Například v Rusku se jedná o východoevropskou část, Chabarovsk, Krasnojarsk, severozápad evropské části Ruska, Sachalin, západní část Sibiře a Jakutsk (WSCP, 2019). V Číně jsou to provincie Ťi-lin (Z) a Sin-ťiang (V) (Zhang et Iwatsuki, 2013). V Kanadě jsou to především provincie Alberta, Britská Kolumbie, Labrador, Manitoba, Nový Brunšvik, Newfoundland, Nové Skotsko, Severozápadní teritoria, Nunavut, Ontario, Québec, Saskačevan a Yukon. V USA se jedná o Connecticut, Massachusetts, Maine, Michigan, Minnesotu, New Hampshire, New York, Vermont a Wisconsin (Hassler et Schmitt, 2019).



Obr. 6: Mapa celosvětového výskytu Huperzia selago. Informace o výskytu z databází (GBIF, 2017; Hassler et Schmitt, 2019; WSCP, 2019) doplněné do mapového podkladu (amcharts.com, 2014). Autor: M.Depeš

2.10.2 Výskyt *Huperzia selago* nad horní hranicí lesa v Krkonoších

Horní hranice lesa v Krkonoších probíhá v průměrné nadmořské výšce 1230 m n. m. a oblast alpínského bezlesí zaujímá přibližně 5500 ha (Treml et Banaš, 2003). Přirozená hranice lesa je tvořena výskytem smrku ztepilého (*Picea abies*), jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) a javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) a porosty borovice

kleče (*Pinus mugo*) (Treml et Migoń, 2015). Významné krajinné prvky jako jsou vrcholy hor, skalní útvary, sedla, kary, návrší a horské boudy nad horní hranicí lesa, v jejichž blízkosti byly zaznamenány historické nálezy *Huperzia selago*

Obr. 7: Porost *Huperzia selago* na severním svahu Studniční hory. Autor: M.Depeš, červen 2019.

v Krkonoších jsou (v závorce uvedeny nadmořské výšky): Sněžka (1603), Luční hora (1555), Studničná hora (Obr. 7) (1554), Vysoké kolo (1509), Violík (1472), Stříbrný hřbet (1460), Malý Šišák (1440), Kotel (1435), Zadní planina (1423), Mužské kameny (1417), Zlaté návrší (1411), Čertova louka (1410), Svorová hora (1410), Luční bouda (1405), Obří sedlo (1395), Růžová hora (1391), Sokolník (1384), Liščí hora (1363), Výrovka (1355), Lysá hora (1344), Labská bouda (1340), Pančavská louka (1325), Černá hora (1299), Úpská jáma (1290), Petrova bouda (1288), Zadní Rennerovky (1250). Nejstarší záznam výskytu v Krkonoších pochází z Vysokého kola, byl zaznamenán botanikem Tadeášem Haenkem v zápiscích z expedice České společnosti nauk v roce 1789 (Jeník, 1985). Největší počet historických záznamů pochází z nejvyšších vrcholů jako je Sněžka, Studničná a Luční hora a také z okolí botanicky významných zahrádek ležících v karech nad horní hranicí lesa (Velká a Malá Kotelní jáma) (Příloha 2).

2.10.3 Výskyt *Huperzia selago* nad horní hranicí lesa v Hrubém Jeseníku

Horní hranici lesa v pohoří Hrubý Jeseník nalézáme v průměrné nadmořské výšce 1310 m n. m. a území, které se nad touto hranicí nachází, zaujímá rozlohu 1048 ha (Treml et Banaš, 2003). Přirozená hranice lesa je tvořena stejnými dřevinami

(Treml et Migoń, 2015), jako tomu je v Krkonoších s tím rozdílem, že borovice kleč (*Pinus mugo*) zde byla v minulosti uměle vysazena (Hošek, 1976), a tudíž zde není její přirozenou součástí. Významné krajinné prvky, jako jsou vrcholy hor, v jejichž blízkosti byly zaznamenány historické nálezy *Huperzia selago* v Hrubém Jeseníku (v závorce uvedeny nadmořské výšky) jsou Praděd (1491), Vysoká hole (1464), Petrovy kameny (1446), Keprník (1423), Velký Máj (1386), Vozka (1377), Malý Děd (1368), Jelení hřbet (1367), Břidličná hora (1358), Žalostna (1351), Šerák (1350), Mravenečník (1343), Červená hora (1333), Pecný (1330), Spálený vrch (1312), Pec (1311). Nejstarší záznam výskytu v pohoří Hrubý Jeseník pochází z nejvyššího vrcholu Praděd, jedná se o položku v Herbáři Ústavu botaniky a zoologie přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně sebranou v roce 1860 botanikem Jakubem Kalmusem (Wild et al., 2019). Největší frekvence nálezů na území Hrubého Jeseníku je na historicky nejnavštěvovanějších a turisticky nejatraktivnějších místech, jako jsou Praděd, Petrovy kameny, Vozka a Keprník (Příloha 2).

2.10.4 Výskyt *Huperzia selago* nad horní hranicí lesa na Kralickém Sněžníku

Přirozená horní hranice lesa na Králickém Sněžníku (1424 m n. m.) probíhá v průměrné nadmořské výšce 1305 m n. m. a je tvořena identickými dřevinami jako v Hrubém Jeseníku (Treml et Migoń, 2015). Nejstarší objev pochází z roku 1970 v rámci Celostátního floristického kursu Lanškroun a je zapsán do databáze NDOP (Wild et al., 2019) (Příloha 2).

3 Metodika

3.1 Přehled historických záznamů

Pro část práce věnující se vyhledávání informací o historickém výskytu *Huperzia selago* nad horní hranicí lesa v ČR byla zvolena veřejně dostupná internetová databáze Pladias (Wild et al., 2019). Pomocí základní topografické mapy obsažené v aplikaci MapoMat byly zakresleny všechny lokality nad horní hranicí lesa (Treml et Banaš, 2000). Název lokality spolu s její nadmořskou výškou, počtem záznamů nalezených v databázi a nejstarší objevený záznam z dané lokality jsou uvedeny v tabulce (Příloha 2). Data z inventarizačních průzkumů institucí spravujících zájmová území jsou na jednotlivých lokalitách v databázi uvedeny formou několika záznamů v rámci jedné mapovací akce (např. Botanický inventarizační průzkum KRNAP v roce 2012), tyto údaje byly pro každý průzkum a každou lokalitu zapsány do výsledné tabulky pouze jednou.

3.2 Pozorování vegetativního rozmnožování *Huperzia selago* na trvalých plochách

Pozorování vegetativního rozmnožování *Huperzia selago* probíhalo na plochách trvale vymezených Mgr. Sylvou Hučkovou v rámci její diplomové práce (Hučková, 2017). Tyto trvalé plochy byly založeny 30.10. 2015, mají tvar čtverce o rozměrech 50 x 50 cm (Obr. 8) a nacházejí se na lokalitách na severních svazích Luční a Studničné hory v Krkonoších. Původně bylo založeno celkem 13 ploch (7 na Luční hoře a 6 na Studničné hoře) za účelem pozorování vegetativního rozmnožování *Huperzia selago* v konkurenci s dalšími druhy konkrétního subalpínského rostlinného společenstva, jako jsou *Carex bigelowii*, *Hieracium* sp., *Vaccinium vitis-*

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5
C1	C2	C3	C4	C5
D1	D2	D3	D4	D5
E1	E2	E3	E4	E5

Obr. 8: Schéma odečítacího čtverce dle Hučkové 2017.

idaea, *Vaccinium myrtillus* a zástupci lišejníků a mechorostů (Hučková, 2017). Vzhledem k nedostatečnému označení ploch nebylo možné i přes detailní fotodokumentaci a GPS souřadnice dvě plochy na lokalitě Luční hora zpětně dohledat, tudíž recentní práce zahrnuje pozorování z celkem jedenácti ploch (5 na Luční hoře a 6 na Studniční hoře). Monitorovací plochy o rozměrech 50 x 50 cm byly v rámci předchozího i současného monitoringu dále rozděleny na 25 dílčích čtverců o ploše 10x10 cm (Obr. 8).

Monitoring, zaměřený na získání dat o pokryvnosti cévnatých rostlin, lišejníků a mechorostů na jednotlivých monitorovacích plochách, proběhl v srpnu 2018. V každém z 25 dílčích čtverců byly zaznamenávány procentuální pokryvnosti jednotlivých druhů, které byly následně přepočteny na celou trvalou monitorovací plochu. Tato data byla porovnána s daty z roku 2016 (Příloha 3).

Stejným způsobem byly pozorovány charakteristiky jedinců *Huperzia selago*, konkrétně počet jedinců, výška a počet větvení jedinců v rámci jednotlivých ploch, tyto charakteristiky byly dále zpracovány a zaneseny do tabulek a grafů (Přílohy 4, 5). Počet vegetativních propagulí (bulbil) v dílčích čtvercích byl pro každé pozorování zanesen do tabulky (Přílohy 6a, 6b, 6c).

V práci jsou zahrnuta celkem tři pozorování, a to 30. 10. 2015, 9. 9. 2016, 23. 9. 2018. Pokryvnosti všech druhů cévnatých rostlin, lišejníků a mechorostů jsou uvedeny v Braun-Blanquetově stupnici i v % (Westhoff et van der Maarel, 1978) (Tab.1).

Tab. 1: Stupnice použitá k vyjádření pokryvností druhů cévnatých rostlin, lišejníků a mechorostů.

stupeň	pokryvnost snímkované plochy v %
r	jeden nebo několik málo jedinců s nepatrnou pokryvností (cca 1%)
+	roztroušený výskyt s pokryvností nižší než 5%
1	hojný výskyt s velmi malou pokryvností nebo méně početný druh s větší pokryvností, vždy však nižší než 5% plochy
2m	početný druh s pokryvností cca 5%
2a	druh s pokryvností 5 až 15% bez ohledu na počet jedinců
2b	druh s pokryvností 15 až 25% bez ohledu na počet jedinců
3	druh s pokryvností 25 až 50% bez ohledu na počet jedinců
4	druh s pokryvností 50 až 75% bez ohledu na počet jedinců
5	druh s pokryvností 75 až 100% bez ohledu na počet jedinců

Statistické vyhodnocení výsledků monitoringu bylo provedeno v programu Excel s využitím techniky lineární regrese a F-testu. Byla testována závislost změn pokryvnosti *Huperzia selago* na změnu pokryvností cévnatých rostlin (Tracheophyta), lišejníků (Lichenes) a mechorostech (Bryophytes), dále na pokryvnostech dominant ve snímcích, tj. metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*) a vřesu obecného (*Calluna vulgaris*). Z měřených parametrů na jednotlivých rostlinách *Huperzia selago* v trvalých plochách byla testována závislost počtu bulbil na 1 rostlině na průměrné výšce rostliny *Huperzia selago*.

Nomenklatura cévnatých rostlin je v práci sjednocena podle Seznamu cévnatých rostlin květeny České republiky (Danihelka et al., 2012), rostlinných společenstev podle Vegetace České republiky (Chytrý et al., 2010), mechorostů podle Bryoflóry České republiky (Kučera et al., 2012) a lišejníků podle Katalogu lišejníků České republiky (Vězda et Liška, 1999). Lišejníky pozorované v rámci této práce určil RNDr. Josef Halda, Ph.D.

3.3 Studium klíčení bulbil v laboratorních podmínkách

Testy klíčení probíhaly u 200 bulbil sebraných z lokalit (100 z Luční hory a 100 ze Studniční hory), probíhaly na přírodním substrátu odebraném v terénu. Sběr materiálu proběhl v září 2018 a do zahájení experimentu 5.11.2018 byly bulbily skladovány v papírovém sáčku v pokojové teplotě. Pro účely testů klíčivosti bylo využito celkem 8 Petriho misek o průměru 14 cm vystlaných nejprve celulózou, a poté přiměřeným množstvím přírodního substrátu odebraného přímo na lokalitách, na který bylo nakladeno celkem 25 bulbil do každé P-misky. Takto připravené uzavřené misky byly po celou dobu experimentu udržovány vlhké pravidelným rosením. Misky byly poté popsány podle lokality jejich původu a typu stratifikace, kterému byly vystaveny. Pro pokus byly vybrány dva typy stratifikace, a to stratifikace chladem (označená jako CHS) a stratifikace v přírodě blízkých podmínkách (označená jako NS) odvozených z předchozích měření teplotních poměrů na monitorovaných lokalitách pomocí dataloggerů. Výsledky úspěšnosti testů klíčení byly znázorněny pomocí tabulky. Vliv typu stratifikace na klíčení bulbil, resp. tvorby kořínků a vzrostných vrcholů, ale též vlivu původu bulbil (Luční hora, Studničná hora) na jejich klíčení byly testovány pomocí F-testu v programu Excel.

3.3.1 Chladová stratifikace

Pozorování chladové stratifikace probíhalo celkem ve čtyřech opakováních (označených jako LH CHS a, LH CHS b, SH CHS a, SH CHS b). Test byl založen 5. 11. 2018 a byl ukončen 6. 6. 2019. Jedná se o ověřenou metodu, používanou v Bance semen ohrožených druhů rostlin Krkonoš (Zahradníková et Harčariková 2013) a spočívá ve fluktuaci teplot za účelem přerušení dormance semen cévnatých rostlin.

Časový harmonogram chladové stratifikace:

1 týden – laboratorní teplota (20 °C)

5 měsíců – lednice (teplota 5 °C)

2 měsíce – klimatická komora (střídání teplot noc 8 h/5 °C a den 16 h/18 °C)

1 měsíc – laboratorní teplota (20 °C)

Pro tuto metodu stratifikace byla využita lednice Electrolux ERF2504 (Obr. 9) a klimatická komora Memmert HPP 110 (Obr. 10). Po uplynutí pěti měsíců stratifikace chladem a přesunu experimentu do klimatické komory nastalo období pravidelných týdenních kontrol a pozorování morfologických změn vegetativních propagulí (9.5.2019-6.6.2019). Pokus byl ukončen 6. června 2019. Změny byly

Obr. 9: Stratifikace chladem realizovaná v lednici Electrolux ERF2504. Autor: M.Depeš

pravidelně pozorovány stereomikroskopem SZP 1102-T Zoom, zaznamenány, fotodokumentovány a následně vyhodnocovány. Fotografie stádií klíčení bulbil byly pořízeny kamerou Nikon DS-Ri2 spojenou se stereolupou Nikon SMZ25.

3.3.2 Přírodě blízká stratifikace

Tento experiment měl co nejvěrněji napodobit přírodní podmínky lokalit, kterým byly vystaveny 4 misky s bulbilami (označené LH NS a, LH NS b, SH NS a, SH NS b), byl založen 5. 11. 2018 a ukončen 25. 4. 2019. Pro nastavení klimatické komory byly využity denní a noční teploty změřené dataloggery v roce 2016 Mgr. Sylvou Hučkovou. Z naměřených hodnot teplot byly vypočítány průměry, minima a maxima pro jednotlivé měsíce (Příloha 7). Teplotní data byla zadána do programu ATMOcontrol společně s přibližnou délkou oslunění v daném období, získanou ze serveru www.meteogram.cz (Příloha 7). Program ATMOcontrol slouží jako softwarový vstup pro klimatickou komoru Memmert HPP 110 (Obr. 10), kde test klíčivosti bulbil v přírodě blízkých podmínkách probíhal od 28. 12. 2018 do 25. 4. 2019. Během experimentu byly prováděny pravidelné týdenní kontroly a pozorování morfologických změn vegetativních propagulí. Tyto změny byly pravidelně zaznamenány, fotodokumentovány a následně vyhodnoceny.

Obr. 10: Klimatická komora Memmert HPP 110. Autor: M.Depeš

4 Výsledky

4.1 Vegetativní šíření *Huperzia selago* a změny pokryvností cévnatých rostlin, lišejníků a mechorostů na trvalých plochách

Na všech trvalých monitorovacích plochách na Luční a Studniční hoře byly zaznamenány pokryvnosti tří kategorií sledovaných organismů (cévnatých rostlin, lišejníků a mechorostů) včetně jednotlivých druhů v těchto kategoriích (Příloha 3).

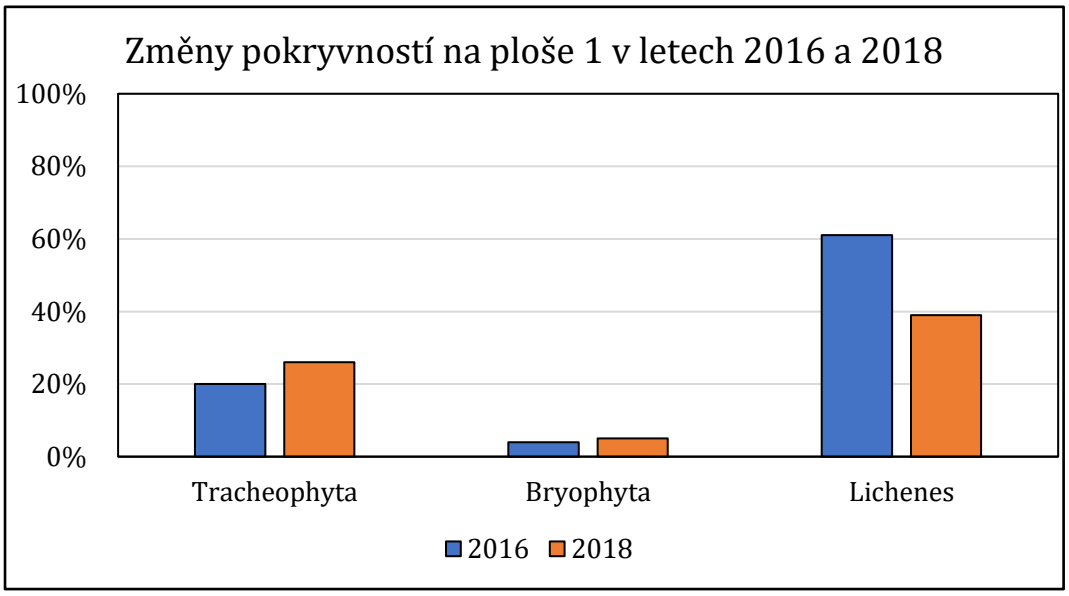
Změny v pokryvnostech sledovaných organismů byly vyjádřeny pomocí grafů spolu s porovnáním změn pokryvnosti *Huperzia selago*. Pro přehlednost jsou u každé monitorovací plochy v kapitole Výsledky přítomny grafy procentuálních změn pokryvností sledovaných organismů, výškových kategorií *Huperzia selago* a změn počtu bulbil. Pro lepší vizualizaci změn byly vytvořeny souhrnné grafy a tabulky těchto charakteristik.

4.1.1 Luční hora

Plocha 1

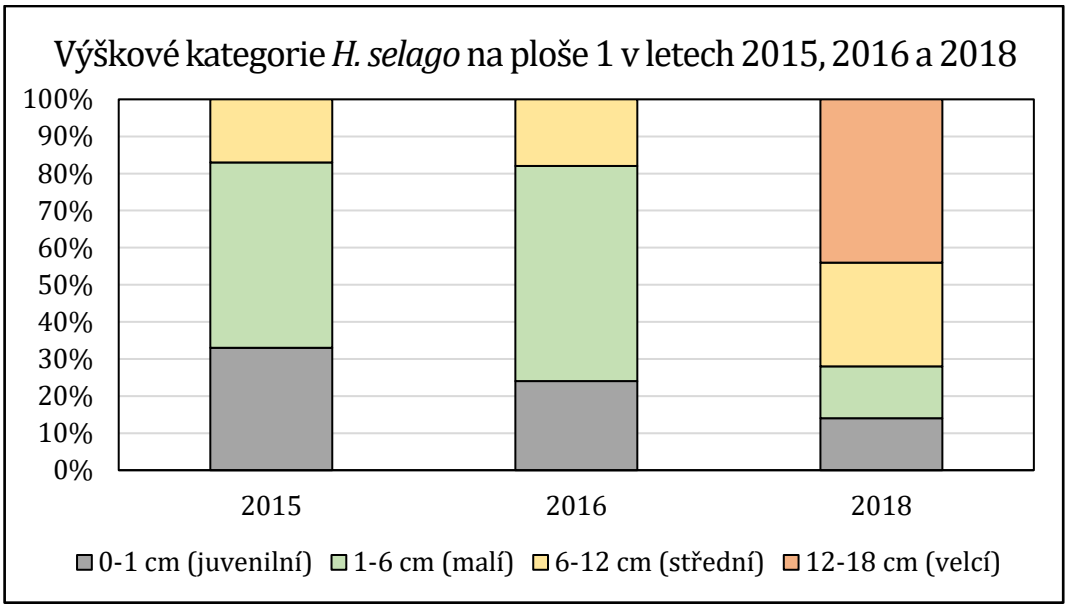
Monitorovací plocha 1 se nachází na Luční hoře (50°43'42.580"N, 15°41'3.969"E) v nadmořské výšce 1524 m. Jedná se o nejvýchodněji položenou pozorovací plochu na Luční hoře. Plocha je specifická vysokým podílem suti porostlé lišejníkem *Rhizocarpon geographicum* a místy vyplněné trsy *Avenella flexuosa*.

Obr. 11: Plocha č. 1. Autor: M. Depeš, červen 2019.

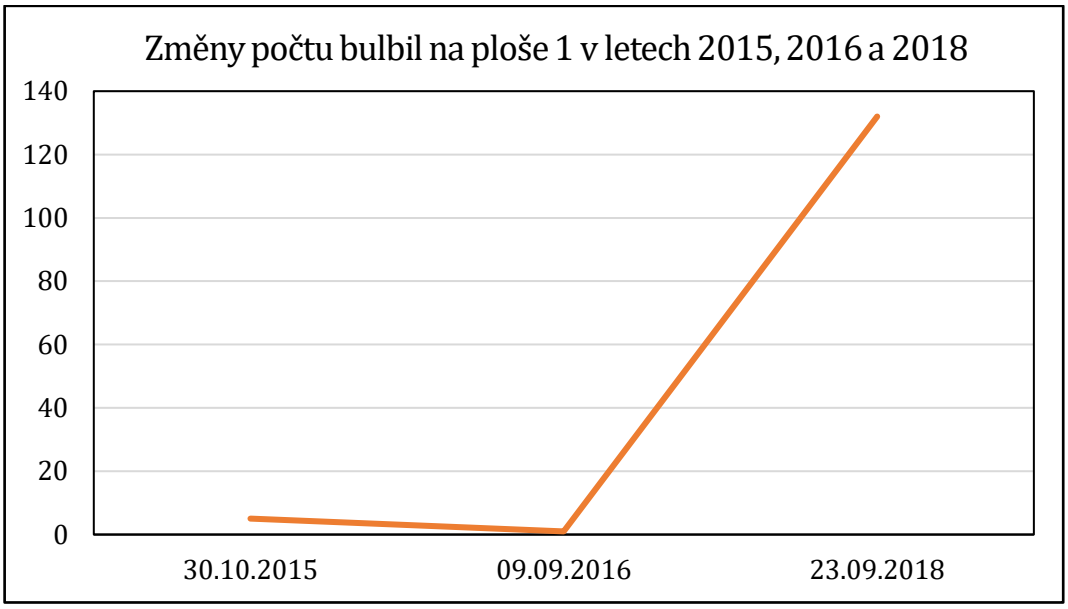


Obr. 12: Změny pokryvností na ploše 1 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 1 v průběhu trvání experimentu došlo ke změně výškového spektra ve prospěch vyšších jedinců *Huperzia selago*. Počet vegetativních propagulí se v období mezi lety 2016 a 2018 zvýšil o 131.



Obr. 13: Výškové kategorie H. selago na ploše 1 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.



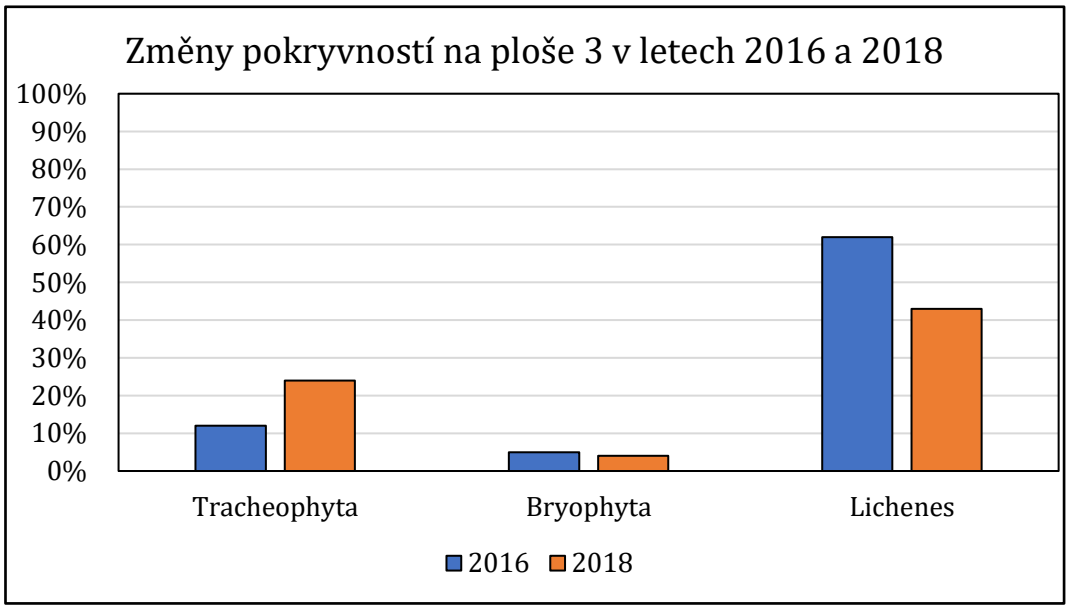
Obr. 14: Změny počtu bulbil na ploše 1 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období vzrostla o 4 %, počet jedinců zůstal po dobu pokusu konstantní (7). Jedinci se významně rozvětvili (z 2,9 na 4,7 větve na jedince) (Příloha 4). Významně poklesla pokryvnost lišejníků (o 15 %, z toho *Porpidia tuberculosa* o 13 %) (Příloha 3).

Plocha č.3

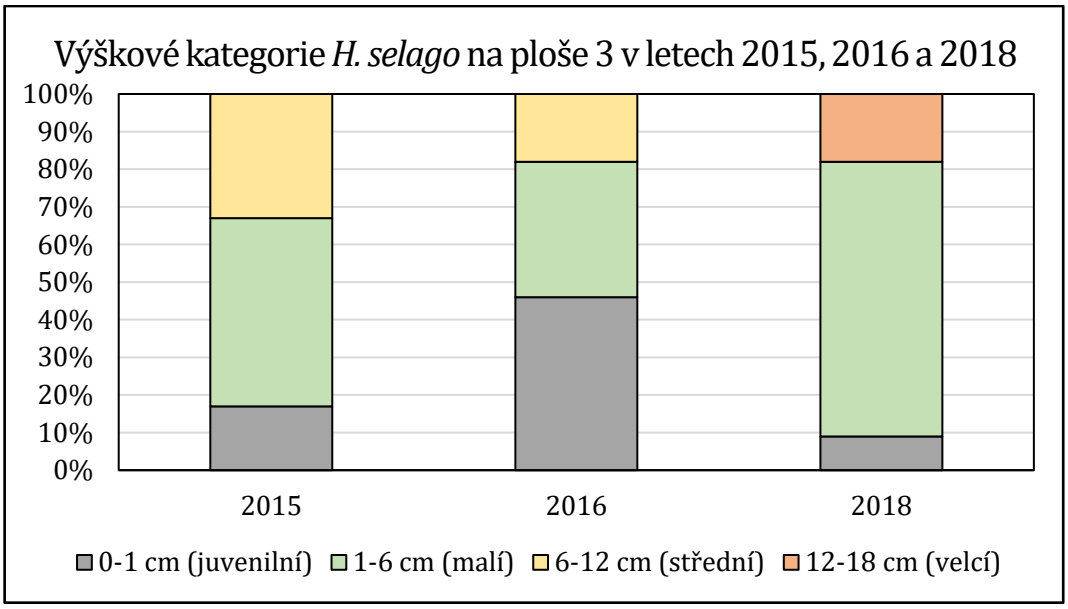
Plocha 3 se nachází na Luční hoře (50°43'42.510"N, 15°41'3.452"E) v nadmořské výšce 1526 m. Je typická vysokým podílem suti, která je vyplněná trsy *Avenella flexuosa*. Nachází se zde také relativně vysoké procentuální zastoupení lišejníků.

Obr. 15: Plocha č. 3. Autor: M. Depeš, červen 2019.

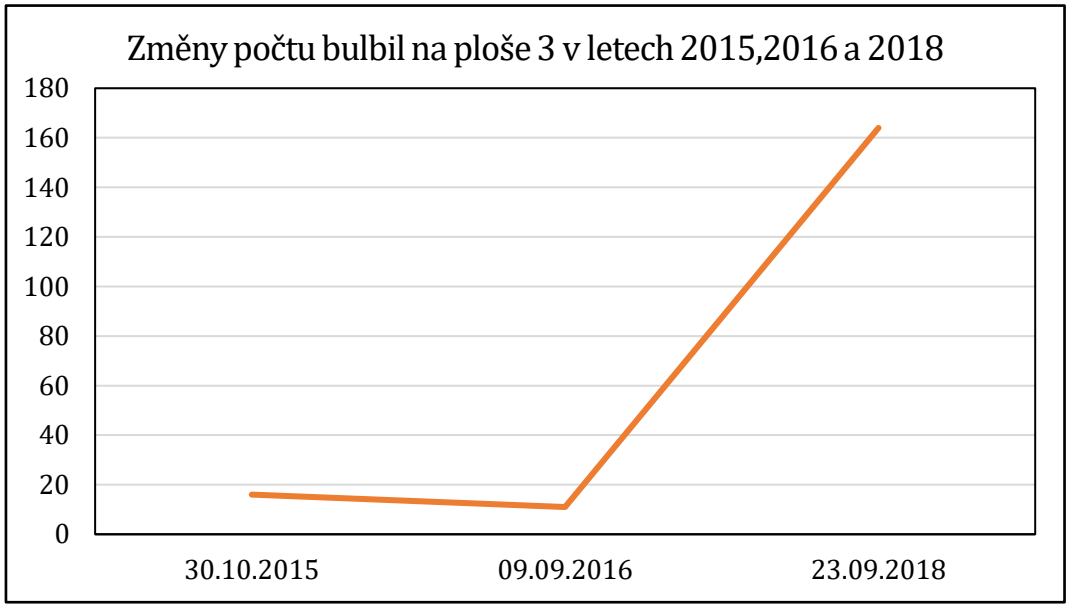


Obr.16: Změny pokryvností na ploše 3 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 3 v průběhu trvání experimentu došlo posunutí výškového spektra *Huperzia selago* směrem k jedincům větším než 12 cm. Počet vegetativních propagulí se v období 2016-2018 zvětšil o 153.



Obr. 17: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 3 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.



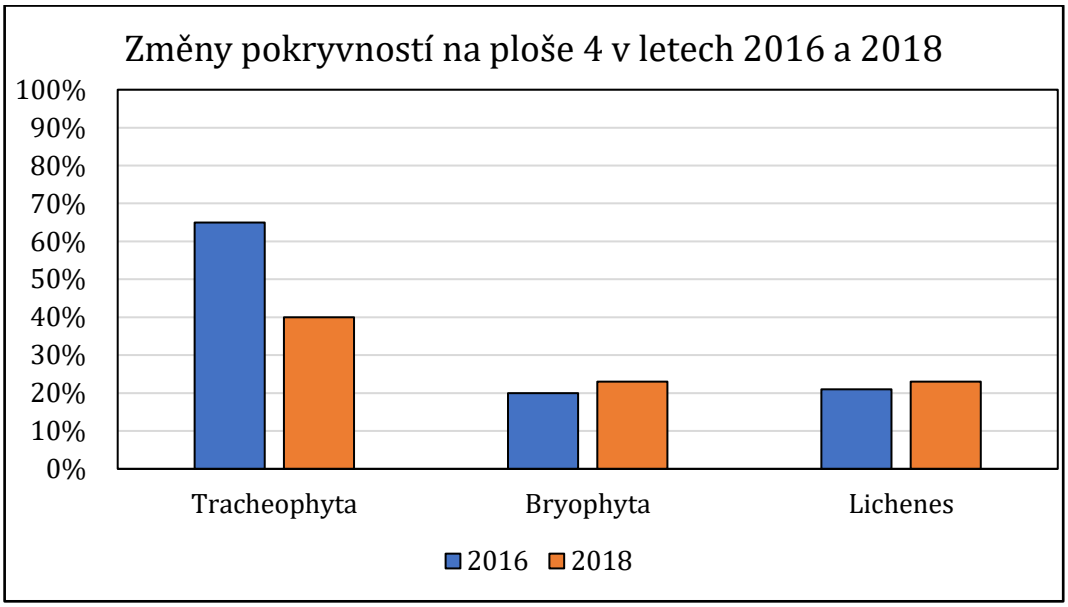
Obr. 18: Změny počtu bulbil na ploše 3 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období vzrostla o 3 % a počet jedinců vzrostl z původních 7 na 11. Průměrný jedinec má 5,5 větve, v roce 2015 měl 2,3 (Příloha 4). Významně se snížila pokryvnost lišejníků *Porpidia tuberculosa* (o 19 %) a *Rhizocarpon geographicum* (o 10 %)(Příloha 3).

Plocha č. 4

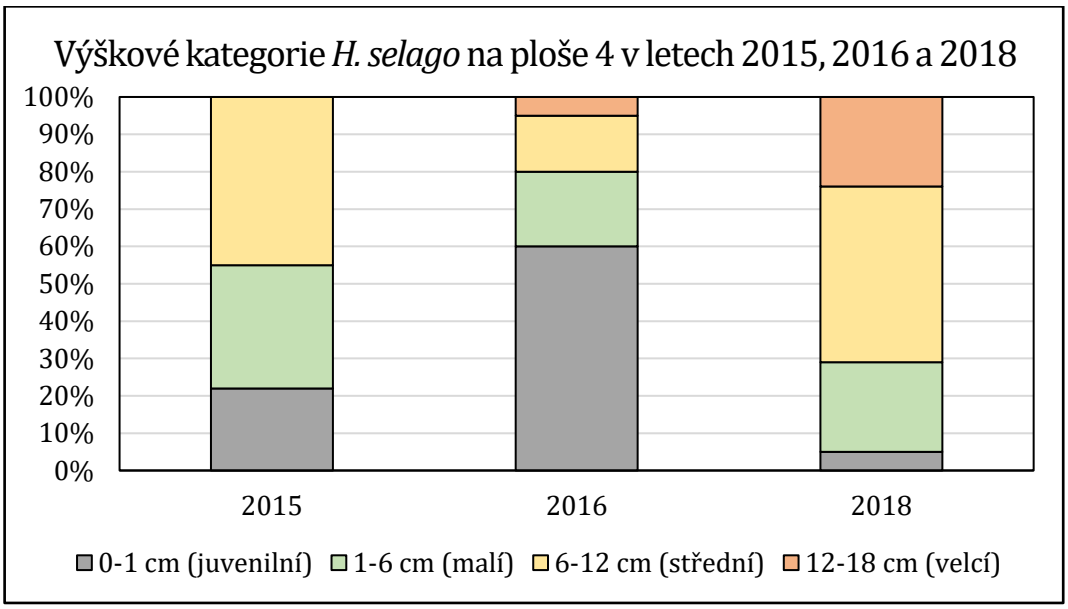
Plocha 4 se nachází na Luční hoře (50°43'43.910"N, 15°41'2.318"E) v nadmořské výšce 1519 m. Je specifická vysokou pokryvností cévnatých rostlin (zejména *Avenella flexuosa* a *Huperzia selago*), dále mechorostů a výskytem lišejníku *Cetraria islandica*.

Obr. 19: Plocha č. 4. Autor: M. Depeš, červen 2019.

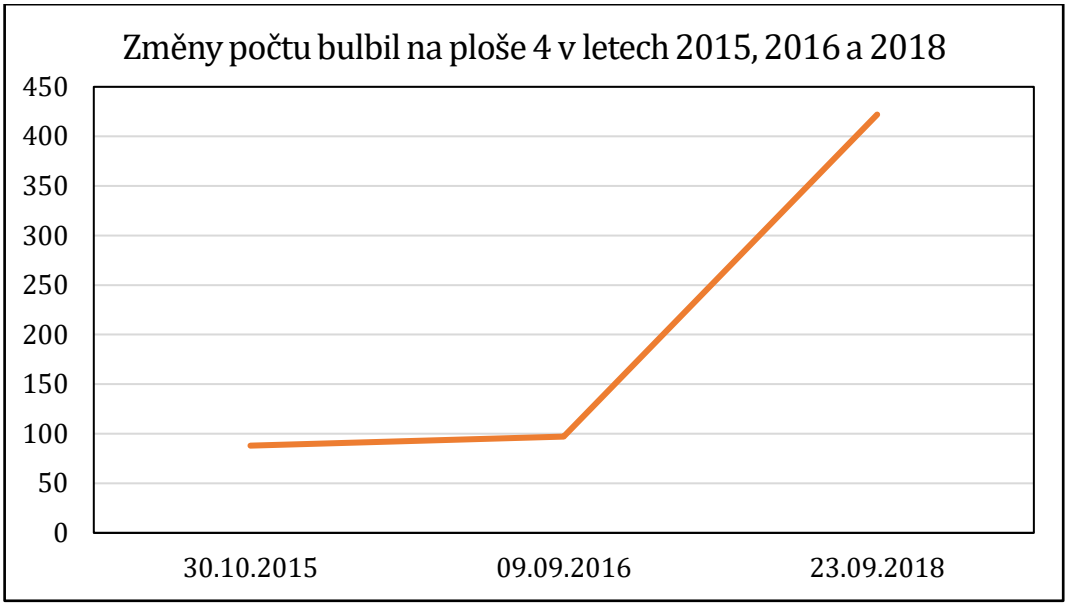


Obr. 20: Změny pokryvností na ploše 4 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 4 v průběhu trvání experimentu došlo v letech 2015 až 2016 k prodlužovacímu růstu a k propagaci nových juvenilních jedinců *Huperzia selago*. V letech 2016-2018 se propagace téměř zastavila a docházelo pouze k prodlužovacímu růstu.



Obr. 21: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 4 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.



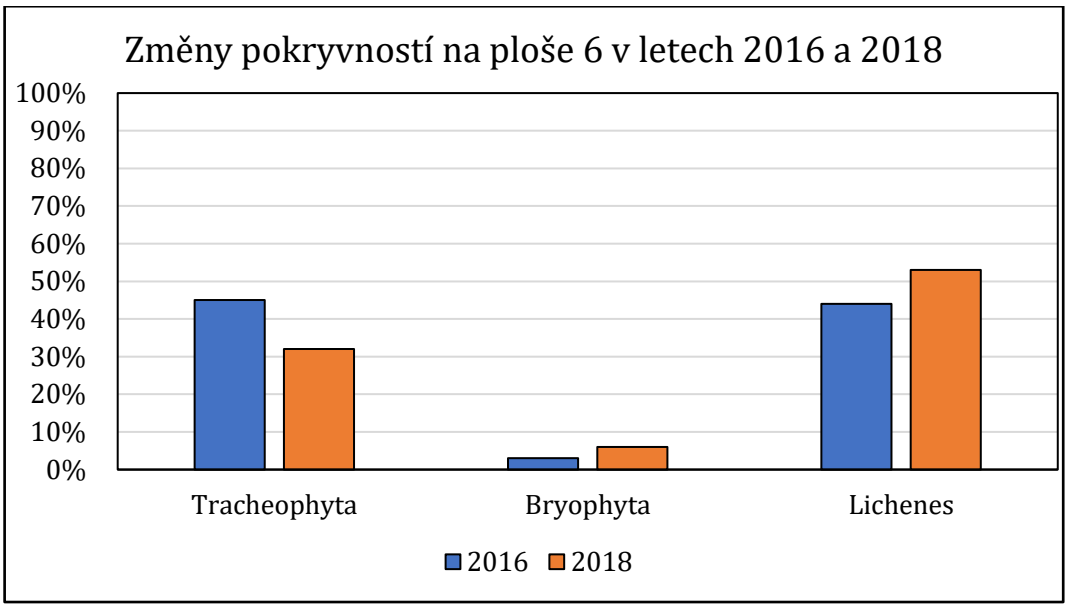
Obr. 22: Změny počtu bulbil na ploše 4 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období vzrostla o 4 % a počet jedinců se zvýšil o 7 (z 11 na 18). Počet větví průměrného jedince se zvýšil z 2,7 na 5,4 (Příloha 4). Došlo zde k poklesu pokryvnosti cévnatých rostlin (*Avenella flexuosa* o 29 %)(Příloha 3).

Plocha č.6

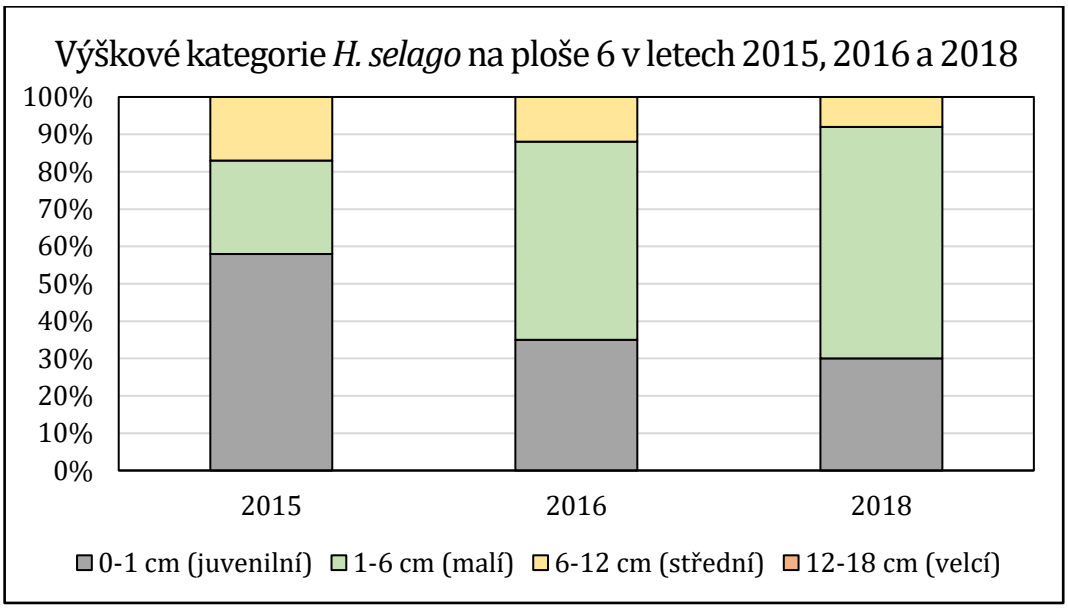
Plocha 6 se nachází na Luční hoře (50°43'44.021"N, 15°41'1.608"E) v nadmořské výšce 1519 m. Je typická nižším podílem suti, která je porostlá lišejníkem *Alectoria ochroleuca.*

Obr. 23: Plocha č. 6. Autor: M. Depeš, červen 2019.

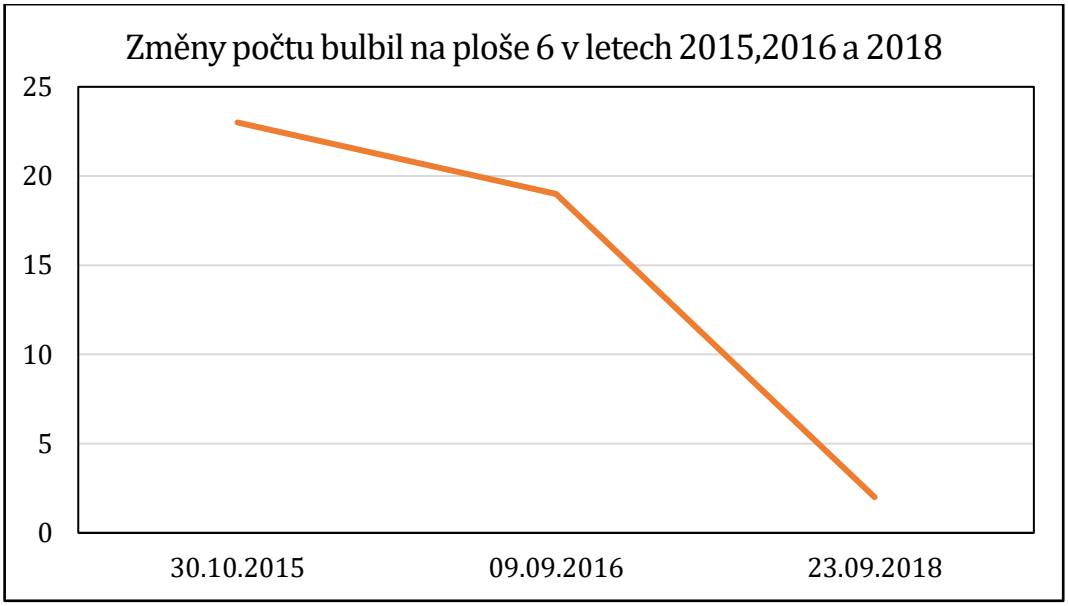


Obr. 24: Změny pokryvností na ploše 6 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 6 v průběhu trvání experimentu došlo k poklesu počtu juvenilních a středně velkých jedinců *Huperzia selago* a nárůstu malých jedinců (výška do 6 cm). Počty bulbil vykazovaly v průběhu experimentu pokles, v období 2016 až 2018 se jejich počet snížil o 17.



Obr. 25: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 6 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.



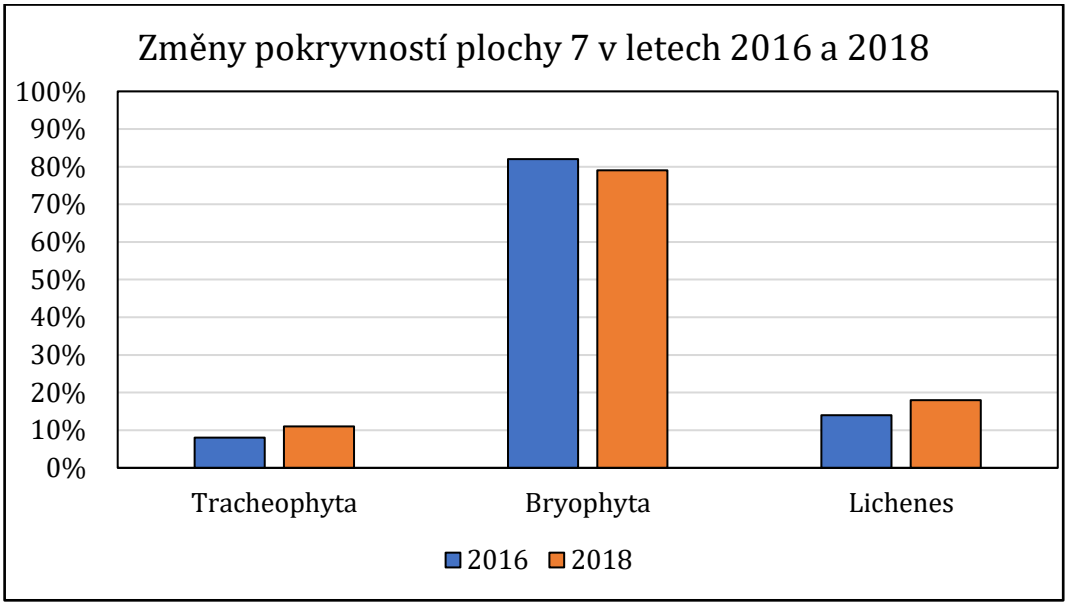
Obr. 26: Změny počtu bulbil na ploše 6 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období vzrostla o 1 % a počet jedinců vzrostl z 12 na 20. Počet větví průměrného jedince se mírně snížil (Příloha 4). Došlo zde k celkovému poklesu pokryvnosti cévnatých rostlin o 13 % a nárůstu pokryvnosti lišejníků o 13 % (Příloha 3).

Plocha č.7

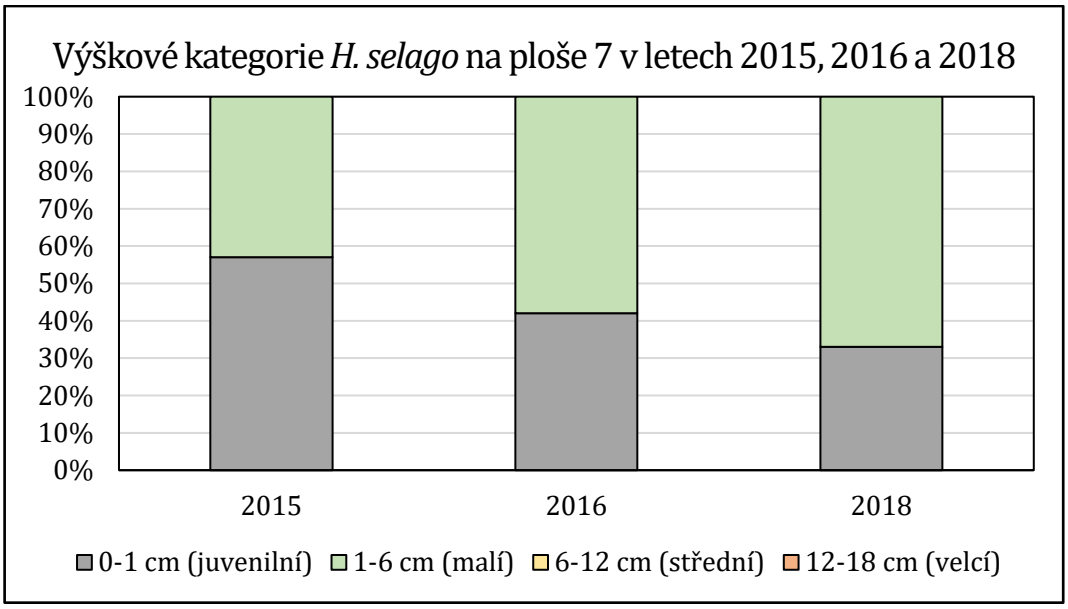
Plocha 7 se nachází na Luční hoře (50°43'43.990"N, 15°41'0.821"E) v nadmořské výšce 1521 m. Jedná se o nejzápadněji položenou plochu na Luční hoře, a tudíž i o nejzápadnější plochu celého experimentu. Je specifická vysokou pokryvností mechorostů (zejména *Polytrichum strictum*).

Obr. 27: Plocha č. 7. Autor: M. Depeš, červen 2019.

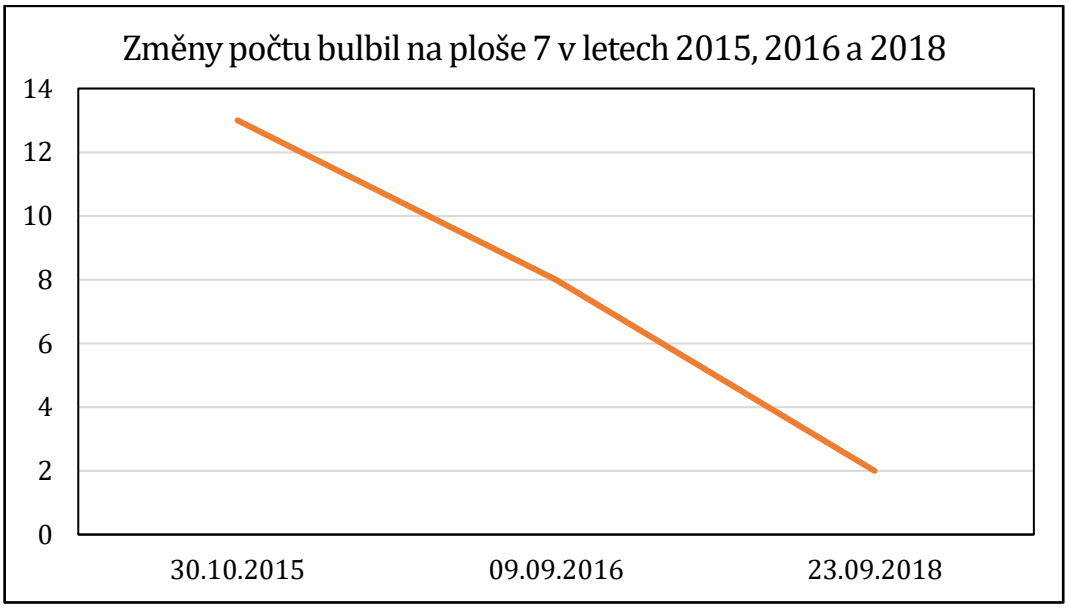


Obr. 28: Změny pokryvností na ploše 7 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 7 v průběhu trvání experimentu došlo k celkovému růstu a poklesu procentuálního zastoupení juvenilních jedinců *Huperzia selago* ve prospěch malých jedinců s výškou do 6 cm. Zároveň došlo k poklesu počtu vegetativních propagulí.



Obr. 29: Výškové kategorie H. selago na ploše 7 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.



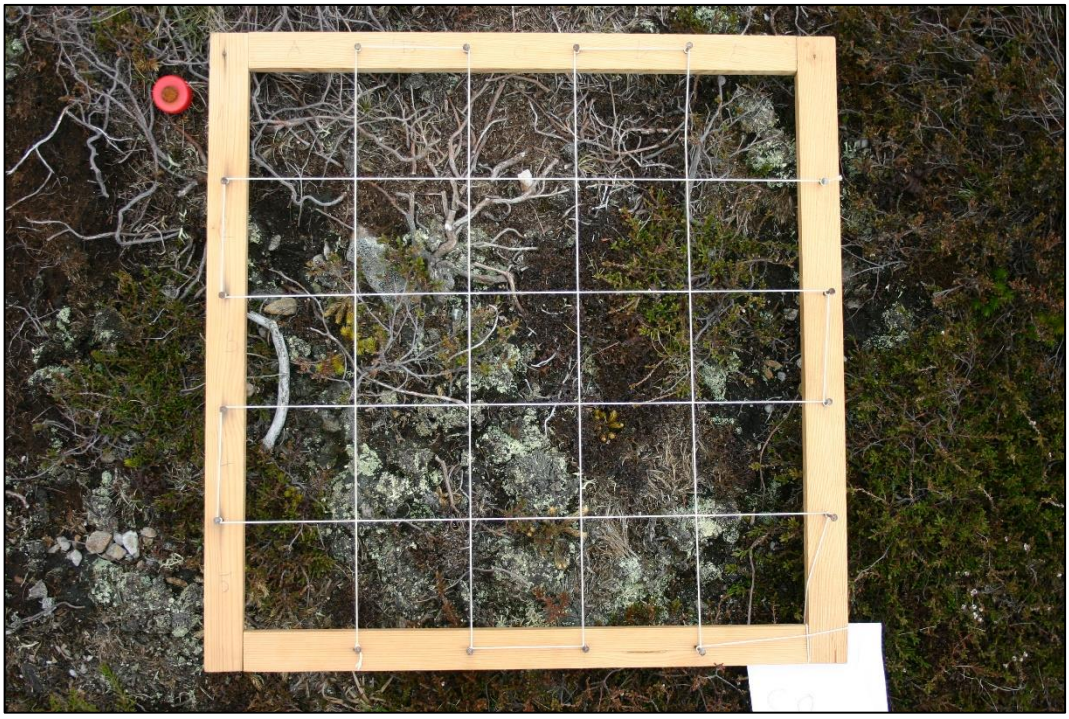
Obr. 30: Změny počtu bulbil na ploše 7 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období klesla o 1 % a počet jedinců zůstal konstantní (7). Průměrný počet větví jedince se snížil ze 3,3 na 2,7 (Příloha 4). Na ploše se pokryvnosti pozorovaných skupin téměř neměnily.

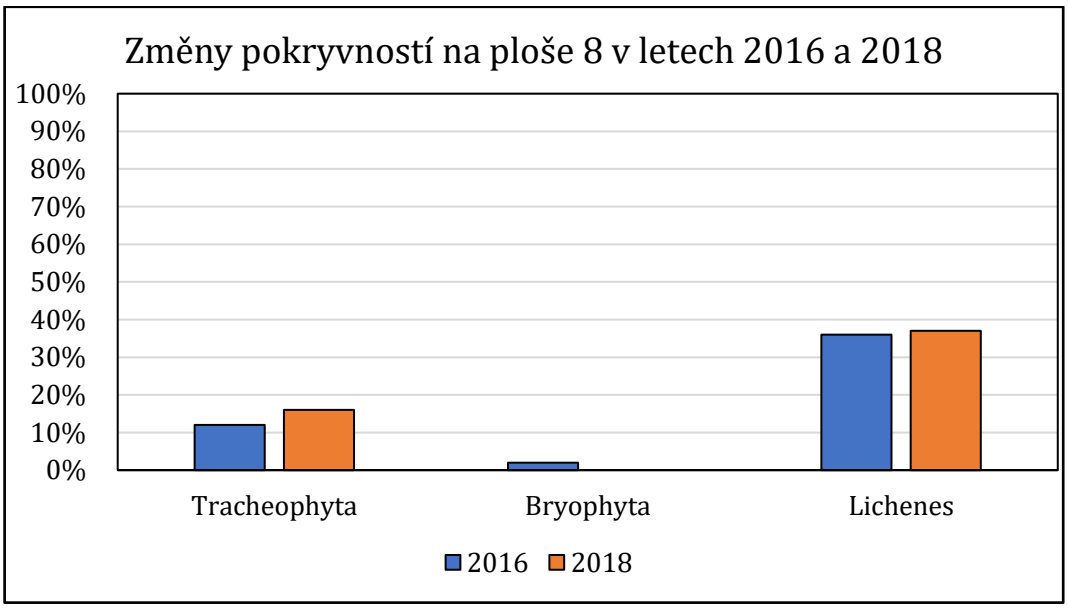
4.1.2 Studničná hora

Plocha č.8

Plocha 8 se nachází na Studničné hoře (50°43'39.760"N, 15°42'15.119"E) v nadmořské výšce 1535 m. Jedná se o nejzápadnější plochu na Studničné hoře. Plocha je typická odumřelými zbytky *Calluna vulgaris* spolu s výskytem lišejníků *Cetraria islandica* a *Cladonia bellidiflora*.

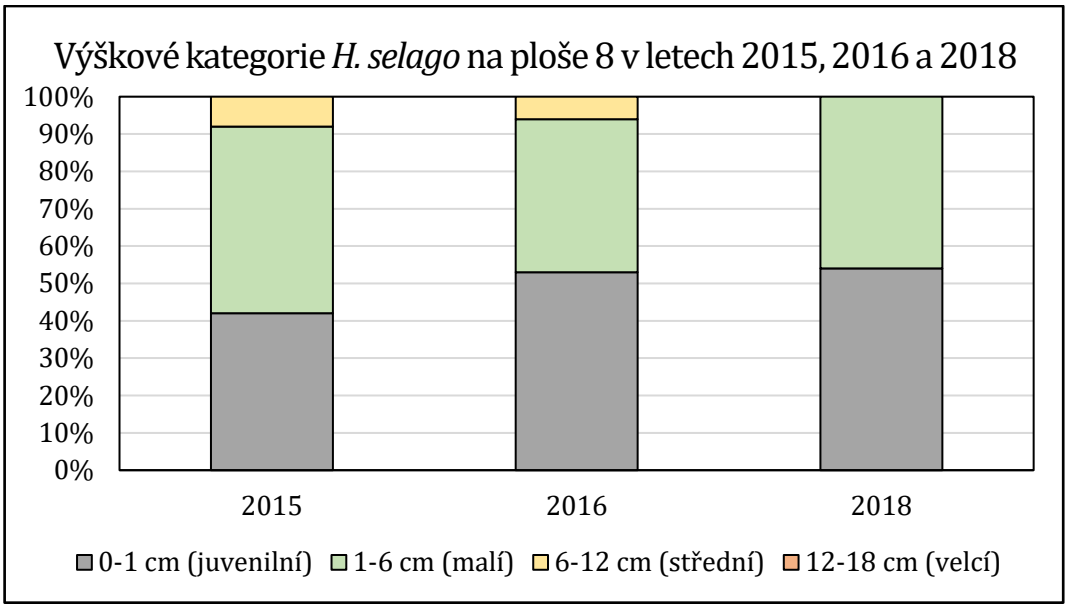


Obr. 31: Plocha č. 8. Autor: M. Depeš, červen 2019.

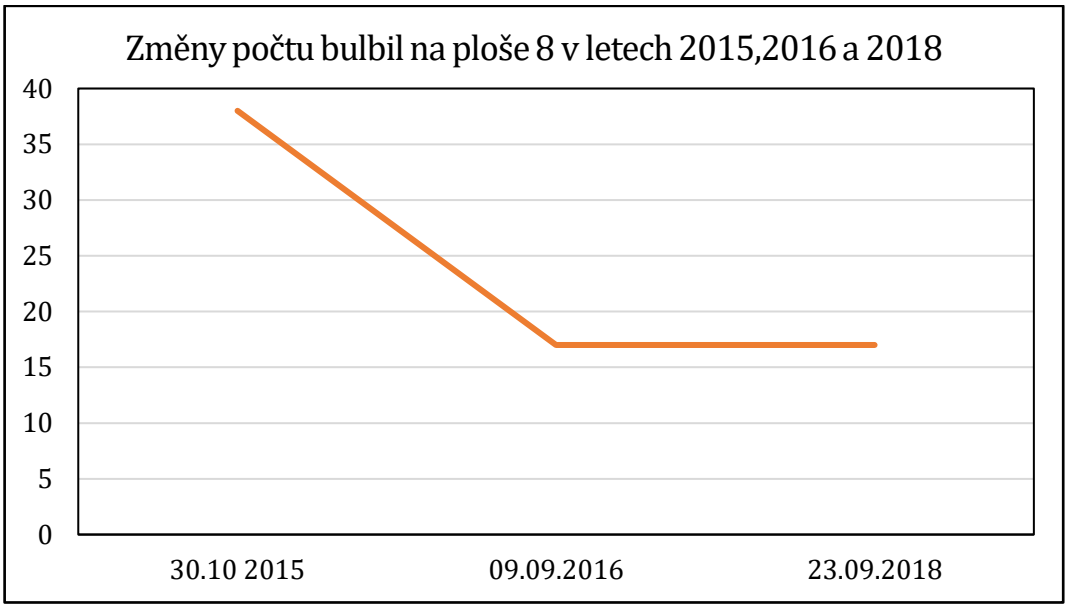


Obr. 32: Změny pokryvností na ploše 8 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 8 v průběhu trvání experimentu došlo ke zvyšování zastoupení juvenilních jedinců *Huperzia selago* a k vymizení jedinců středně velkých. Počet propagulí v období 2015-2016 poklesl o 11 a v období 2016-2018 zůstal konstantní.



Obr. 33: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 8 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

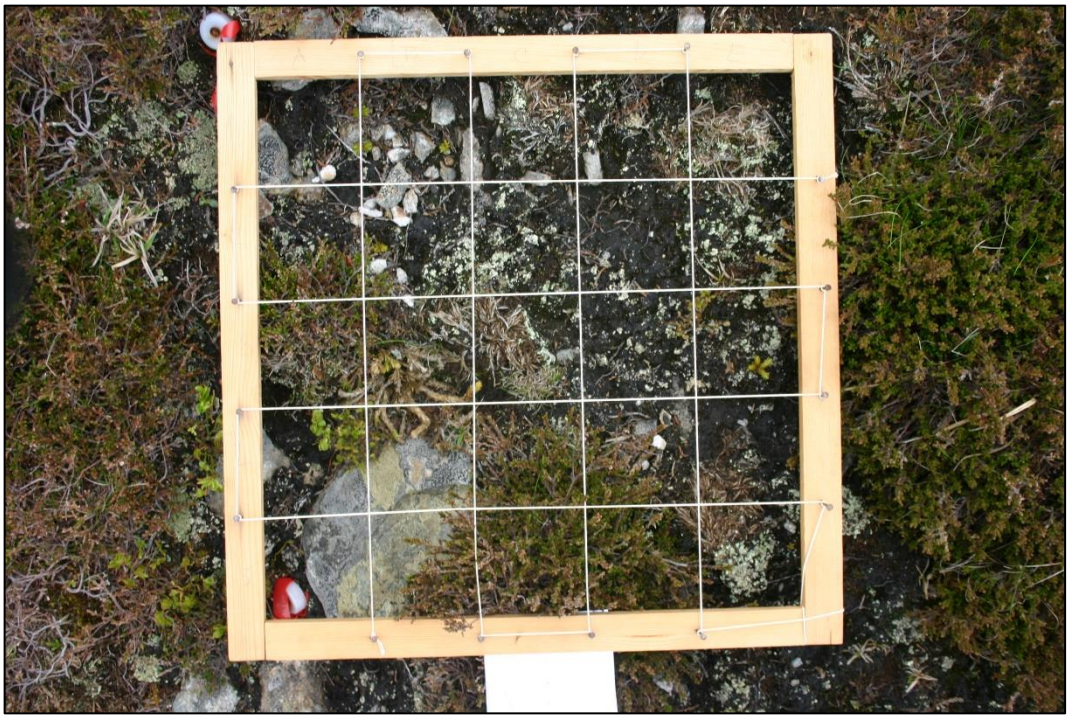


Obr. 34: Změny počtu bulbil na ploše 8 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

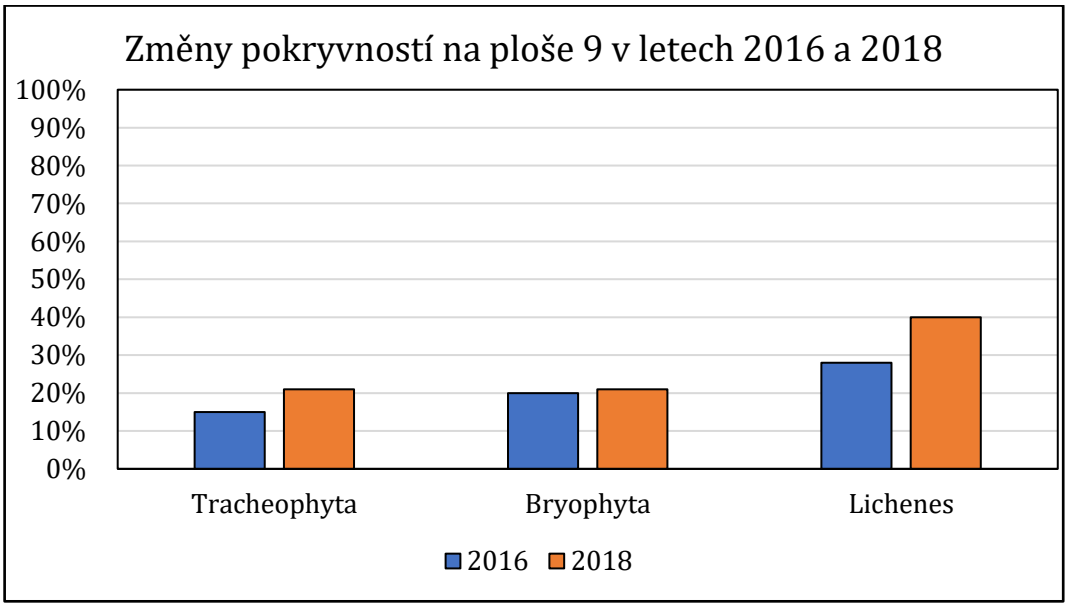
Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období klesla o 5 % a počet jedinců klesl o více než polovinu (ze 36 na 13). Jedinci se v průběhu času rozvětvili (Příloha 4). Došlo ke změně poměru cévnatých rostlin, kdy pokryvnost *Calluna vulgaris* stoupla o 10 %. Tento nárůst byl však kompenzován úbytkem *Huperzia selago*, takže se celková pokryvnost cévnatých rostlin příliš nezměnila (Příloha 3).

Plocha č.9

Plocha 9 se nachází na Studničné hoře (50°43'40.139"N, 15°42'17.750"E) v nadmořské výšce 1538 m. Je specifická malým podílem suti a relativně vysokou pokryvností lišejníků (zejména *Cladonia bellidiflora*, *Micarea turfosa* a *Placynthiella icmalea*).

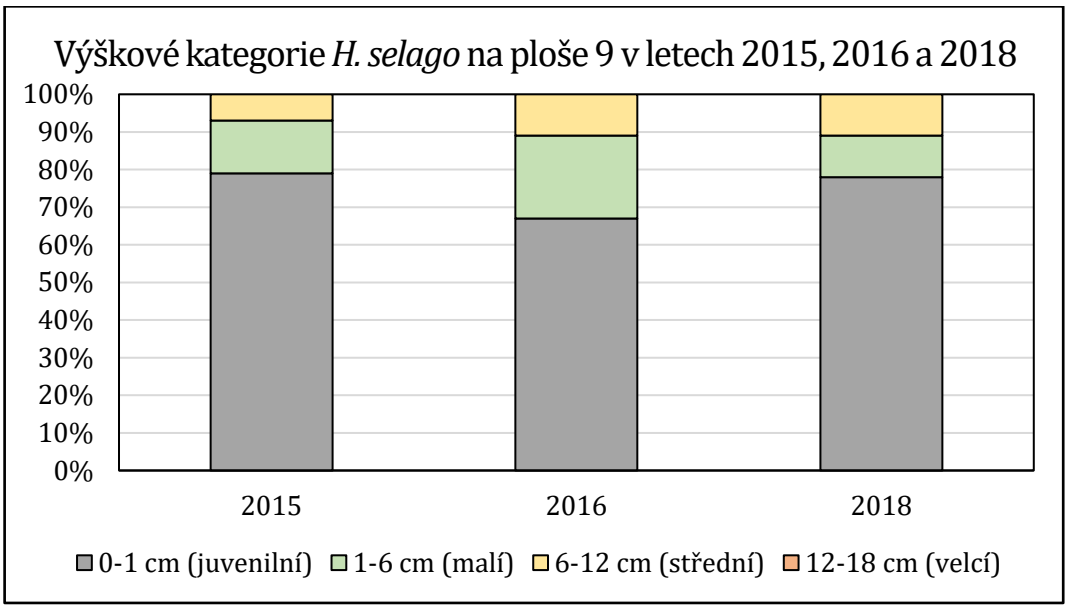


Obr. 35: Plocha č. 9. Autor: M. Depeš, červen 2019.

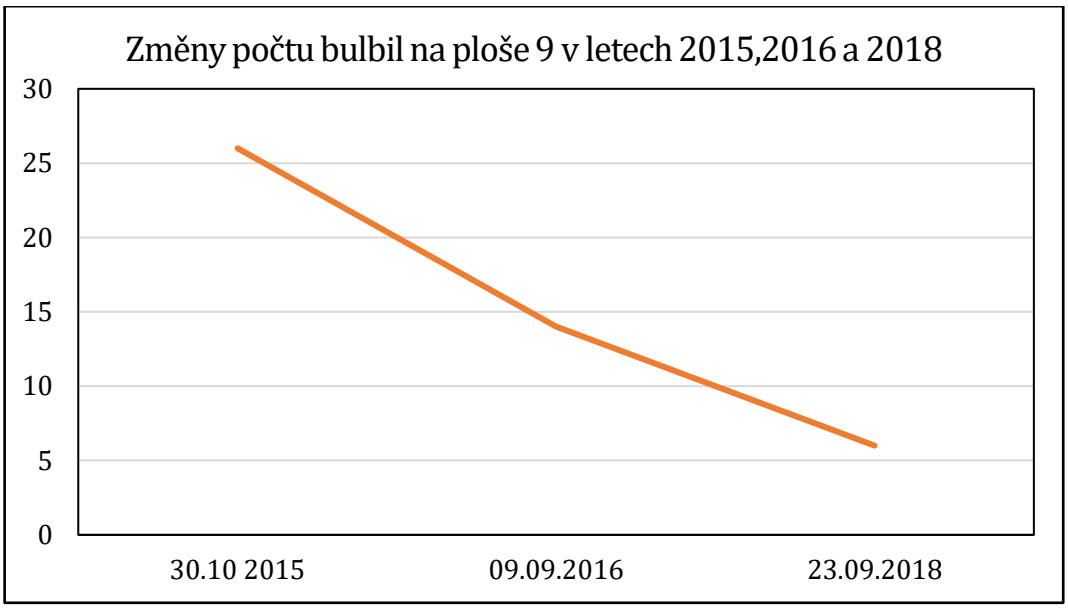


Obr. 36: Změny pokryvností na ploše 9 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 9 v průběhu trvání experimentu došlo v období 2015-2016 k posunutí výškového spektra *Huperzia selago* směrem k větším jedincům, ale v období 2016-2018 ke zvýšení zastoupení juvenilních jedinců. Počet bulbil se v průběhu trvání experimentu snižoval.



Obr. 37: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 9 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

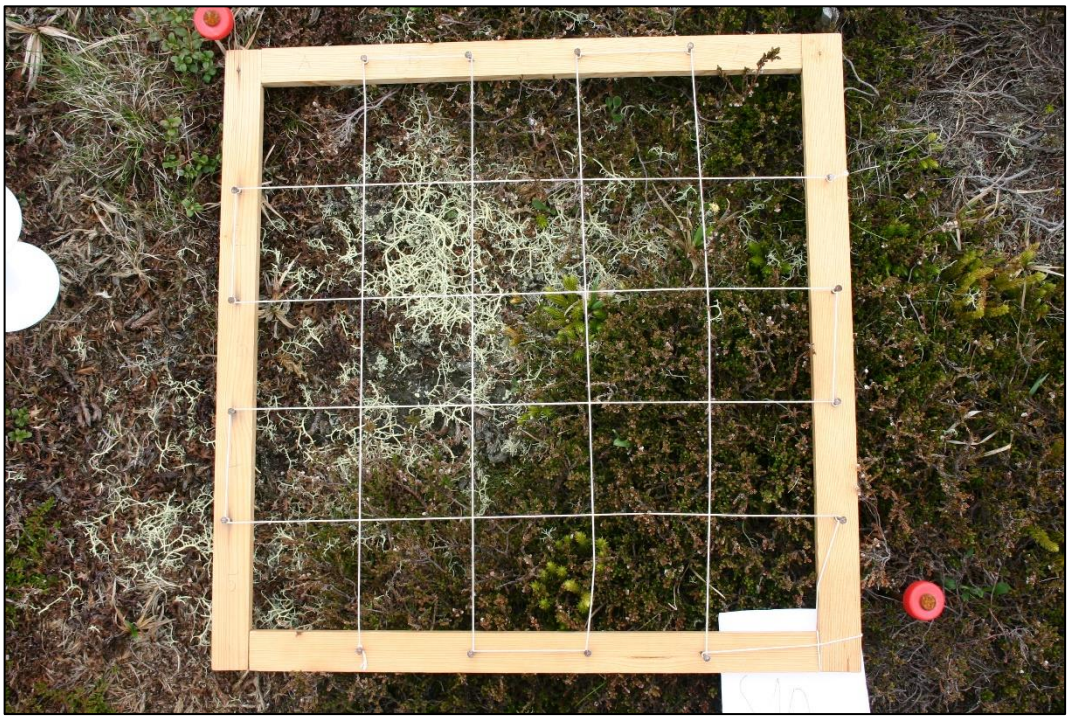


Obr. 38: Změny počtu bulbil na ploše 9 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

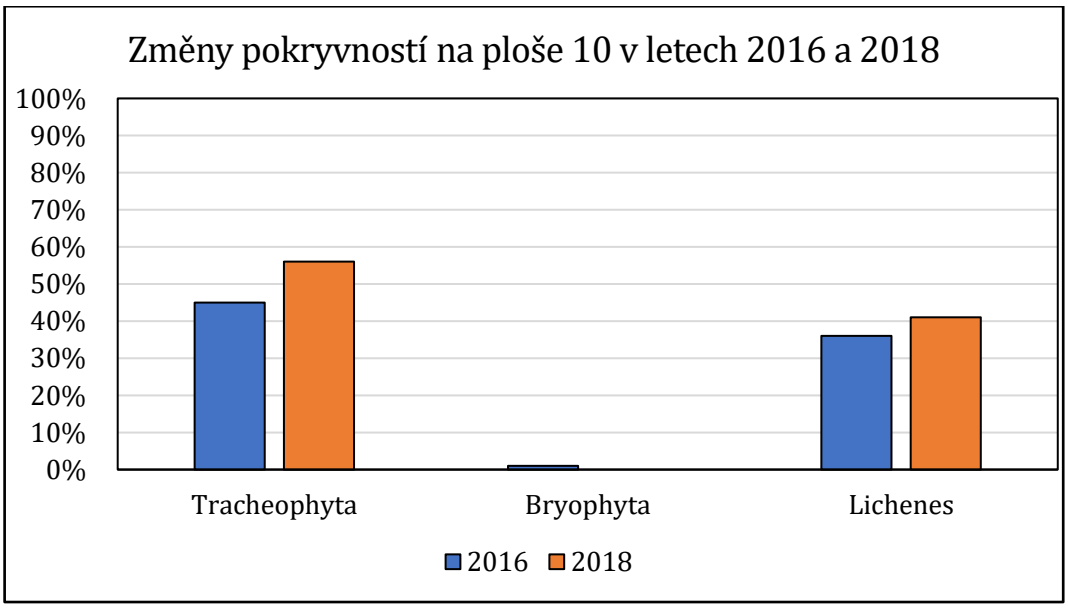
Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období vzrostla o 3 % a počet jedinců klesl ze 30 na 16. Průměrný jedinec má 1,2 větve (v roce 2015 to bylo 1,1) (Příloha 4). Nárůst pokryvnosti o 12 % byl zaznamenán u *Calluna vulgaris*. Celková pokryvnost lišejníků se zvýšila o 12 % (Příloha 3).

Plocha č.10

Plocha 10 se nachází na Studničné hoře (50°43'40.610"N, 15°42'18.238"E) v nadmořské výšce 1536 m. Je typická vysokým zastoupením *Calluna vulgaris* a *Alectoria ochroleuca* a nenachází se zde žádná suť.

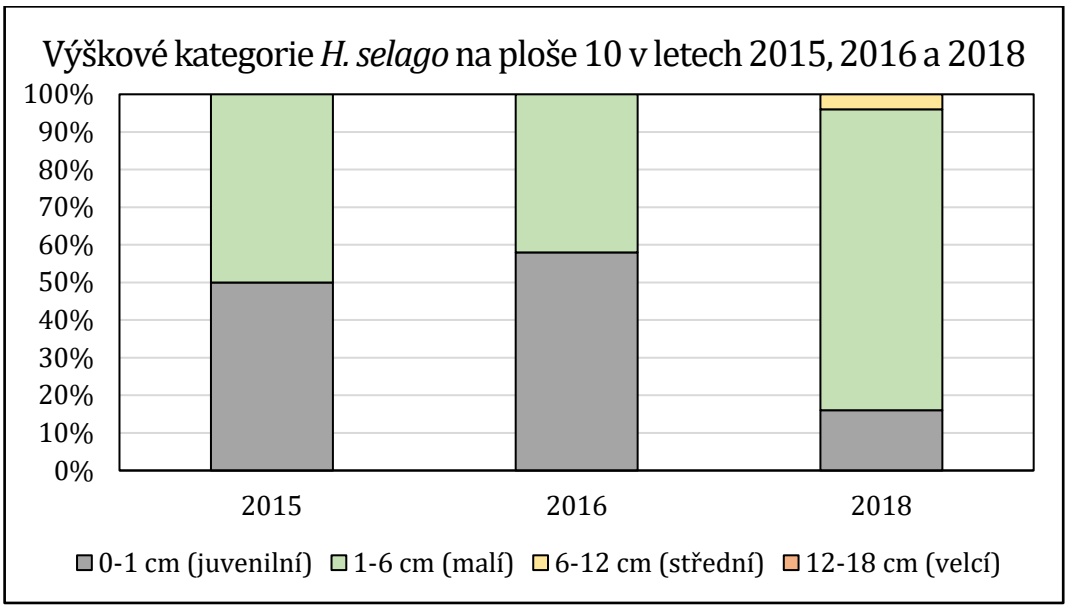


Obr. 39: Plocha č. 10. Autor: M. Depeš, červen 2019.

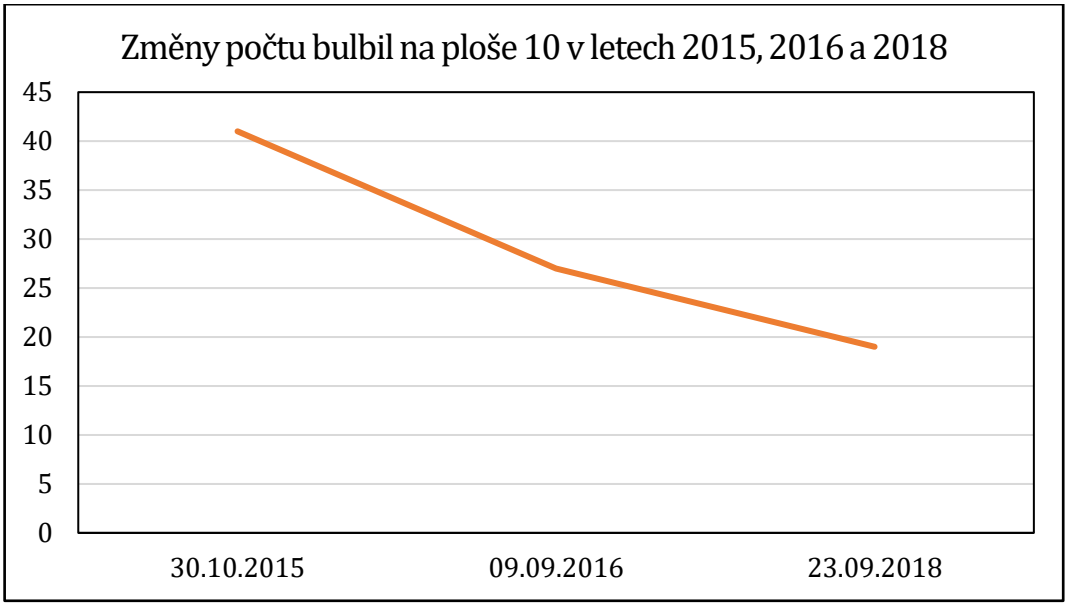


Obr. 40: Změny pokryvností na ploše 10 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 10 v průběhu trvání experimentu došlo v období 2015-2016 ke zvýšení zastoupení juvenilních jedinců a v období 2016-2019 ke zvýšení zastoupení malých jedinců *Huperzia selago* na úkor juvenilních. Počet vegetativních propagulí se v průběhu experimentu snižoval.



Obr. 41: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 10 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

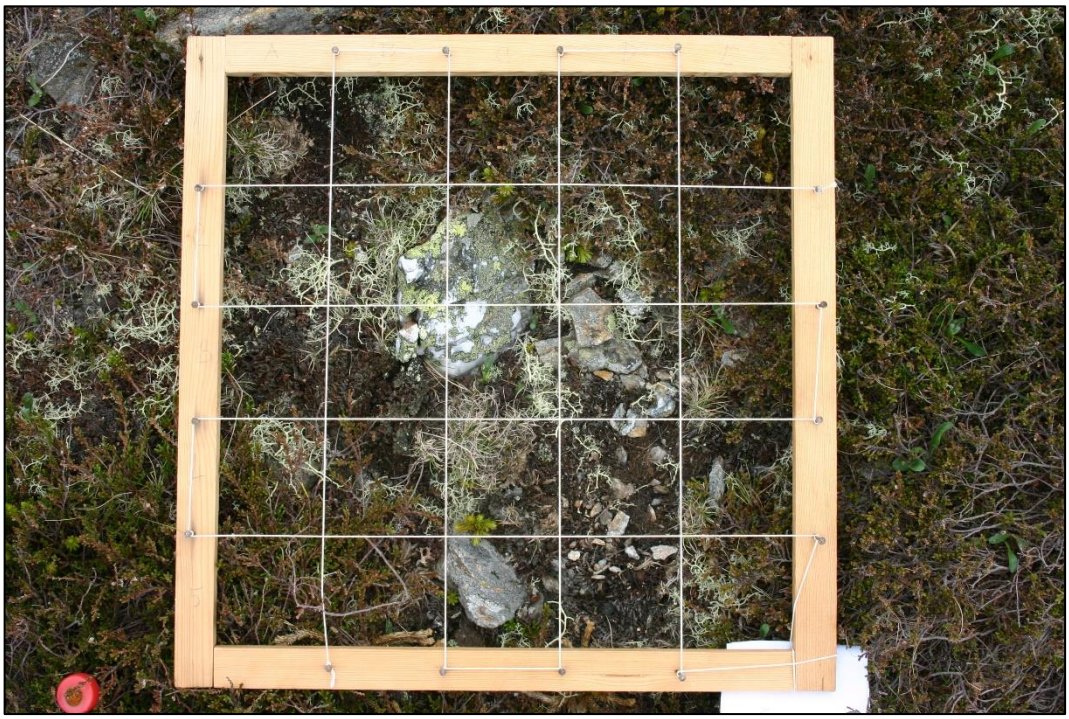


Obr. 42: Změny počtu bulbil na ploše 10 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

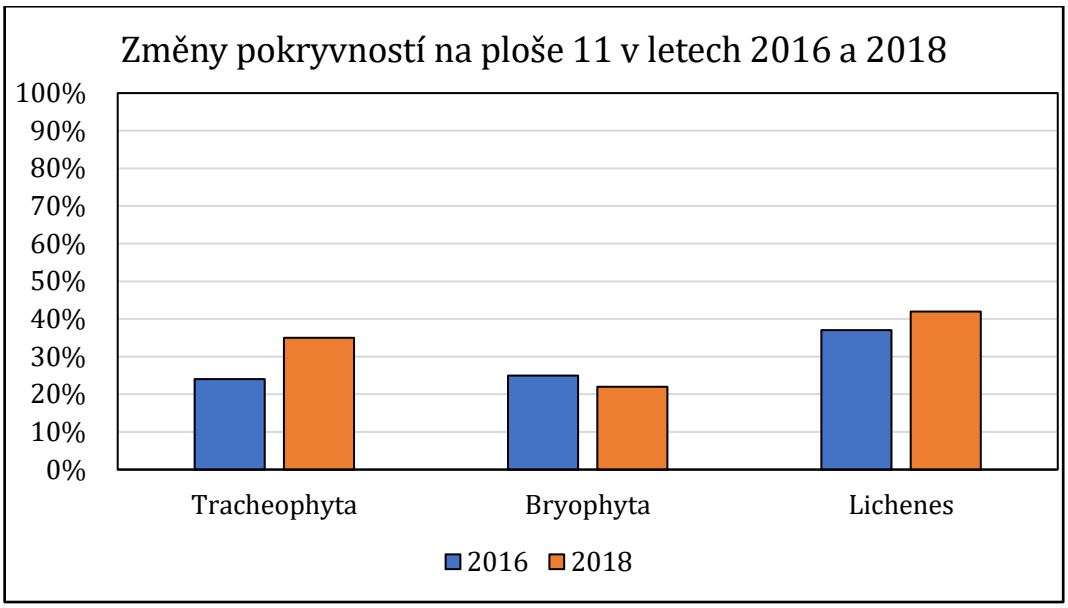
Pokryvnost *Huperzia selago* se v pozorovaném období nezměnila a počet jedinců klesl o 1 (z 24 na 23). Počet větví průměrného jedince se zvětšil o 1 (z 1,8 na 2,8) (Příloha 4). Pokryvnost *Calluna vulgaris* vzrostla v pozorovaném období o 15 % (Příloha 3).

Plocha č.11

Plocha 11 se nachází na Studničné hoře (50°43'40.900"N, 15°42'18.571"E) v nadmořské výšce 1535 m. Je specifická vyváženým množstvím suti, výskytem *Alectoria ochroleuca* a *Calluna vulgaris*.

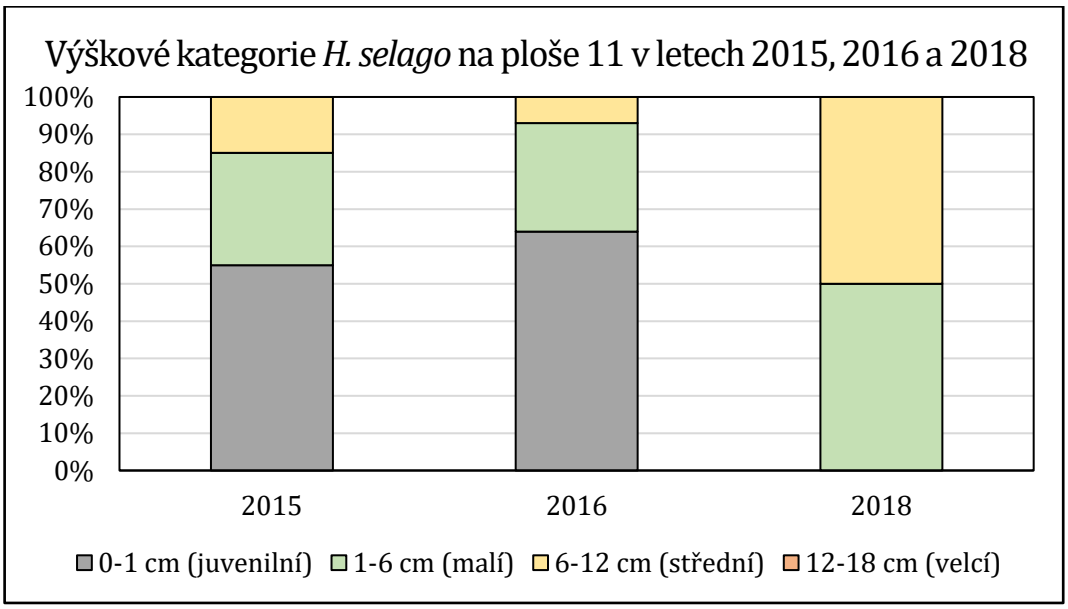


Obr. 43: Plocha č. 11. Autor: M. Depeš, červen 2019.

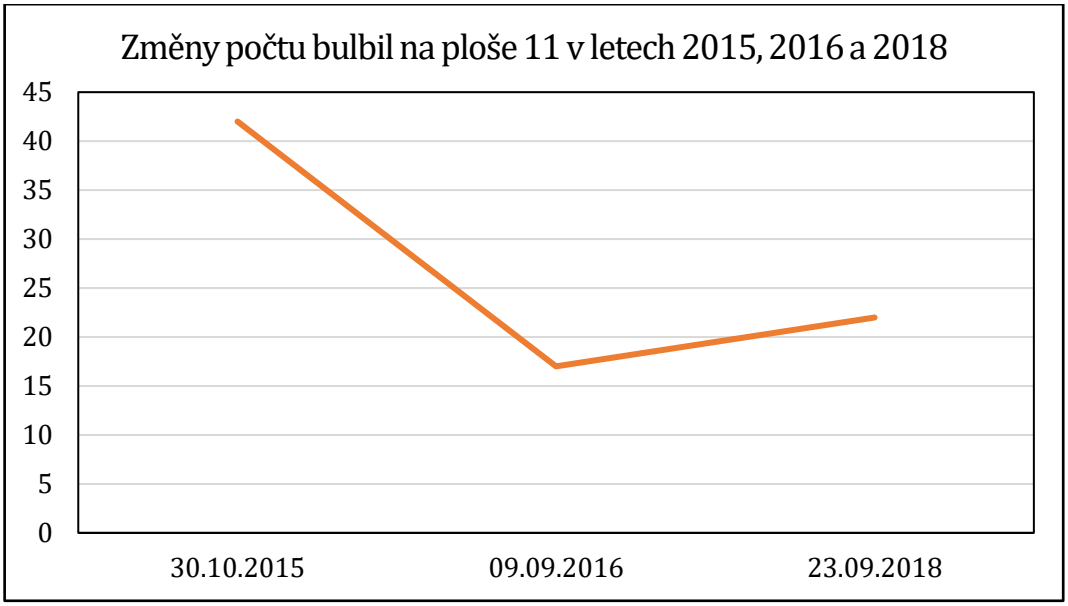


Obr. 44: Změny pokryvností na ploše 11 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 11 v průběhu trvání experimentu došlo v letech 2015-2016 k růstu a propagaci juvenilních jedinců *Huperzia selago* a v letech 2016-2018 došlo k vymizení juvenilních jedinců a posunutí spektra směrem k velkým jedincům. Počet bulbil se v období 2015-2016 snížil o 25 a v období 2016-2018 mírně narostl o 5.



Obr. 45: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 11 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

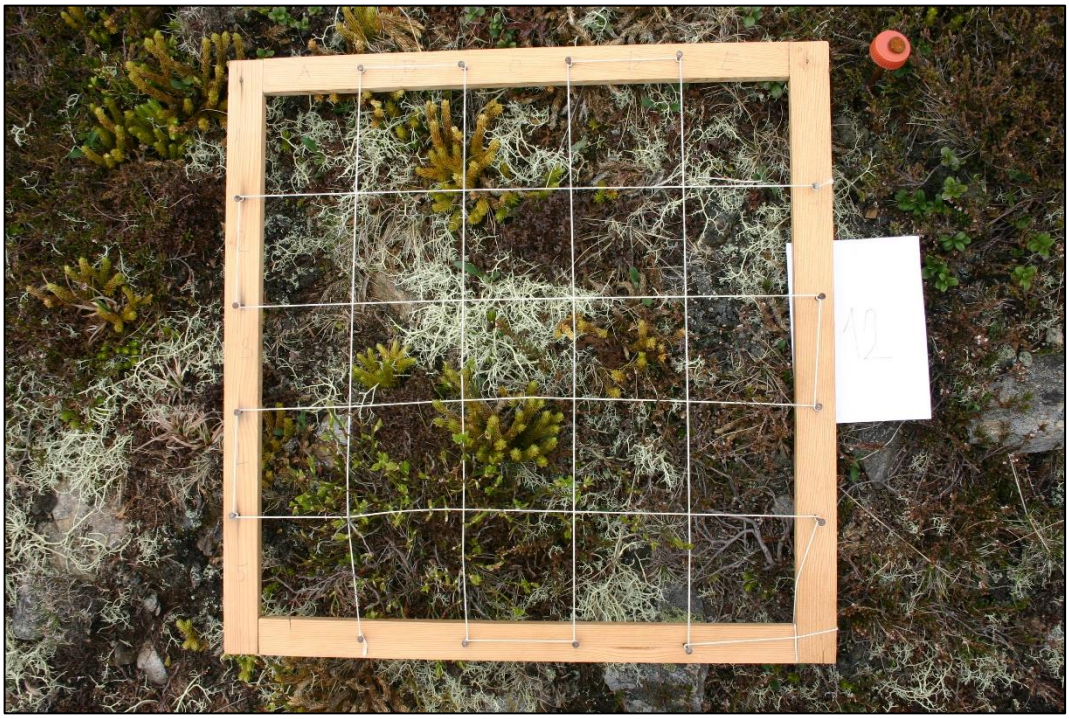


Obr. 46: Změny počtu bulbil na ploše 11 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

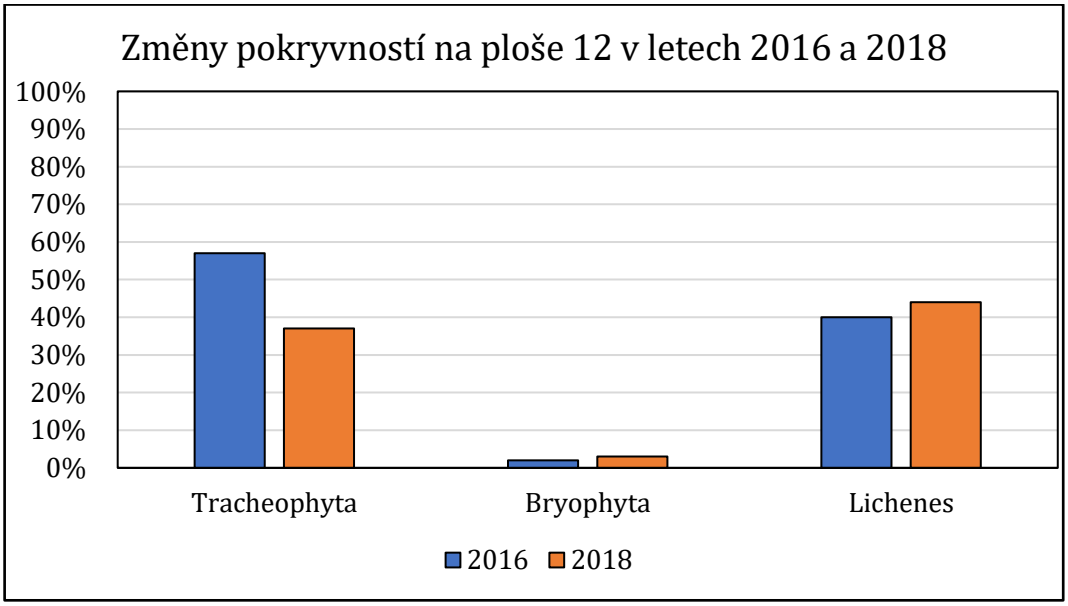
Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období vzrostla o 1 % o počet jedinců klesl o 14 (z původních 24 na 10). Průměrný počet větví jedince vzrostl z 1,5 na 2,3 (Příloha 4). U *Calluna vulgaris* byl zjištěn nárůst pokryvnosti o 15 % (Příloha 3).

Plocha č.12

Plocha 12 se nachází na Studničné hoře (50°43'40.871"N, 15°42'18.619"E) v nadmořské výšce 1535 m. Jedná se o nejvýchodnější plochu na Studničné hoře, a tudíž nejvýchodněji položenou plochu celého experimentu. Je typická relativně vysokou pokryvností lišejníků *Alectoria ochroleuca* a *Cetraria islandica*.

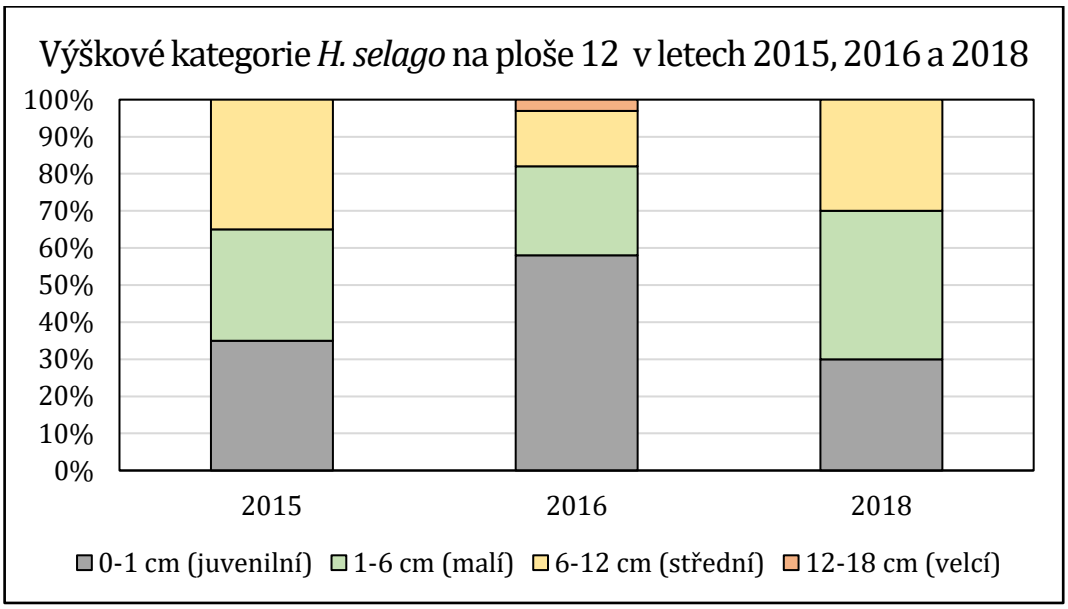


Obr. 47: Plocha č. 12. Autor: M. Depeš, červen 2019.

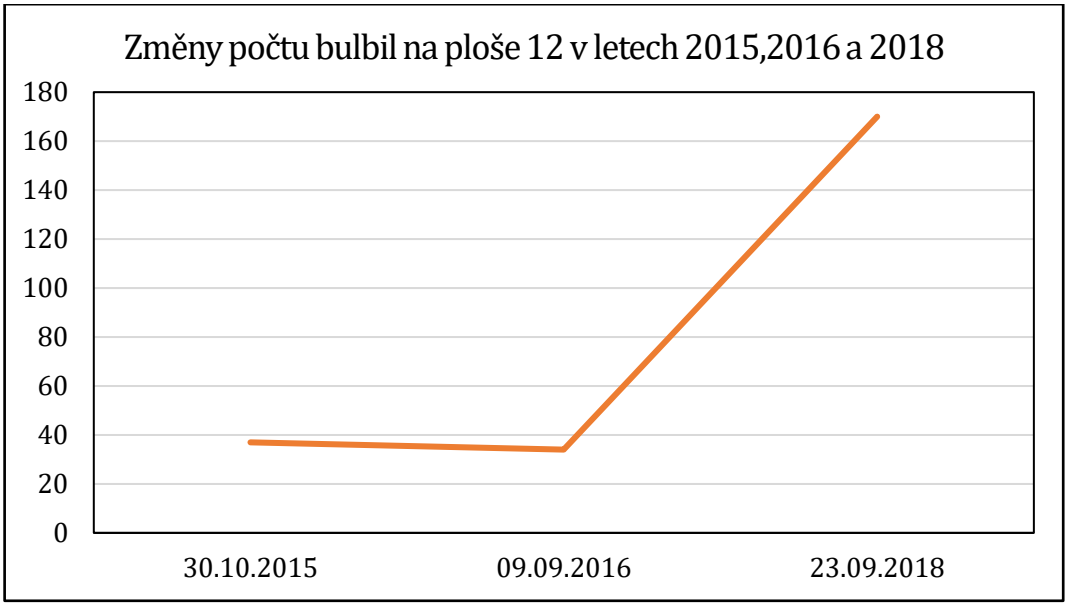


Obr. 48: Změny pokryvností na ploše 12 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 12 v průběhu trvání experimentu došlo v období 2015-2016 k posunu růstového spektra ve prospěch velkých rostlin *Huperzia selago* a v období 2016-2018 ke snížení zastoupení juvenilních jedinců a vymizení nejvyšších jedinců. Počet bulbil v období 2016-2018 vzrostl o 136.



Obr. 49: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 12 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

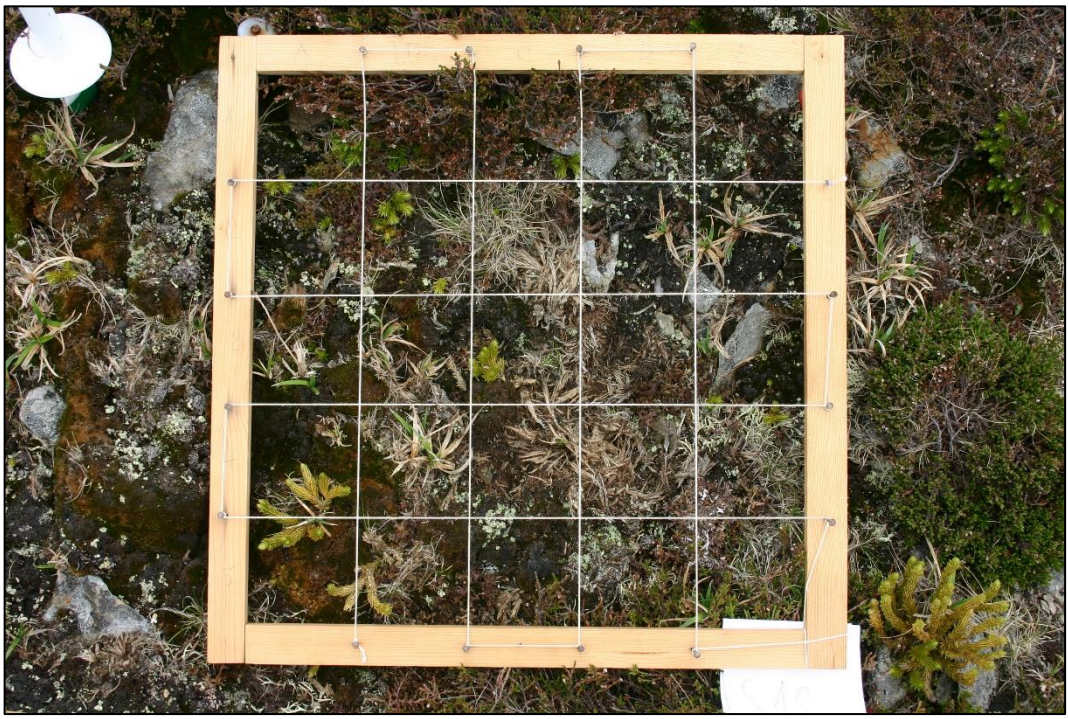


Obr. 50: Změny počtu bulbil na ploše 12 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

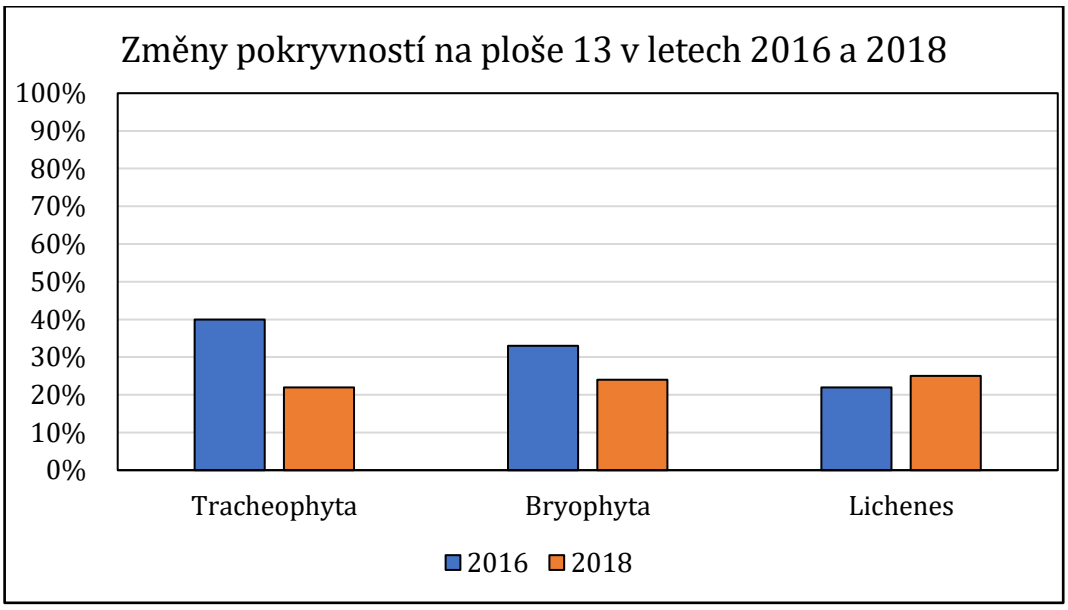
Pokryvnost *Huperzia selago* v pozorovaném období klesla o 7 %. Počet jedinců klesl o 8 a průměrný počet větví se zvětšil z 2,7 na 4,4 (Příloha 4). Byl pozorován významný úbytek cévnatých rostlin, zejména *Calluna vulgaris* o 17 %. Pokryvnost *Vaccinium myrtillus* se naopak zvětšila o 10 % (Příloha 3).

Plocha č.13

Plocha 13 se nachází na Studničné hoře (50°43'40.429"N, 15°42'17.649"E) v nadmořské výšce 1536 m. Je specifická relativně nízkou pokryvností lišejníků a cévnatých rostlin s malým podílem suti.

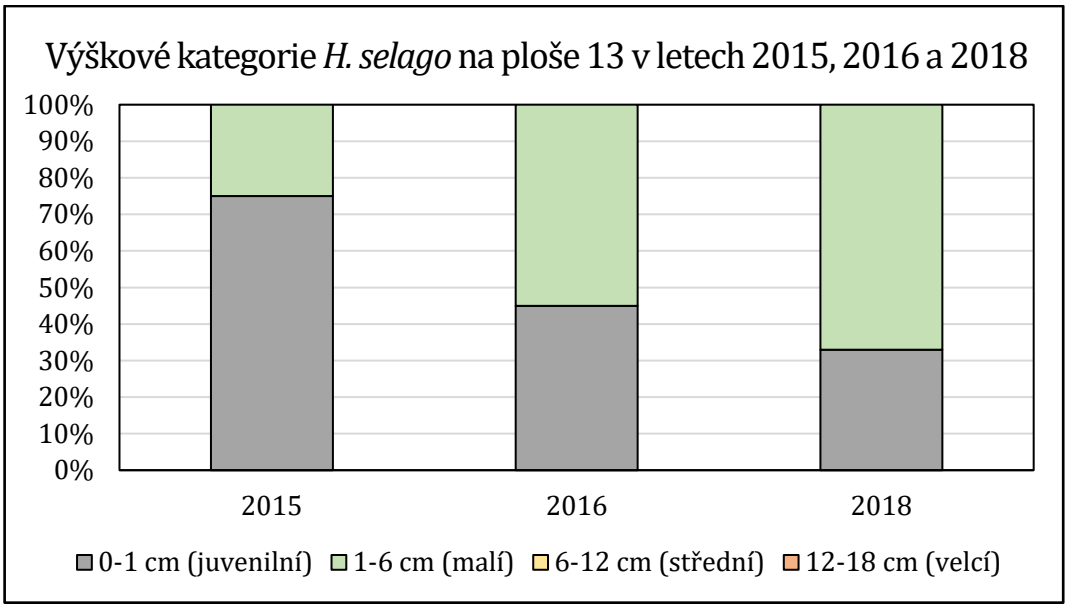


Obr. 51: Plocha č. 13. Autor: M. Depeš, červen 2019.

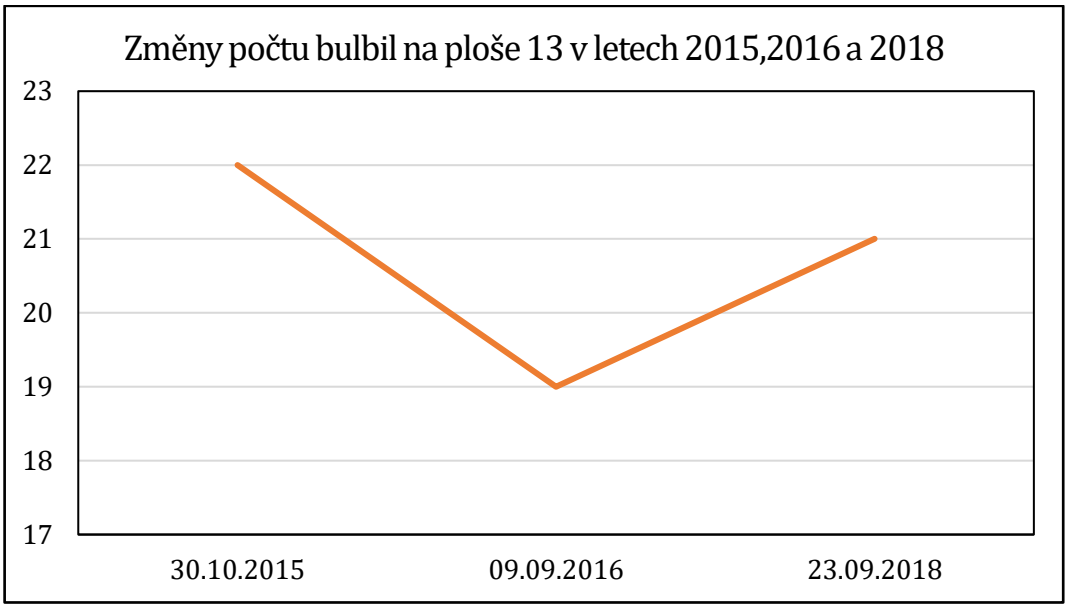


Obr. 52: Změny pokryvností na ploše 13 v letech 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

Na ploše 13 v průběhu trvání experimentu došlo k posouvání růstového spektra *Huperzia selago* od juvenilních jedinců k malým (do 6 cm výšky). Počet bulbil se v průběhu experimentu pohyboval kolem průměrné hodnoty 20.



Obr. 53: Výškové kategorie *H. selago* na ploše 13 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.



Obr. 54: Změny počtu bulbil na ploše 13 v letech 2015, 2016 (Hučková, 2017) a 2018.

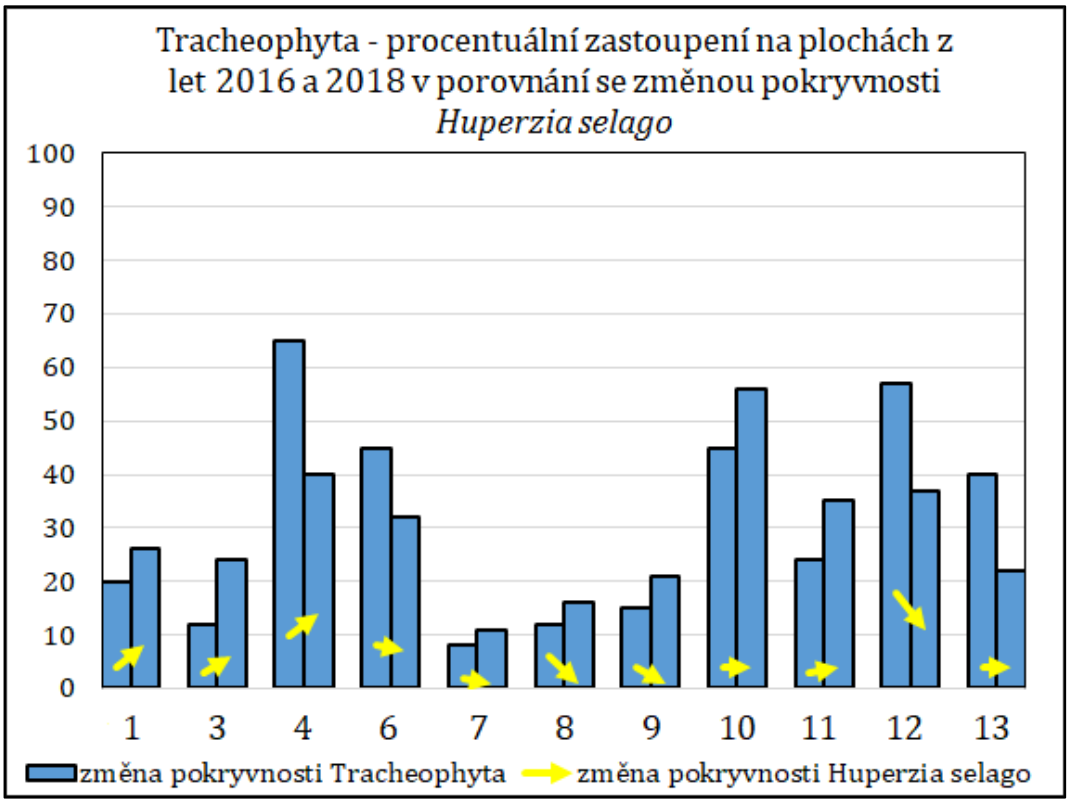
Pokryvnost *Huperzia selago* se v pozorovaném období nezměnila. Počet jedinců klesl z původních 23 na 16 a průměrný počet větví vzrostl z 1,2 na 2,1 (Příloha 4). Významně ubyla pokryvnost skupiny cévnatých rostlin (o 18 %) (Příloha 3).

4.1.3 Shrnutí výsledků monitoringu *Huperzia selago*

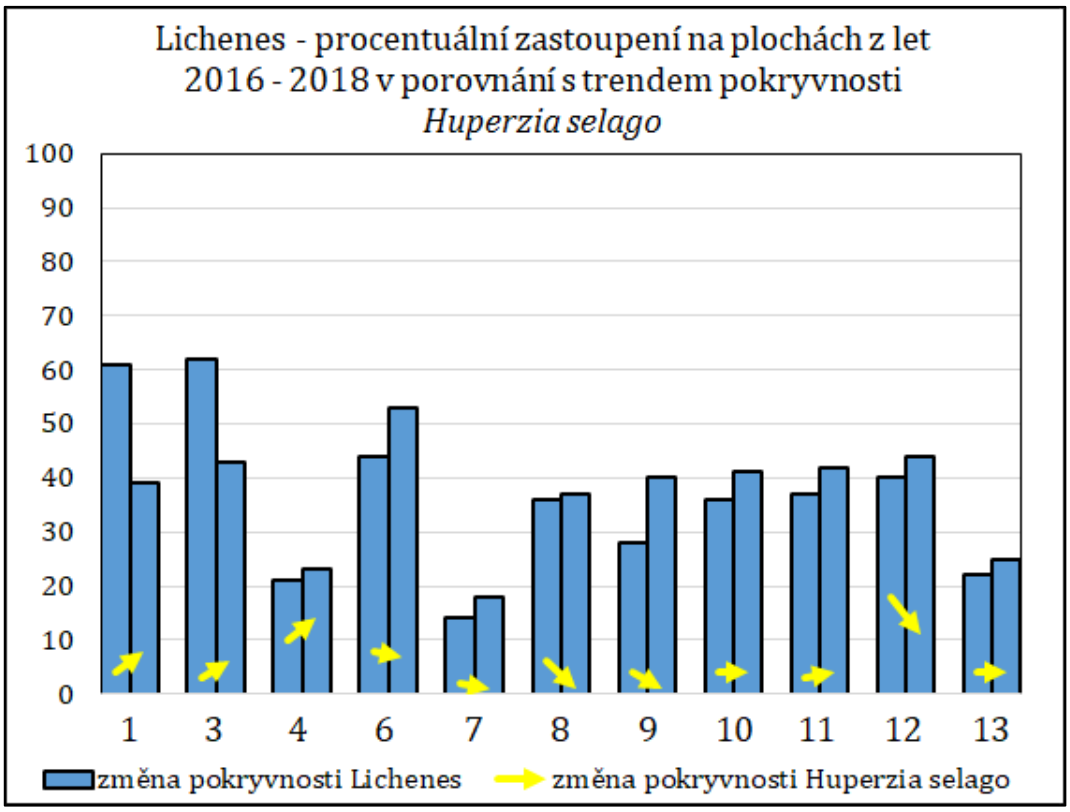
Na plochách č.1 a 3 přibývají cévnaté rostliny, ubývají lišejníky a přibývá *Huperzia selago*. Plochy 7, 8, 9, 10 vykazují nárůst pokryvností cévnatých rostlin a lišejníků, úbytek mechorostů a úbytek pokryvnosti *Huperzia selago*. Plocha č. 4 vykazuje pokles cévnatých rostlin, zatímco ostatní pozorované skupiny (lišejníky, mechorosty a vranec jedlový) narůstají. Na plochách č. 6, 12 a 13 byl zjištěn úbytek pokryvností cévnatých rostlin (s nimi i vrance jedlového) za současného nárůstu lišejníků. Plocha č. 11 zaznamenala nárůst všech pozorovaných skupin kromě mechorostů (Obr 55, 56, 57, 58.)

	1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
Tracheophyta	(+)6	(+)12	(-)25	(-)13	(+)3	(+)4	(+)6	(+)11	(+)11	(-)20	(-)18
Lichenes	(-)15	(-)18	(+)2	(+)13	(+)4	(+)1	(+)12	(+)5	(+)5	(+)3	(+)5
Bryophyta	(-)4	(-)5	(+)3		(-)10	(-)2	(-)20	(-)1	(-)10	(-)2	(-)19
HS	(+)4	(+)3	(+)4	(-)1	(-)1	(-)5	(-)3		(+)1	(-)7	

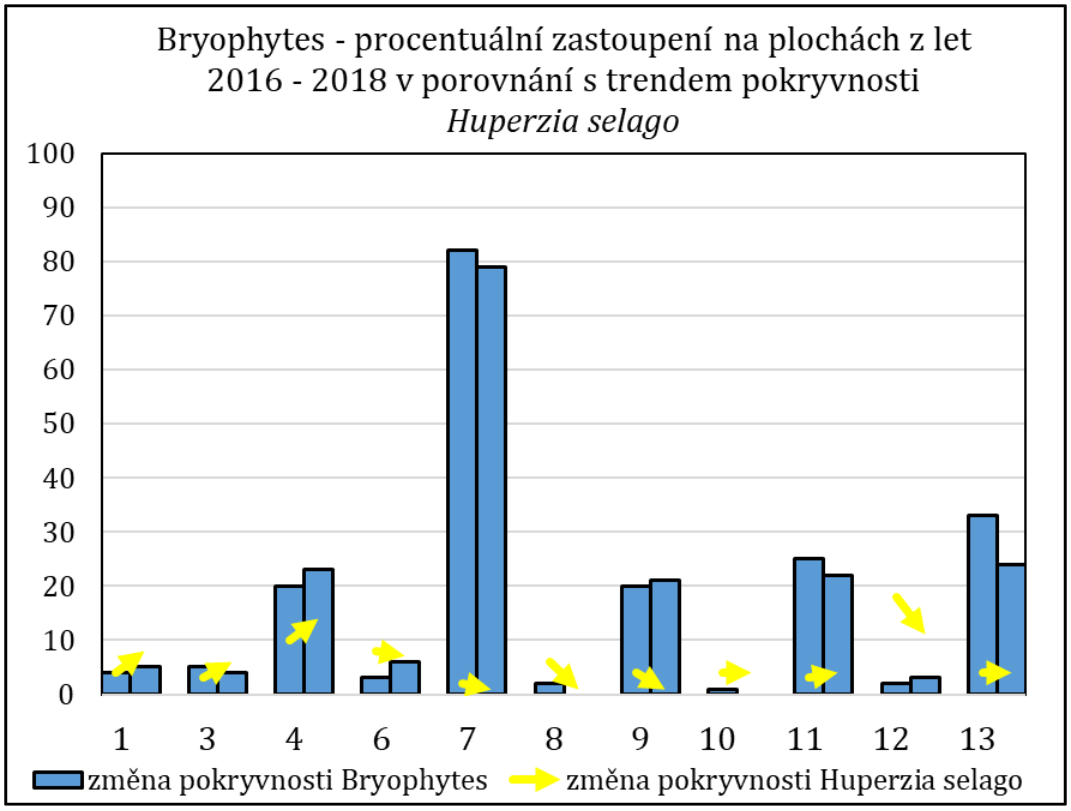
Obr. 55: Tabulka vyjadřující shrnutí procentuálních změn pokryvností mezi lety 2016-2018. Znaménko + zobrazuje nárůst, znaménko – zobrazuje pokles. Žlutě jsou podbarveny plochy na Luční hoře a modře na Studničné (Příloha 3).



Obr. 56: Graf změny procentuálního zastoupení cévnatých rostlin současně se změnou pokryvnosti *Huperzia selago* v letech 2016 a 2018.



Obr. 57: Graf změny procentuálního zastoupení lišejníků současně se změnou pokryvnosti *Huperzia selago* v letech 2016 a 2018.



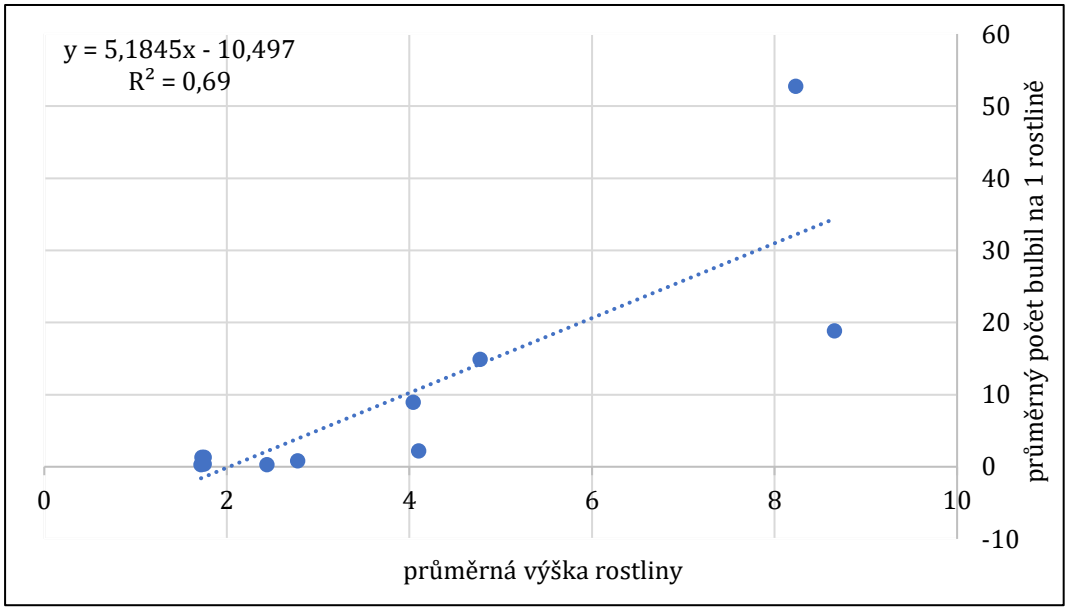
Obr. 58: Graf změny procentuálního zastoupení mechorostů současně se změnou pokryvnosti *Huperzia selago* v letech 2016 a 2018.

Statistické testování ukázalo průkaznou závislost (Tab. 2, Příloha 8) změny pokryvnosti *Huperzia selago* na změně pokryvnosti lišejníků (Lichenes), dále na pokryvnosti dominant ve snímcích, tj. metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*) a vřesu obecného (*Calluna vulgaris*).

Tab. 2: Výsledky statistických analýz pokryvností v trvalých monitorovacích plochách, P – síla testu, R2 – regresní koeficient

Testovaná závislost	**P**	**R^2**
změna pokryvnosti *H. selago* na změnu pokryvnosti Tracheophyta	1,60E-04	0,0216
změna pokryvnosti *H. selago* na změnu pokryvnosti Lichenes	8,12E-03	0,2529
změna pokryvnosti *H. selago* na změnu pokryvnosti Bryophytes	2,40E-02	0,0154
pokryvnosti *H. selago* na pokryvnosti *Avenella flexuosa*	1,19222E-05	0,2255
pokryvnosti *H. selago* na pokryvnosti *Calluna vulgaris*	3,05791E-06	0,0023

Z měřených parametrů na jednotlivých rostlinách *Huperzia selago* v trvalých plochách byla statisticky průkazná závislost počtu bulbil na 1 rostlině na průměrné výšce rostliny *Huperzia selago* (Obr. 59).



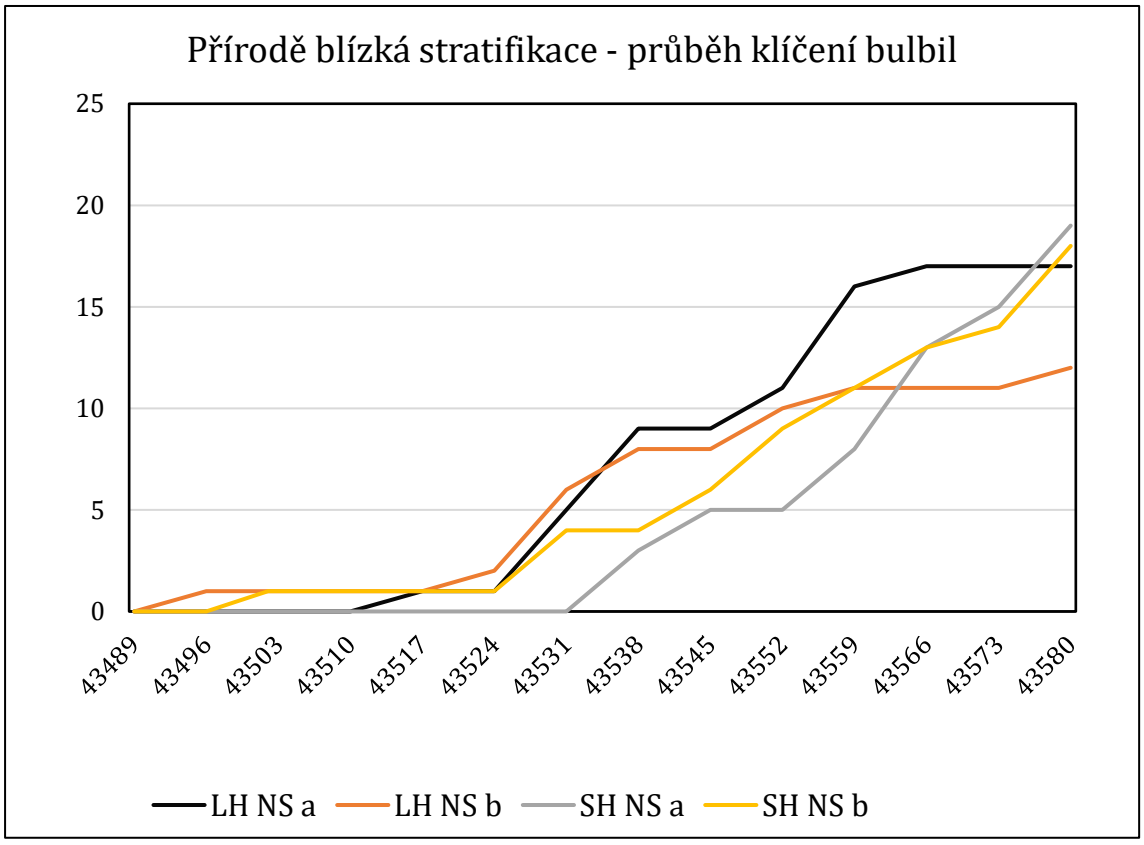
Obr. 59: Závislost průměrného počtu bulbil produkovaných 1 rostlinou na průměrné výšce rostliny, P = 2,2744E-06, R^2 = 0,69.

4.2 Klíčení vegetativních propagulí-bulbil *Huperzia selago*

Pro testování klíčivosti bulbil *Huperzia selago* byly využity dva typy stratifikace – přírodě blízká stratifikace (klíčivost: kořínky 96 %, vzrostné vrcholy 66 %) a chladová stratifikace (klíčivost: kořínky 98 %, vzrostné vrcholy 99 %). Jak vyplývá z údajů výše v textu, na bulbilách byla sledována tvorba kořínků a vzrostných vrcholů. Rozdílný účinek obou typů stratifikací na klíčení bulbil byl signifikantní pouze v případě vzrostných vrcholů (P=0,0059). U tvorby kořínků test nebyl signifikantní. Současně bylo statisticky testováno, zda původ sebraných bulbil (Luční hora, Studničná hora) ovlivňuje jejich klíčení. V případě tvorby kořínků byl test signifikantní (P=0,001), v případě tvorby vzrostných vrcholů test průkazný nebyl. Bulbily odebrané na Studničné hoře (klíčivost 100 %) klíčily (resp. vytvořily kořínek) lépe než bulbily sebrané na Luční hoře. Zatímco test tvorby kořínků byl signifikantní, u tvorby vzrostných vrcholů vliv původnosti bulbil prokázán nebyl.

Přírodě blízká stratifikace (NS)

Bulbily vykazovaly první morfologické změny ve formě kořínků (Obr. 64) již na začátku pravidelných týdenních kontrol (28. 12. 2018) při průměrné teplotě 7 °C.

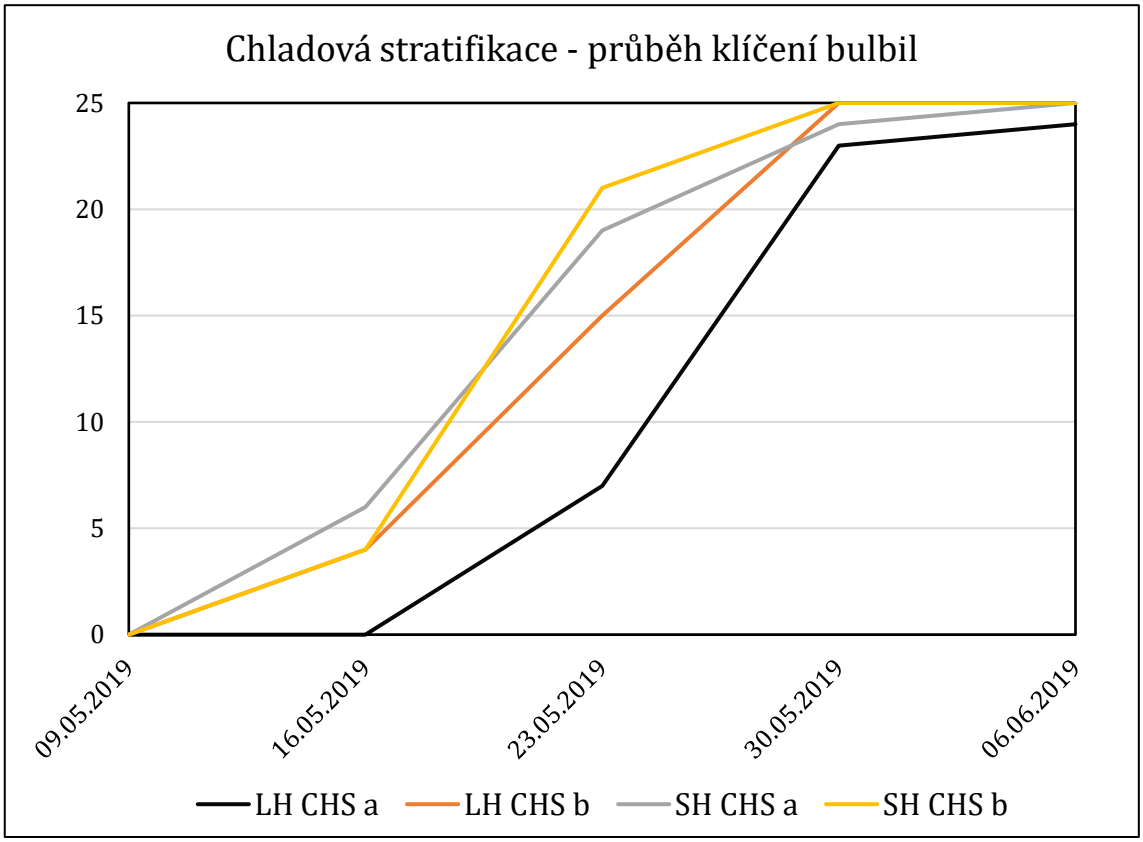


Obr. 60: Graf průběhu klíčení bulbil v rámci přírodě blízké stratifikace. LH – Luční hora, SH – Studniční hora, NHS – přírodě blízká stratifikace.

Všechny kořínky byly vyklíčené již na počátku týdenních kontrol a vzrostné vrcholy začaly klíčit při průměrné teplotě 7,7 °C, 33 dní po vyklíčení kořínků (31.1. 2019) Vrcholy klíčily postupně až do 25.4.2019 (Obr. 60). Konečný stav klíčení kořínků i vrcholů vyjadřují grafy na Obr. 62 a 63 a Tab. 3.

Chladová stratifikace (CHS)

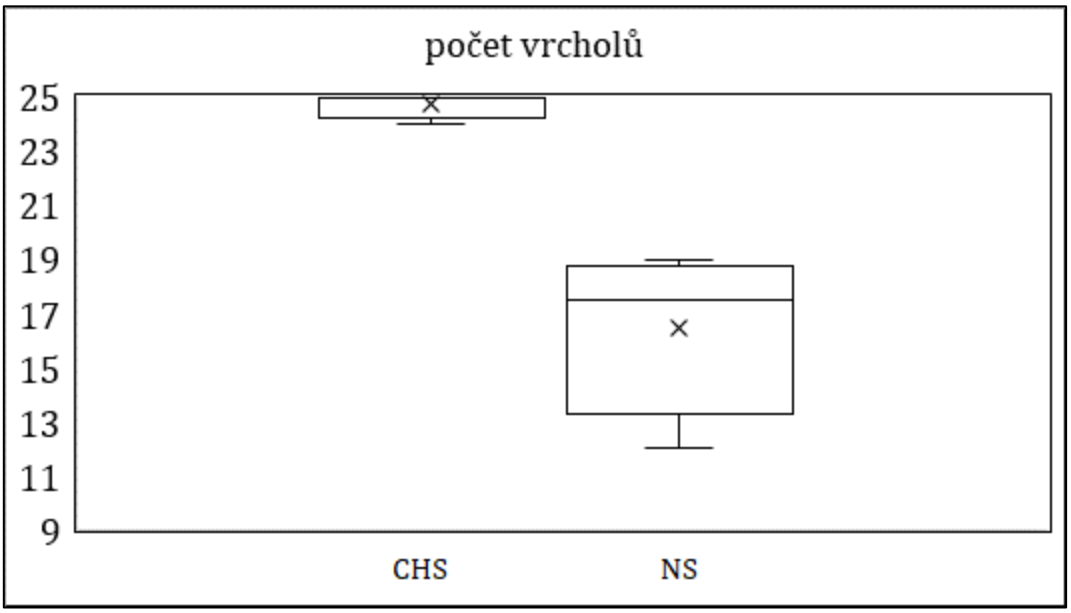
Při vyndání misek z lednice 9.5.2019, kde byla stálá teplota 5 °C, byly všechny kořínky již vyklíčené a první vzrostné vrcholy se objevily 7 dní po vyrašení kořínků při průměrné teplotě 17 °C. Bulbily klíčily postupně až do 6.6.2019 (Obr. 61). Konečný stav klíčení kořínků i vrcholů vyjadřují grafy na Obr. 62 a 63 a Tab. 3.



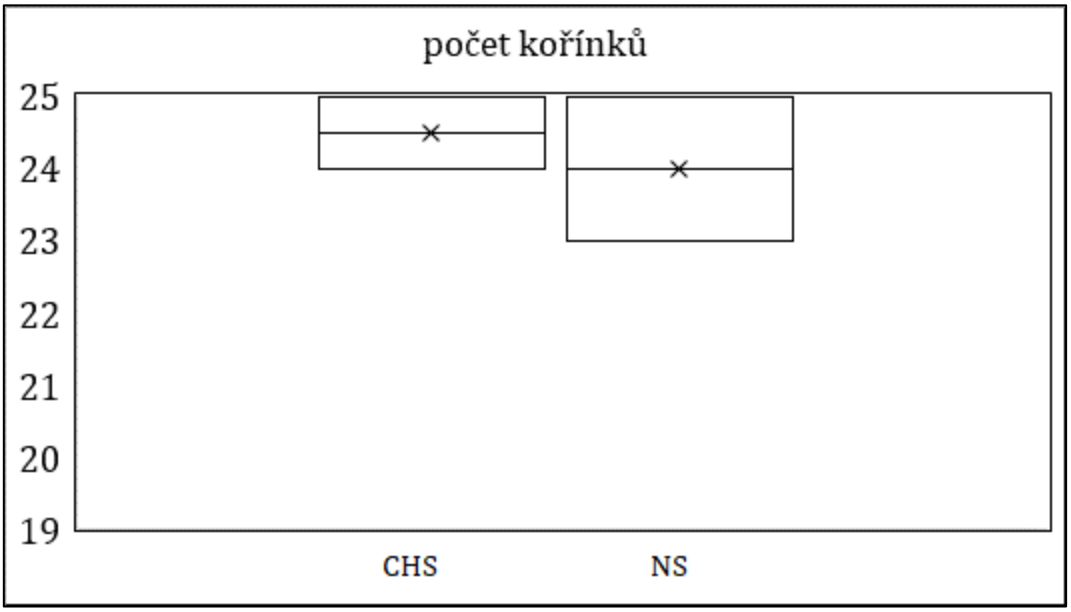
Obr. 61: Graf průběhu klíčení bulbil v rámci chladové stratifikace. LH – Luční hora, SH – Studniční hora, CHS-chladová stratifikace.

Tab. 3: Přehled informací (označení, počet bulbil, data založení a kontroly, počet vyklíčených kořínků a vrcholů) o testu klíčivosti bulbil.

typ ošetření	Petriho miska	počet bulbil	datum založení	datum kontroly	počet kořínků	počet vrcholů
CHS	LH CHS a	25	05.11.2018	06.06.2019	24	24
	LH CHS b	25	05.11.2018	06.06.2019	24	25
	SH CHS a	25	05.11.2018	06.06.2019	25	25
	SH CHS b	25	05.11.2018	06.06.2019	25	25
NS	LH NS a	25	05.11.2018	25.04.2019	23	17
	LH NS b	25	05.11.2018	25.04.2019	23	12
	SH NS a	25	05.11.2018	25.04.2019	25	19
	SH NS b	25	05.11.2018	25.04.2019	25	18



Obr. 62: Graf počtu vrcholů ze zjištěných údajů (Tab. 3).



Obr. 63: Graf vyklíčených kořínků ze získaných údajů (Tab. 3).

Obr. 64: nahoře: jednoduchý kořen vyrůstá z pletiva hrbolu klíčku (8.1.2019); uprostřed: vzrostný vrchol. (28.3. 2019); dole: klíčící bulbila-kořínek s vlášením (21.1. 2019). Autor: M.Depeš

5 Diskuze

Na území arkto-alpínské tundry v nejvyšších partiích Krkonoš se na rozdíl od botanicky bohatých lokalit-zahrádek v závětrných karech mnoho druhů cévnatých rostlin nevyskytuje (Jeník, 1961). Jedinečná souhra větrných proudění, periodického zamrzání a rozmrzání sněhu (Soukupová et al., 1995), nízkých teplot a dalších jevů formuje nejen reliéf hor ale i společenstva živých organismů. Vranec jedlový je drobná plavuň, která se u nás vyskytuje ve vyšších nadmořských výškách, zejména v podhůřích a na horách, ale může se ojediněle objevit i v nížinách (Wild et al., 2019). Mezi těmito rostlinami a těmi vyskytujícími se ve vyšších polohách lze pozorovat zajímavé morfologické změny, které se vyvinuly pravděpodobně jako adaptace na zhoršené růstové podmínky. Jedinci vyskytující se na horách jsou menší, kompaktnější a mají tuhé lístky blízce přimknuté k lodyžce než ti, kteří se nacházejí v nížině. Na rozdíl od ostatních plavuní, rod *Huperzia* disponuje jedinečnou schopností rozmnožovat se nejen pohlavně pomocí spor, ale i vegetativně díky útvarům na vrcholech větví, které se nazývají bulbily (Gola, 2008). Výsledkem vegetativního rozmnožování jsou genetické klony mateřské rostliny, které jsou schopné se vyvinout za jednu vegetační sezónu. Na rozdíl od pohlavního rozmnožování, kde samotné klíčení spor může trvat roky je rozmnožování pomocí bulbil ideální adaptací na drsné prostředí s krátkou vegetační dobou. Jedinci vyskytující se nad horní hranicí lesa volí právě strategii nepohlavního rozmnožování i přes výhody, které poskytuje organismům pohlavní rozmnožování (Gola, 2008).

Pozorování vegetativního šíření

Pro pozorování vzorců šíření jakéhokoli druhu je vhodné vybrat plochy na sledovaném území, které budou periodicky navštěvovány a budou na nich zaznamenávány a vyhodnocovány změny. Jelikož je vegetace zájmového území poměrně různorodá, pro vyjádření trendu šíření druhu je třeba založit dostatečně mnoho takových ploch pro pozorování interakce jejích elementů s vrancem. Pozorované plochy založené v rámci experimentu právě díky ne příliš vhodnému rozmístění v různorodé vegetaci svahů statisticky nemohou prokázat vliv okolní vegetace na rozmnožování vrance. Nicméně z výsledků lze pozorovat zákonitosti, které se objevují pouze na plochách s určitým typem vegetace. Například pro pozorování samotného vlivu rostoucí vegetace lišejníků na vegetativní

rozmnožování *Huperzia selago* (P: 0,008) , by bylo vhodné založit stejný počet ploch, jako v celé práci. Podobný trend byl také pozorován na plochách, kde se zvyšovala pokryvnost *Calluna vulgaris*. Další zajímavostí je stagnace nebo pokles pokryvnosti vrance jedlového na většině ploch, kdy nárůst se naopak objevuje na plochách s volným prostorem, zejména na okrajích sutí nebo v alpínských trávnících. Tyto změny lze pravděpodobně připisovat také působení mikroklimatických podmínek a mohou být porovnávány vhodným umístěním nových ploch podél liniového transektu.

Testování klíčivosti

Laboratorní testování klíčivosti je proces, který se primárně provádí za účelem zjištění, zda semena, která jsou skladována, mají schopnost vyklíčit (Zahradníková et Harčariková, 2013). Dalším důvodem realizace laboratorních testů klíčivosti je odhalení potenciálu konkrétních druhů využívat generativní reprodukci za nastolených podmínek a také pochopení mechanismů, kterými se semena brání předčasnému vyklíčení v nevhodném období, na které by nemohl navázat pokračující ontogenetický vývoj. Z tohoto důvodu jsou zavedeny standartní metody, z nichž jedna byla použita v této práci s označením CHS (chladová stratifikace). Vzhledem k potenciálu alkaloidu huperzinu A, který lze z rostlin vrance izolovat existují ověřené laboratorní metody klíčení bulbil s téměř stoprocentní úspěšností vyklíčení (Szypuła et al., 2013). I přes to, že se tyto metody liší provedením a hlavně účelem, bylo u chladové stratifikace na přírodním substrátu provedené v této práci dosaženo podobných výsledků. Pro pochopení vlivu průběhu teplot nad horní hranicí lesa byla zvolena tzv. přírodě blízká stratifikace (NS), kde byl průběh teplot odvozen z kontinuálních měření dataloggery na Studniční a Luční hoře v roce 2016 (Hučková 2017). Porovnání výsledků práce s předchozím pokusem (chladová stratifikace) prováděným v genetické bance KRNAP ukazuje shodu v klíčení kořínků, kdy na konci experimentu bylo v případě genetické banky vyklíčeno 99 % kořínků (Hučková, 2017) a v rámci této práce to bylo 98 %. V případě klíčení vzrostných vrcholů se výsledky obou experimentů diametrálně lišily, v genetické bance nevyklíčil ani jeden vzrostný vrchol (Hučková, 2017) a v rámci této práce vyklíčilo 99 % vrcholů ještě před zahájením poslední fáze pokusu. Tento experiment by proto bylo vhodné opakovat v několika opakováních, aby se zjistilo, co zapříčinilo tak rozdílný výsledek. Druhý typ stratifikace využívající údaje o kolísání teplot na

lokalitách v průběhu vegetační sezóny získaných z umístěného dataloggeru (Hučková, 2017) nabízel porovnání efektivity klíčení standartních metod a přírodě blízkých podmínek simulovaných v laboratoři. Tento druhý typ ošetření bulbil označen jako NS (natural stratification-přírodní stratifikace) je tedy jakýsi pokus o simulaci toho, co se děje s bulbilami na pozorovaných lokalitách. Při týdenních kontrolách těchto testů byly zaznamenávány morfologické změny. Vzhledem k tomu, že klimatická komora použitá pro pokusy s klíčením není schopná udržet teploty nižší, nebo blízké 0 °C, které byly na lokalitě zjištěny (Hučková, 2017), pokus přírodní stratifikace se přírodním podmínkám příliš nepodobá. Nicméně reálné teploty v průběhu pokusu a jejich vliv na průběh klíčení bulbil ukazuje na zajímavé zákonitosti. Bulbily v simulovaném přírodním prostředí klíčily postupně, tudíž vyvstává otázka zda ty, které v přírodním prostředí začínají klíčit později, mají šanci přežít.

Analýza historického výskytu nad horní hranicí lesa

K pozorování historického výskytu je nejvhodnější využít databázi Pladias, jelikož se jedná o nejnovější zdroj, který je pravidelně aktualizován novými nálezy a zároveň sdružuje i databáze jiných institucí a herbářové položky. Pravidelné průběžné kontroly a opravy garanty zajišťují vysokou spolehlivost dat (Wild et al., 2019), ačkoli některé historické záznamy a herbářové položky ze zřejmých důvodů nejsou popsány podle dnešních standardů, proto může být jejich lokalizace na konkrétní území obtížná. Záznamy o výskytu pocházejí z rozpětí 231 let (1785 do 2016) a nejčastěji se oběvují záznamy z roku 2011. Nadmořská výška nebývá u starších záznamů a herbářových položek uvedena, lze tedy předpokládat, že záznamy v nejvyšší nadmořské výšce byly pořízeny na Sněžce (1603) a nejníže položené v okolí Zadních Rennerovek (1250). Mezi významné přírodovědce, kteří zaznamenali mimo jiné i výskyt *Huperzia selago* patří například botanici F. Schustler, T.Haenke, zakladatel Krkonošského muzea Viktor Cypers von Landrecy a Cyril Purkyně (vnuk J.E.Purkyně) (Wild et al., 2019).

Závěr

Laboratorní pokusy ukazují, že druh má potenciál šířit se vegetativními útvary a že vzrostné vrcholy klíčících propagulí v přírodním substrátu lépe vzchází po stratifikaci chladem. Pro další sledování potenciálu šíření vrance jedlového je vhodné pokusy založit ve více opakováních a porovnat výsledky průběhu klíčení s reálnými podmínkami, které panují na lokalitách odběru. Takto teoreticky lze pozorovat úspěšnost přežití vegetativně rozšířených jedinců v laboratorních podmínkách.

Při pozorování dynamiky růstu *Huperzia selago* byly objeveny vzorce šíření druhu ve vztahu k ostatním elementům subalpínských společenstev, a to lišejníkům, vřesu obecnému (*Calluna vulgaris*) a metličce křivolaké (*Avenella flexuosa*). Ekologické zákonitosti odkryté v této práci by do budoucna bylo dobré dále ověřit v následujících pracích týkajících se rozšíření vrance jedlového v Krkonoších, které by se svou odlišnou metodikou (založení nových pozorovacích ploch nebo liniových transektů) zaměřily na konkrétní vzorce objevené v této práci, například vliv pokryvnosti lišejníků, vřesu a metličky na růst *H.selago* v rozdílných nadmořských výškách a klimatických podmínkách.

Seznam použité literatury

Amcharts.com (2014): Visited Countries map. [online]. [quot 11.7.2019] Available in: https://www.amcharts.com/visited_countries/#

Angiosperm phylogeny group (2009): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161: 105–121.

Crawford R. M. M., Chapman H. M., Hodge H. (1994) Anoxia Tolerance in High Arctic Vegetation, Arctic and Alpine Research 26(3): 308-312.

Český hydrometeorologický ústav (2010): Průměrný roční úhrn srážek za období 1981-2010. [online]. [quot 4.7.2019] Available in: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#.

ČUZK (2019a): Prohlížecí služba WMS-Ortofoto. [online]. [quot 11.7.2019] Available in: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMService.aspx

ČUZK (2019b): Prohlížecí služba WMS - ZM 50. [online]. [quot 11.7.2019] Available in: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMService.aspx

Danihelka J., Chrtek J. Jr., Kaplan Z. (2012): Checklist of vascular plants of the Czech Republic. Preslia 84: 647-811.

Demek J. (1965): Geomorfologie českých zemí. ČSAV, Praha. 335 p.

Demek J. et al. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Brno, 584 s.Demek J., Mackovčin P. (eds.) et al. (2006): Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon ČR. Vydání II. AOPK ČR, Brno. 582 p.

Dostál J. (1953): Krkonoše. Orbis, Praha. s. 7-55.

Dřevojan P., Chytrý M., Sádlo J., Pyšek P. (2016): Vazba na lesní prostředí [online]. [quot 3.7.2019] Available in: https://pladias.cz/taxon/data/Huperzia%20selago.

Engel Z. (2014): Pleistocénní ledovce na území Česka. Geografické rozhledy 23(3): 32-33.

Global Biodiversity Information Facility (2017): Huperzia selago (L.) Bernh. ex Schrank & Mart. [online]. [quot 6.7.2019] Available at: https://www.gbif.org/species/2688495

Gola E.M. (2008): Reproductive strategies of Huperzia. In: Szczęśniak E., Gola E. eds.: Club mosses, horsetails and ferns in Poland-resources and protection. Institute of Plant Biology, University of Wrocław, Wrocław, 5-14.

Grulich V. (2012): Red list of vascular plants of the Czech Republic: 3rd. edition. Preslia 84: 631-645.

Hassler M., Schmitt B. (2019): Checklist of Ferns and Lycophytes of the World. [online]. [quot 10.7.2019] Available in: https://worldplants.webarchiv.kit.edu/ferns/index.php

Hejný S., Slavík B., et al. (1988): Květena České socialistické republiky 1. Academia, Praha, 560 p.

Higgins K. L., Arnold A. E., Miadlikovska J., Sarvate S. D., Lutzoni F. (2006): Phylogenetic relationships, host affinity, and geographic structure of boreal and arctic endophytes from three major plant lineages. Molecular Phylogenetics and Evolution 42(2): 543-555.

Hošek E. (1976): Historie lesů – III. cyklus ÚIČ Brandýs nad Labem, pobočka Frýdek-Místek, 101 p. In: Treml V., Migoń P. (2015): Controlling factors limiting timberline position and shifts in the Sudetes: a review, Geographia Polonica 88(2): 55-70.

Hučková S. (2017): Dynamika vegetativního šíření v subalpínských fytocenózách Luční a Studniční hory v Krkonoších. Hradec Králové. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce RNDr. Romana Prausová, Ph.D., 118 p.

Chytrý M. (2010): Vegetace České republiky. 1, Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha, 528 p., ISBN: 978-80-200-1462-7.

Chytrý M., Tichý L., Dřevojan P., Sádlo J., Zelený D. (2018): Ellenberg-type indicator values for the Czech flora. Preslia 90: 83–103.

Jeník J. (1961): Alpinská vegetace Krkonoš,Králického Sněžníku a_Hrubého Jeseníku: teorie anemo-orografických systémů. ČSAV,Praha. 412 p.

Jeník J. (1985): Přínos Tadeáše Haenkeho k floristice Krkonoš. Zprávy České Botanické Společnosti 20: 197-209. In: Wild J., Kaplan Z., Danihelka J., Petřík P., Chytrý M., Novotný P., Rohn M., Šulc V., Brůna J., Chobot K., Ekrt L., Holubová D., Knollová I., Kocián P., Štech M., Štěpánek J. & Zouhar V. (2019): Plant distribution data for the Czech Republic integrated in the Pladias database. Preslia 91: 1–24. [online]. Available in: Pladias. Databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz

Kučera J., Váňa J., Hradílek Z. (2012): Bryophyte flora of the Czech Republic: updated checklist and Red List and brief analysis. Preslia 84: 813-850.

Kühn I., Klotz S. (2002): Angaben zu den Arealen. In: Klotz S., Kühn I., Durka W. (eds), BIOLFLOR: Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – Schriftenr. Vegetationsk. 38: 227–239.

Lenkiewicz A. M., Czapski G. A., Jęsko H., Wilkaniec A., Szypuła W., Pietrosiuk A., Uzsyńska A., Adamczyk A. (2016): Potent effects of alkaloid-rich extract from Huperzia selago against sodium nitroprusside-evoked PC12 cells damage via attenuation of oxidative stress and apoptosis. Folia Neuropathologica 54(2): 156-166.

Martin J., Kršková Z., Dušek J. (2011): Huperzin A a jiné přírodní látky v léčbě Alzheimerovy choroby. Praktické lékárenství 7(1): 39-41.

Mártonfi P. (2013): Systematika cievnatých rastlín. Univerzita Jozefa Šafárika v Košiciach, 415 p., ISBN: 978-80-7097-694-4.

Meteogram.cz (2019): Východ a západ slunce. [online]. [quot 10.7.2019] Available in: https://www.meteogram.cz/vychod-zapad-slunce/.

Pašťalková H., Podrázský V., Vacek S. (2001): Soils in the dwarf pine altitudinal zone of the Giant mts. Opera Corcontica 38: 207-217.

Petránek J., Březina J., Březinová E., Cháb J., Loun J., Zelenka P. (2016): Encyklopedie geologie. Česká geologická služba, Praha. 352 p.

Pilous V. (2016): Vrcholy krkonošské tundry. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí. ISBN 978-80-7535-040-4.

Prieto J. A. F., Anguiar C., Dias E., Casado M. de L. A. F., Homet J. (2008): The genus Huperzia (Lycopodiaceae) in the Azores and Madeira. Botanical Journal of the Linnean Society 158: 522-533.

Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa/Climatic regions of Czechoslovakia. Geografický ústav ČSAV, Brno.

Rice A. et al. (2015): The Chromosome Counts Database-a community resource of plant chromosome numbers. New Phytologist 206(1): 19-26.

Sádlo J., Chytrý M., Pyšek P. (2007): Regional species pools of vascular plants in habitats of the Czech Republic. Preslia 79: 303–321.

Soukupová L., Kociánová M., Jeník J., Sekyra J. eds. (1995): Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, The Sudetes. Opera Corcontica 32: 2-88.

Szypuła W. J., Mistrzak P., Olszowska O. (2013): A new and fast method to obtain in vitro cultures of Huperzia selago (Huperziaceae) sporophytes, a club moss which is a source of huperzine A. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 82(4): 313-320.

Štursa J. (2011): Krkonoše/Karkonosze přeshraniční biosférická rezervace UNESCO. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí.

Štursa J., Jeník J., Dvořák I. J., Harčarik J., Jankovská V., Soukupová L., Vaněk J. (2012): Horské růžencové toky v arkto-alpínské tundře Krkonoš, Vysoké Sudety. Opera Corcontica 49: 145–172.

Treml V., Banaš M. (2000): Alpine timberline in the High Sudetes. Acte Universitatis Caroliae, Geographica 35: 83-99.

Treml V., Banaš M. (2003): Alpine timberline in the High Sudeties. Acta Universitatis Carolinae, Geographica 35(2) 83-99.

Treml V., Migoń P. (2015): Controlling factors limiting timberline position and shifts in the Sudetes: a review, Geographia Polonica 88(2) 55–70.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, Pobočka Hradec Králové (2001): Oblastní plán rozvoje lesů, 22- Krkonoše.

Vězda A., Liška J. (1999): Katalog lišejníků České republiky. Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic, Průhonice. 283 p.

Vinter V. (2004): Atlas anatomie cévnatých rostlin. [online]. [quot 3.7.2019] Available in: http://www.botanika.upol.cz/atlasy/anatomie/index.html.

WCSP (2019): World Checklist of Selected Plant Families. Royal Botanic Gardens, Kew. [online]. [quot 10.7.2019] Available in: http://wcsp.science.kew.org/

Westhoff V., van der Maarel E. (1978): The Braun-Blanquet Approach. In: Whittaker R.H. ed.: Ordination and Classification of Communities, Dr. W. Junk. Dordrecht. 617-626.

Whittier D. P., Storchova H. (2007): The Gametophyte of Huperzia selago in Culture. American Fern Journal 97(3): 149-154.

Wild J., Kaplan Z., Danihelka J., Petřík P., Chytrý M., Novotný P., Rohn M., Šulc V., Brůna J., Chobot K., Ekrt L., Holubová D., Knollová I., Kocián P., Štech M., Štěpánek J. & Zouhar V. (2019): Plant distribution data for the Czech Republic integrated in the Pladias database. Preslia 91: 1–24. [online]. Available in: Pladias. Databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz

Winther J. L., Friedman W. E. (2008): Arbuscular mycorrhizal associations in Lycopodiaceae. New Phytologist 177: 790-801.

Zahradníková J., Harčariková L. (2013): Banka semen ohrožených druhů rostlin Krkonoš-klíčivost a hmotnost semen, část 2. Opera Corcontica 50: 119-142.

Zhang L. B., Iwatsuki K. (2013): Lycopodiaceae. in: Wu Z. Y., Raven P. H., Hong D. Y. (eds.): Flora of China. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press 2,3 (Pteridophytes): 13–34.

Přílohy

Příloha 1: Ellenbergovy indikační hodnoty pro *Huperzia selago* (Westhoff et van der Maarel, 1978).

Indikační hodnota pro:
světlo (5)
rostlina polostinných míst, výjimečně rostoucí na plném světle, ale většinou při více než 10 % rozptýleného záření dopadajícího na volnou plochu (generalista)
teplota (3)
indikátor chladu, vyskytující se v subalpínském stupni
vlhkost (6)
indikátor vlhka, vázaný na vodou dobře zásobené, ale ne mokré půdy
reakce (3)
indikátor acidity vyskytující se hlavně v kyselých podmínkách, výjimečně v neutrálních podmínkách
živiny (4)
výskyt na mírně živinami bohatých místech, méně často na chudších nebo bohatších místech
salinita (0)
netolerantní k solím, glykofyt

Příloha 2: Tabulka počtu historických záznamů nálezů Huperzia selago nad horní hranicí lesa v Krkonoších, Hrubém Jeseníku a na Kralickém Sněžníku, spolu s nejstarším záznamem (Wild et al.,2019).

Krkonoše			
	nadmořská výška	počet záznamů	nejstarší záznam
Studniční hora	1554	27	1885 Patzer PRC
Sněžka	1603	24	1898 Sterneck PRC
Kotel	1435	21	1881 Purkyně MP
Luční hora	1555	18	1913 E.Hejný PRC
Labská bouda	1340	18	1884 Vandas PR
Luční bouda	1405	12	1898 J.Vilhelm BRNU
Vysoké kolo	1509	7	1785 Haenke
Úpská jáma	1290	5	1887 R.Traxler MP
Stříbrný hřbet	1460	4	1972 M.Berciková ČNFD
Malý Šišák	1440	3	1879 Pečírka PR
Čertova louka	1410	3	1958 J.Gregor DLT
Obří sedlo	1395	3	1888 R.Bayer PR
Lysá hora	1344	3	1895 K.Tocl PR
Pančavská louka	1325	3	1955 M.Hostička MP,PRC
Petrova bouda	1288	3	1856 Nickerl PR
Violík	1472	2	1932 O.Ladermann PR
Zadní planina	1423	2	1948 K.Kubát LIT
Zlaté návrší	1411	2	1964 Pyšek PL
Sokolník	1384	2	1961 J.Skuhrovec DLT
Liščí hora	1363	2	1931 J.Jeník ČNFD
Mužské kameny	1417	1	2006 Wagnerová FLDOK
Svorová hora	1410	1	1947 V.Horák MP
Růžová hora	1391	1	1928 J.Dostál PR
Výrovka	1355	1	1953 Kádner ROZ
Černá hora	1299	1	1882 Purkyně FLDOK
Zadní Rennerovky	1250	1	1980 K.Kubát LIT
Velký Šišák	1410	0	
Luboch	1298	0	
Kamenec	1238	0	
Hrubý Jeseník			
	nadmořská výška	počet záznamů	nejstarší záznam
Praděd	1491	26	1860 J.Kalmus BRNU
Petrovy kameny	1446	15	1900 Svěrák OP
Vozka	1377	15	1905 Teuber BRNM
Kepрník	1423	14	1873 A.Oborny BRNM
Vysoká hole	1464	9	1899 A. Rieger BRNU
Červená hora	1333	7	1919 F.Schustler PR
Malý děd	1368	2	2014 R.Štencl NDOP
Žalostna	1351	2	2005 R. Albín NDOP
Šerák	1350	2	1887 F.Zavřel ZMT
Velký máj	1386	1	1992 Klimešová FLDOK

Jelení hřbet	1367	1	1992 Klimešová FLDOK
Břidličná hora	1358	1	1992 Klimešová FLDOK
Mravenečník	1343	1	1933 Leneček PRC
Pecný	1330	1	1992 Klimešová FLDOK
Spálený vrch	1312	1	2015 R.Štencl NDOP
Pec	1311	1	1992 Klimešová FLDOK
Kamzičník	1420	0	
Velký děd	1408	0	
Dlouhé stráně	1353	0	
Vřesník	1342	0	
Kralický Sněžník			
	nadmořská výška	počet záznamů	nejstarší záznam
Kralický Sněžník	1424	8	1970 Skalický NDOP
Vysvětlivky			
BRNM	herbář Moravského zemského muzea v Brně		
BRNU	herbář Ústavu botaniky a zoologie Přf Masarykovy univerzity v Brně		
OP	herbář Slezského zemské muzeum v Opavě		
PR	herbář Bot. oddělení Přírodovědeckého muzea Národního m. v Praze		
ZMT	herbář Muzea Vysočiny Třebíč		
PRC	herbář Katedry botaniky přf Univerzity Karlovy v Praze		
NDOP	nález z Nálezové databáze ochrany přírody AOPK		
FLDOK	nález z floristické dokumentace (odborný článek, botanický zápis)		
MP	herbář Východočeského muzea v Pardubicích		
ČNFD	nález z České národní fytocenologické databáze		
DLT	nález z Databáze lesnické typologie		
PL	herbář Západočeského muzea v Plzni		
LIT	herbář Okresního vlastivědného muzea v Litoměřicích		
ROZ	herbář Středočeského muzea v Roztocích u Prahy		

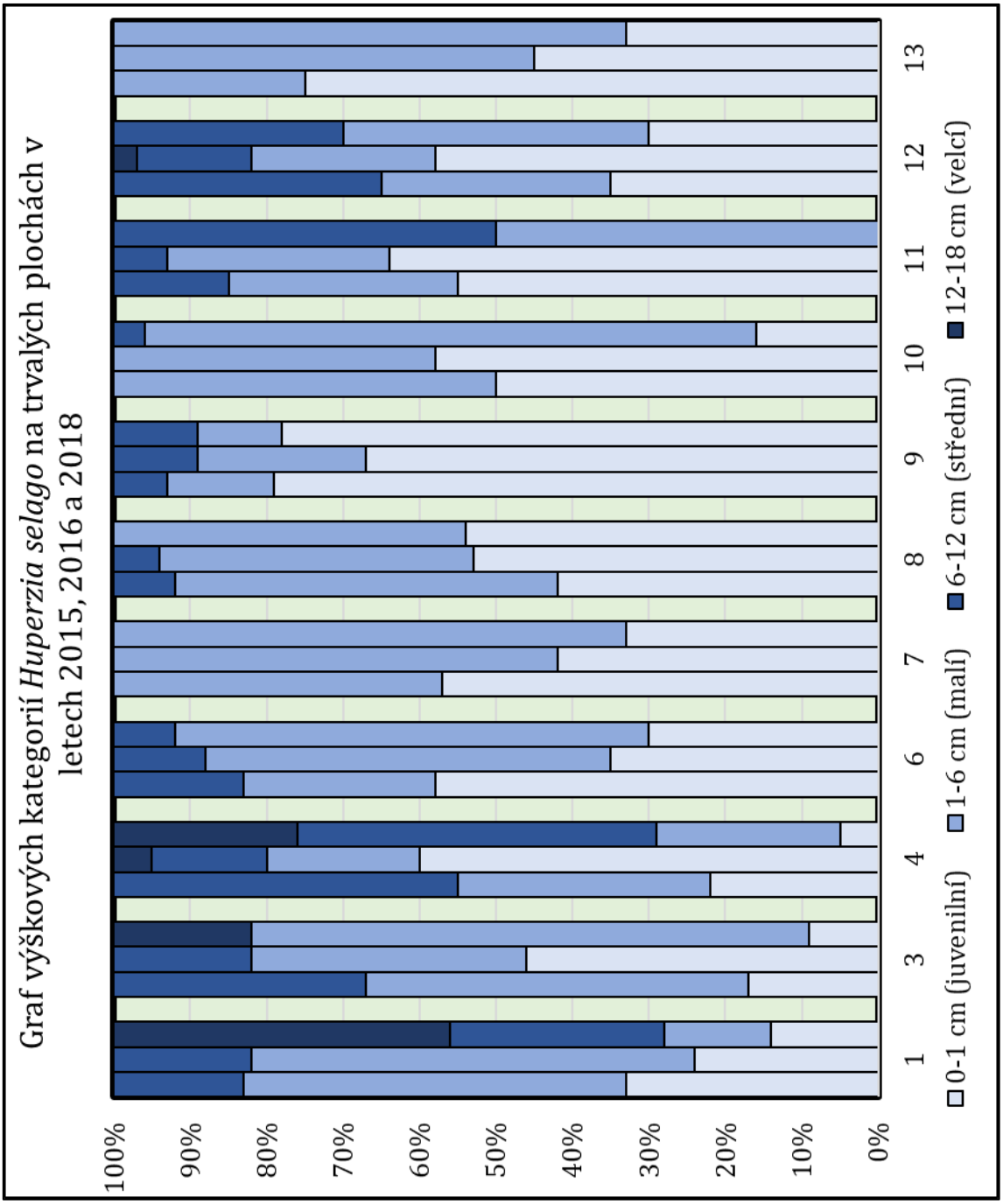
Příloha 3: Tabulka porovnání procentuálních změn pokryvností všech zkoumaných taxonů na všech pozorovaných plochách v období 2016 a 2018.

	Luční hora (změna pokryvnosti v %)					Studniční hora (změna pokryvnosti v %)					
	plocha 1	plocha 3	plocha 4	plocha 6	plocha 7	plocha 8	plocha 9	plocha 10	plocha 11	plocha 12	plocha 13
E1											
Tracheophytes	6	12	-25	-13	3	4	6	11	11	-20	-18
Avenella flexuosa	3	10	-29	-3	5	-2	-1	-2	-2	-5	-4
Calluna vulgaris		-2		-7	2	11	12	15	15	-17	-7
Carex bigelowii				-2	-3	r	-2	-1		-2	-7
Hieracium sp.	-1	1			r		-r	0	1	1	
Huperzia selago	4	3	4	-1	-1	-5	-3	0	1	-7	0
Vaccinium myrtillus							1			10	
Vaccinium vitis-idaea								-1	-4		
E0											
Lichenes	-15	-18	2	13	4	1	12	5	5	3	5
Alectoria ochroleuca				7		r		3	-5	2	
Baeomyces rufus				r		-2	-1	-2		2	
Cetraria islandica			3	-1	7	8	-1	3	6	8	2
Cladonia arbuscula								r			
Cladonia bellidiflora	2	1	-1	5	-2	6	6	2	2	-2	5
Cladonia cervicornis		-2									
Cladonia deformis				r	r						
Cladonia digitata	-4					-4	-7	-1	-2		
Cladonia fimbriata								r			
Cladonia macroceras									-1		
Cladonia pleurota											
Cladonia pyxidata				-2		-2	r	-4	1	-2	-1
Cladonia rangiferina										-r	
Cladonia squamosa											r
Cladonia uncialis					0	-1					0
Fuscidea kochiana		r		-2							
Lecanora confluens	r										
Lecanora intricata	r	r			0						
Lecanora neglecta	r										
Lecanora polytropa	2	6		-2		-r	0		-1		
Lecidea fuscoatra		2									
Lecidea lapicida		4			-r						
Lecidea lithophila	1	1		2	r	1	2				0
Lecidea plana	0	1		-4		-2	-4		0	1	
Lecidoma demissum					-r	-4	-2				
Micarea lignaria				5		-2			6	2	0
Micarea turfosa	r						8	2			0
Placynthiella icmalea						1	11	r			
Placynthiella uliginosa				-2							-4
Porpidia soredizodes											-1
Porpidia tuberculosa	-13	-19		4	r		r		-1	-1	2
Protoparmelia badia										-2	
Rhizocarpon alpicola		4							-1		
Rhizocarpon geographicum	-8	-10		-1					1	-1	
Rhizocarpon hochstetteri	r	1			r					r	
Rhizocarpon lecanorinum	r								-r		
Rhizocarpon reductum	-3	-2		-1					0		
Schaereria fuscocinerea		-2								-1	
Stereocaulon dactylophyllum	-r										
Stereocaulon vesuvianum	r	-2									
Thamnolia vermicularis						r					
Trapelia coarctata	2	1					r		r		
Trapeliopsis granulosa				1		2	r	2	1	1	r
Tremolecia atrata	0	0									
Bryophytes	1	-1	3	3	-3	-2	1	0	-3	1	-9
Dicranella sp.	1					-1	-1				-2
Kiaeria starkei				-1					-5		-3
Pohlia sp.				1		-1	2				-4
Polytrichum strictum			3	3	-3				2	1	
Racomitrium sp.		-1									

Příloha 4: Tabulka počtů jedinců, počtu větví jedinců a podílu větví a jedinců na začátku experimentu (2015) a v roce 2018

číslo plochy	**1**	**3**	**4**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
počet jedinců (2015)	7	7	11	12	7	36	30	24	24	27	23
počet větví (2015)	20	16	30	30	23	59	36	44	36	73	27
větve/jedinci (2015)	2,9	2,3	2,7	2,5	3,3	1,6	1,2	1,8	1,5	2,7	1,2
počet jedinců (2018)	7	11	18	20	7	13	16	23	10	19	16
počet větví (2018)	33	61	98	35	19	25	18	64	23	83	33
větve/jedinci (2018)	4,7	5,5	5,4	1,8	2,7	1,9	1,1	2,8	2,3	4,4	2,1

Příloha 5: Graf výškových kategorií *Huperzia selago* na trvalých plochách v letech 2015, 2016 a 2018



Příloha 6a: Tabulka rozložení všech bulbil na všech plochách z roku 2015 (Hučková, 2017).

Rozložení bulbil na pozorovaných plochách v roce 2015

1	1	2	3	4	5
A					
B				3	
C				1	
D	1				
E					

3	1	2	3	4	5
A				1	
B					
C			2	10	
D				1	
E		1		1	

4	1	2	3	4	5
A	2	2	2	10	1
B	30			3	1
C	2	1			
D		2	1	23	
E		2	4	2	

6	1	2	3	4	5
A					
B	3	6			4
C					
D		3		4	
E			3		

7	1	2	3	4	5
A	3				
B		4			
C		1			
D			5		
E					

8	1	2	3	4	5
A	2			1	1
B	3	2	2	1	1
C	4				1
D	7	2	1		
E	4	1	2	2	1

9	1	2	3	4	5
A	1	2		1	2
B		2		2	
C		10		2	
D		2	2		
E					

10	1	2	3	4	5
A					
B			10	1	
C		1	8		2
D	2	1	6		
E		2	8		

11	1	2	3	4	5
A	1	2			
B	2			2	
C	3			1	7
D	1	2	1		3
E	1	3	2	8	3

12	1	2	3	4	5
A	4	6			
B		4		8	
C		4			
D			8		
E			3		

13	1	2	3	4	5
A		3			
B		8		1	
C		1			5
D		3			1
E					

Příloha 6b: Tabulka rozložení všech bulbil na všech plochách z roku 2016 (Hučková, 2017).

Rozložení bulbil na pozorovaných plochách v roce 2016

1	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D	1				
E					

3	1	2	3	4	5
A					
B					
C				8	
D				1	
E		2			

4	1	2	3	4	5
A	1	1	2	12	
B	43		3		
C		2	2	4	
D			2	13	2
E		5	3	1	1

6	1	2	3	4	5
A	1				
B	3	2			4
C				3	
D	2			1	
E			3		

7	1	2	3	4	5
A	1				
B		2			
C		2			
D			3		
E					

8	1	2	3	4	5
A	1				
B	2	2			1
C	2				3
D	4				
E	1		1		

9	1	2	3	4	5
A				1	1
B			1	2	
C		4			
D		2	1		1
E			1		

10	1	2	3	4	5
A					
B			8		
C			6		2
D		1	2		
E	1	1	6		

11	1	2	3	4	5
A					
B				1	
C	1			1	3
D			1		
E		2	2	6	

12	1	2	3	4	5
A	4	8			1
B		1		5	
C		1			3
D	1		5	1	
E			1	3	

13	1	2	3	4	5
A		5		1	
B		2		1	
C					4
D		4		1	1
E					

Příloha 6c: Tabulka rozložení všech bulbil na všech plochách z roku 2018.

Rozložení bulbil na pozorovaných plochách v roce 2018

1	1	2	3	4	5
A				4	35
B	1	13		22	22
C	13	4			
D	18				
E					

3	1	2	3	4	5
A					
B			20	42	13
C				67	12
D					
E	10				

4	1	2	3	4	5
A		30	85	48	
B					
C	23				
D			28	56	
E		29	36	45	42

6	1	2	3	4	5
A					
B					2
C					
D					
E					

7	1	2	3	4	5
A					
B					2
C					
D					
E					

8	1	2	3	4	5
A		3			
B		6		1	
C					1
D					6
E					

9	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D		6			
E					

10	1	2	3	4	5
A					
B					
C			2		
D					
E			17		

11	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D			2		
E		3	3	7	7

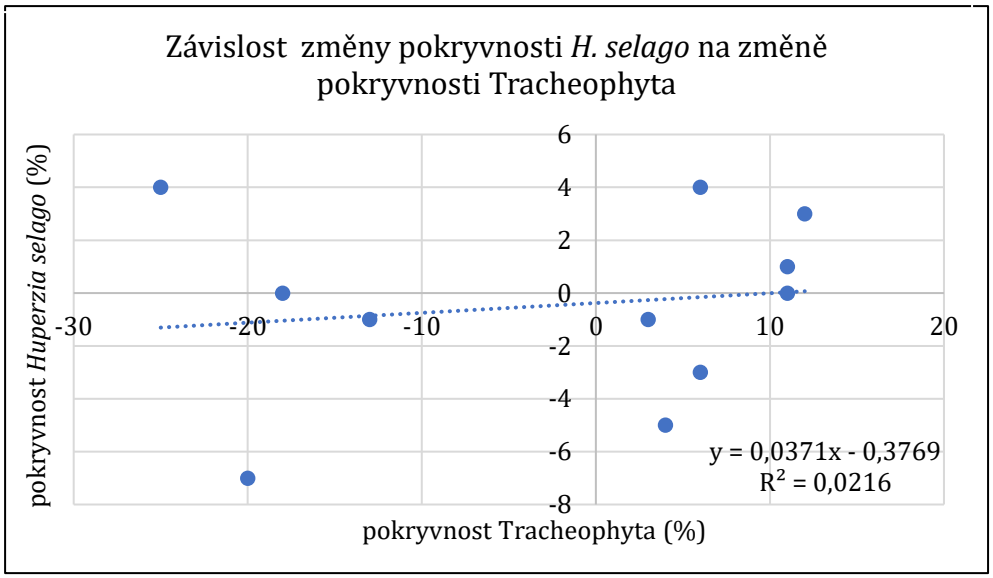
12	1	2	3	4	5
A	27	17	9		
B		13	10		
C				3	28
D	5	2	23	26	
E	7				

13	1	2	3	4	5
A					
B					
C		7			
D	4				
E	10				

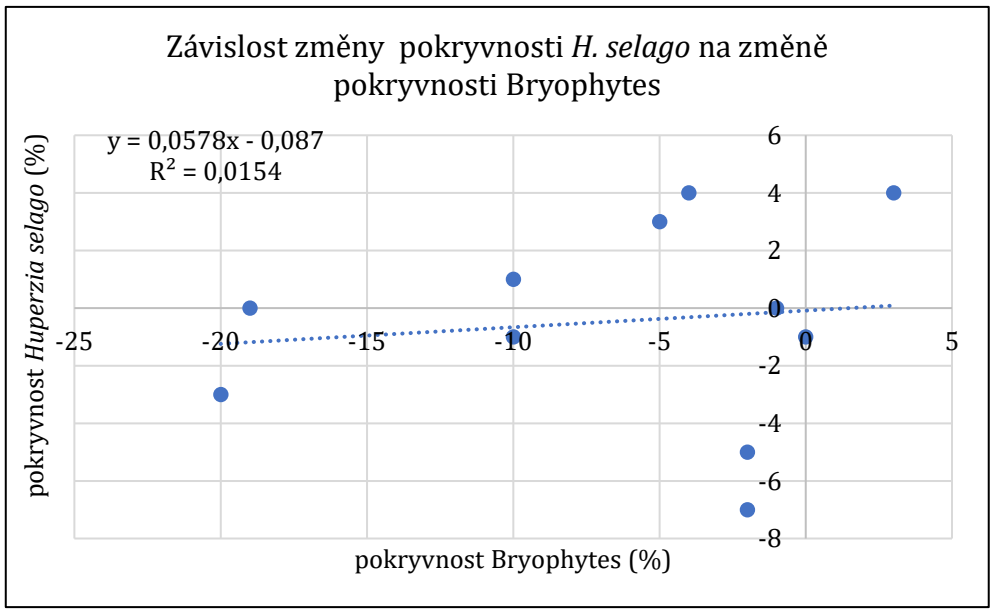
Příloha 7: Tabulka s teplotními údaji pro každý měsíc průběhu experimentu. (listopad-květen). Teploty z dataloggeru v časech 0:00, 5:00. 12:00, 18:00 (Hučková, 2017). Pro odečet denní periody byla použita data z www.meteogram.cz (meteogram.cz, 2019).

		teplota v čase				denní perioda				
		0:00	**5:00**	**12:00**	**18:00**	**rozbř.**	**východ slunce**	**západ slunce**	**stmív.**	**délka dne**
XI.	**začátek**	2,16	1,66	5,31	2,23	6:16	6:51	16:32	17:07	9:41
	polovina	2,06	1,45	1,49	0,99	6:37	7:13	16:12	16:48	8:59
	konec	-0,01	-0,26	-0,15	-0,25	6:57	7:35	15:58	16:36	8:23
XII	**začátek**	-0,33	-0,05	0,04	-0,20	7:01	7:39	15:56	16:34	8:17
	polovina	-0,98	-0,97	-0,95	-0,96	7:14	7:53	15:53	16:32	8:00
	konec	-4,26	-3,98	-3,94	-4,97	7:21	8:00	16:00	16:40	8:00
I.	**začátek**	-3,25	-2,96	-2,25	-2,94	7:21	8:00	16:02	16:41	8:02
	polovina	-2,14	-2,10	-1,86	-2,00	7:16	7:54	16:20	16:58	8:26
	konec	-2,20	-2,88	-2,54	-2,75	7:01	7:37	16:45	17:20	9:08
II.	**začátek**	-1,27	-1,05	-0,70	-0,74	6:58	7:33	16:50	17:25	9:17
	polovina	-1,66	-1,75	-1,43	-1,61	6:37	7:11	17:13	17:47	10:02
	konec	-2,54	-3,02	-2,85	-2,64	6:14	6:48	17:34	18:07	10:46
III.	**začátek**	-1,94	-2,20	-1,99	-1,90	6:08	6:41	17:39	18:12	10:58
	polovina	-1,82	-1,77	-1,76	-1,68	5:40	6:13	18:01	18:34	11:48
	konec	-0,43	-0,49	-0,45	-0,45	5:06	5:39	18:25	18:59	12:46
IV.	**začátek**	-0,41	-0,50	-0,39	-0,36	5:59	6:33	19:30	20:04	12:57
	polovina	0,23	0,10	1,56	0,72	5:30	6:04	19:51	20:26	13:47
	konec	-1,20	-1,72	0,30	-0,16	4:59	5:36	20:14	20:51	14:38
V.	**začátek**	-0,17	-0,22	4,99	0,65	4:53	5:31	20:19	20:56	14:48
	polovina	0,11	2,03	5,05	1,58	4:29	5:10	20:39	21:19	15:29
	konec	7,26	9,69	14,68	10,83	4:09	4:52	20:59	21:42	16:07

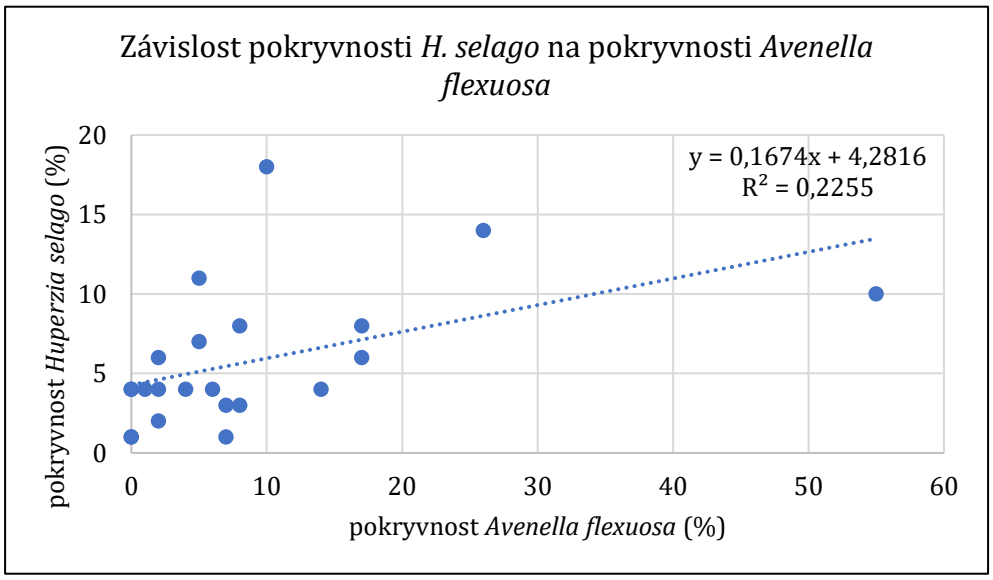
Příloha 8a: Graf závislosti změny pokryvnosti *Huperzia selago* na změně pokryvnosti Tracheophyta; P = 1,60E-04; r^2 = 0,216.



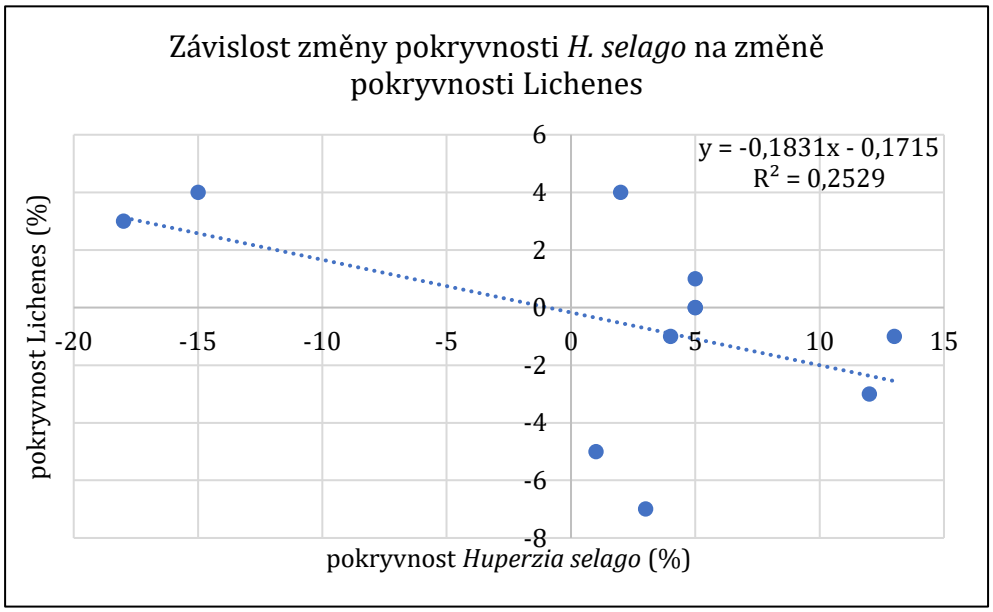
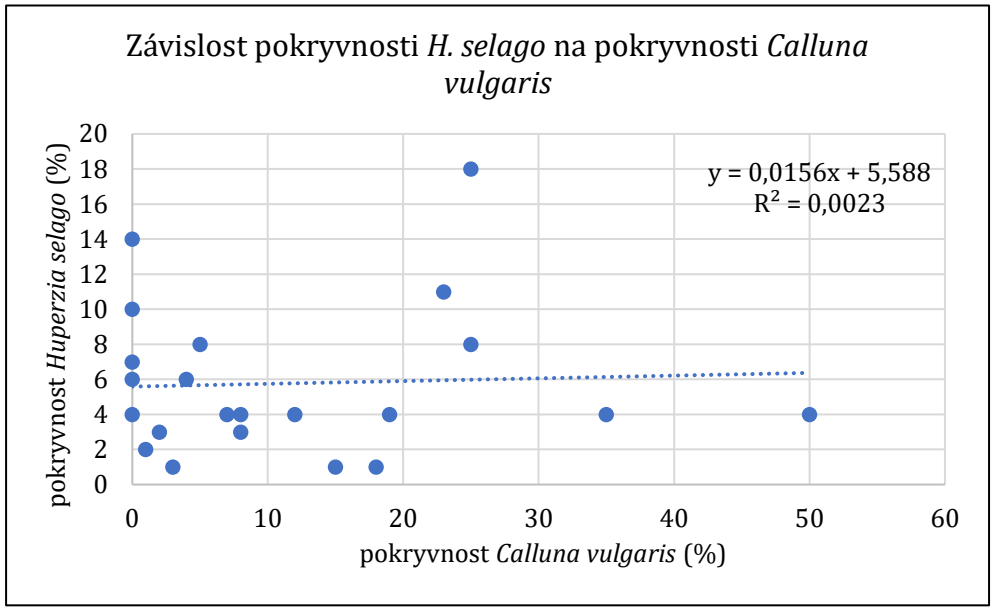
Příloha 8b: Graf závislosti změny pokryvnosti *Huperzia selago* na změně pokryvnosti Bryophytes; P = 2,40E-02; r^2 = 0,0154.



Příloha 8c: Graf závislosti pokryvnosti *Huperzia selago* na pokryvnosti *Avenella flexuosa*; P = 1,19222E-05; r^2 = 0,2255.



Příloha 8d: Graf závislosti změny pokryvnosti *Huperzia selago* na změně pokryvnosti Lichenes; P = 8,12E-03; r^2 = 0,2529.



Příloha 8e: Graf závislosti pokryvnosti *Huperzia selago* na pokryvnosti *Calluna vulgaris*; P = 3,05791E-06; r^2 = 0,0023.