

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Biologie

Ekologická a evoluční biologie



Pavla Trachtová

Stanovištní nároky druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum*
v pískovcové oblasti Národního parku České Švýcarsko

Habitat requirements of two species *Huperzia selago* and *Lycopodium annotinum*
in sandstone area of the Bohemian Switzerland National Park

Bakalářská práce

Školitelka: RNDr. Věroslava Hadincová, CSc.

Praha, 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 8.5.2011

Podpis

Poděkování

Děkuji své školitelce RNDr. Věroslavě Hadincové, CSc. za cenné připomínky a rady, velkou pomoc při práci v terénu a čas, který mi věnovala. Dále děkuji své rodině a přátelům za podporu. Velký dík patří také všem, co mi pomáhali se sběrem dat v terénu.

Abstrakt

Druhy *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* se vyskytují na chladných a vlhkých stanovištích s kyselým podkladem. V České republice to jsou hlavně horské oblasti, ale také pískovcové rokly, ve kterých dochází k teplotní inverzi. Ta způsobí, že se klimatické podmínky v roklích odlišují od klimatu okolního prostředí, což způsobuje vysokou druhovou bohatost mezi stanovišti. Montánní a boreální druhy zde tedy rostou ve velmi nízkých nadmořských výškách a v blízkosti termofilních druhů. Jestli se budou montánní a boreální druhy rostlin vyskytovat v pískovcových roklích, ovlivňuje převážně přítomnost teplotní inverze, která je určena vlastnostmi rokly (hloubka, šířka, orientace) a povětrnostními podmínkami. Kromě mikroklimatických podmínek, jsou dalšími důležitými faktory ovlivňujícími výskyt těchto druhů množství živin v půdě a míra kompetice. Oba druhy, *Huperzia selago* i *Lycopodium annotinum*, spadají v České republice do kategorie C3, to znamená, že vykazují trvalý ústup z naší přírody. Při mé terénní práci na území Národního parku České Švýcarsko se u druhu *Huperzia selago* tento trend potvrdil.

Klíčová slova: *Huperzia selago*, *Lycopodium annotinum*, mikroklima, teplotní inverze

Abstract

Species *Huperzia selago* and *Lycopodium annotinum* occur in cold and humid habitats with acid substrate. These are mainly mountain areas in the Czech Republic, but also sand gorges, where the temperature inversion is common. The temperature inversion causes the fact, that temperature conditions in ravines are different from the climatic conditions of surroundings, which causes high rate of species variety among the habitats. In these places, Montane and Boreal species grow in low altitudes and in the proximity of thermophile species. The presence of montane and boreal species in sand ravines is largely influenced by inherence of temperature inversion, which is determined by features of ravine (depth, breadth, orientation) and by weather conditions. Other important agents (excepting microclimatic conditions), which influence the prevalence of these kinds, are microelement availability and the rate of competition. In Czech Republic, both species *Huperzia selago* and *Lycopodium annotinum* fall into C3 category, which means that they indicate permanent regression in our nature. In the case of my field survey in the area of the Bohemian Switzerland National Park I confirmed this tendency for species *Huperzia selago*.

Key words: *Huperzia selago*, *Lycopodium annotinum*, microclimate, temperature inversion

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Charakteristika druhů <i>Huperzia selago</i> a <i>Lycopodium annotinum</i>	2
2.1. Popis druhu <i>Huperzia selago</i>	2
2.2. Popis druhu <i>Lycopodium annotinum</i>	4
2.3. Výskyt druhu <i>Huperzia selago</i> a <i>Lycopodium annotinum</i> v České republice.....	6
3. Inverzní rokle.....	7
3.1. Mikroklíma	7
3.2. Klimatické podmínky v inverzních roklích.....	8
3.3. Rostliny vyskytující se v inverzních roklích.....	8
4. Měření zabývající se charakterem inverzních roklí.....	10
4.1. Krátkodobá zimní mikroklimatická měření.....	11
4.2. Krátkodobé letní mikroklimatické měření.....	13
4.3. Dlouhodobé mikroklimatické měření.....	14
4.4. Rozpad inverzní vrstvy.....	15
5. Nastínění vlastní práce – metodika.....	15
5.1. Sledované území.....	15
5.2. Stanovištní charakteristiky sledovaných druhů.....	16
5.2.1. Vegetace.....	16
5.2.2. Parametry prostředí.....	17
5.2.3. Parametry populací.....	17
6. Výsledky.....	17
6.1. Ověření a zmapování výskytu druhů <i>Huperzia selago</i> a <i>Lycopodium annotinum</i>	17
6.2. Instalace mikroklimatických stanic.....	19
6.3. Charakter vegetace.....	19
7. Závěr.....	20
8. Použitá literatura.....	22
9. Seznam příloh.....	26

1. Úvod

Druhy *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* patří k ohroženým druhům naší květeny (C3), ve stejné kategorii jsou chráněny i podle zákona. Taxony zařazené do této kategorie vykazují prokazatelný trvalý ústup, který se projevuje zmenšováním rozsahu populací na jednotlivých lokalitách, ale i vymizením taxonu z některých lokalit, což má za následek celkové snížení hustoty výskytu o 20 až 50 % (Procházka 2001). Při ověřování lokalit výskytu druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko se tento trend pokusím potvrdit, nebo vyvrátit.

Hlavní výskyt druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* se dá rozdělit do dvou hlavních skupin. Ty tvoří rostliny rostoucí v horských oblastech a rostliny vyskytující se v nižších nadmořských výškách v inverzních roklích převážně v pískovcových oblastech. V inverzních roklích panují horám podobné mikroklimatické podmínky, které jsou pro výskyt těchto druhů určující. Nejsou však ve všech ohledech shodné což způsobuje odlišnosti stanovišť a vzhledu mezi populacemi na horách a v inverzních roklích. V této práci bych chtěla poukázat na to, jaké podmínky musí panovat v inverzních roklích, aby tam mohly růst horské druhy rostlin a shrnout podmínky, které jsou stejné jak na horách, tak i v inverzních roklích.

Cíle mé bakalářské práce jsou:

- Popsání typických stanovišť těchto druhů a charakterizovat podmínky, které dovolují růst horským druhům ve velmi nízkých nadmořských výškách – literární rešerše.
- Ověření starých záznamů výskytu a zmapovat současný výskyt druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko.
- Vytipování lokalit pro umístění mikroklimatických stanic pro měření teplotních a vlhkostních charakteristik na stanovištích obou sledovaných druhů a instalace stanic na tyto lokality.
- Záznamenání vegetační charakteristiky a další charakteristiky stanovišť s vybranými druhy.

2. Charakteristika druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum*

Huperzia selago (vranec jedlový) a *Lycopodium annotinum* (plavuň pučivá) se řadí do oddělení *Lycopodiophyta*, čeleď *Lycopodiaceae*. *Lycopodiaceae* je prastará, kosmopolitní a pravděpodobně monofyletická čeleď (Øllgaard 1992), pocházející z časného karbonu, a v současnosti zahrnuje zhruba 300 druhů. Vznik rodů *Huperzia* a *Lycopodium* je datován do období permu (Wikström, Kenrick 2001).

2.1. Popis druhu *Huperzia selago*

Rod *Huperzia* je zastoupen především epifytickými druhy vyskytujícími se hlavně v tropech. Ve střední Evropě je tento rod zastoupen pouze druhem *Huperzia selago*, který epifytický není. Epifytismus se zde vyvinul primárně a pouze jednou. Přechod k terestrické formě života je zde tedy sekundární (Wikström, Kenrick, Chase 1999).



Obrázek 1. *Huperzia selago*, horská lokalita – Alpy, Rakousko (fotil František Pleva)



Obrázek 2. *Huperzia selago*, lokalita v NPČŠ

Vranec jedlový je vytrvalá bylina rostoucí v trsech. Ve výšce lodyh je značná rozmanitost, pohybuje se mezi 5 až 30 cm. Od spodu se lodyhy vidličnatě větví, jsou převážně přímé, někdy částečně poléhavé. K lodyze jsou většinou v osmi řadách přitisklé až odstálé trofofyly, které jsou tmavě zelené až žlutozelené a čárkovitě kopinaté. Mezi rostlinami rostoucími na horách a ostatních stanovištích může být často rozdíl (Obrázek 1. a 2.). Vrance rostoucí na přímém slunci (např. v horských trávnících), mají kratší lodyhy, kompaktnější vzezření a jsou žlutozelené až rezavé. Oproti tomu vrance na zastíněných stanovištích jsou tmavě zelené, vyšší a méně semknuté k sobě (Case 1943, Hejný, Slavík 1997).

K rozmnožování dochází vegetativně, a to opadavými pupeny vytvářejícími se na konci větví. Po mechanickém stimulu jsou vegetativní pupeny odmrštěny trofofyly. Tento způsob rozmnožování více využívají vrance rostoucí na horách, které vytvářejí více opadavých pupenů než vrance v nížinách (Randuška, Šomšák, Háberová 1986, Gola 2008). Velmi důležité je také rozmnožování výtrusy, tedy generativní rozmnožování. Nevytvářejí se zde výtrusnicové klasy. Výtrusy jsou umístěny v paždí sporofylů ve středu a na vrchních částech větví a dozrávají od července do října. Lze předpokládat, že se výtrusy, podobně jako výtrusy druhu *Lycopodium annotinum*, šíří větrem a na podobné vzdálenosti, ale konkrétní údaje jsem v literatuře nenalezla.

Tento druh roste v severní části severní polokoule (mimo výrazně kontinentální území na východní Sibiři), výskyt více na jih má jen v horských oblastech. Jsou pro něj typické alpské trávníky a vlhké humózní půdy v lesích ve vyšších nadmořských výškách. *Huperzia selago* je diagnostický druh řádu *Piceetalia excelsae* a často se také vyskytuje ve svazech *Juncion trifidi* a *Luzulo-Fagion* (Moravec a kolektiv 1995, Hejný, Slavík 1997). V České republice má těžiště výskytu zejména v horských oblastech, ale i v nížinách, a to převážně na dnech inverzních roklích v pískovcových oblastech a na sutích. Nejčastější výskyt této acidofylní rostliny je tedy v subalpínském a montánním stupni, dále se vyskytuje ve stupni submontánním a suprakolinním, vyjímečně také ve stupni kolinním (Hejný, Slavík 1997).

Podle Katalogu biotopů České republiky se nachází na následujících stanovištích:

- štěrbinová vegetace skal a drovin – skalní srázy, hluboká údolí řek a potoků, pískovcová skalní města, opuštěné lomy apod., vranec je zde diagnostickým druhem (Sádlo 2001)
- vyfoukávané alpské trávníky – deflrační vrcholové plošiny, nejvyšší polohy Krkonoš, Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku, vranec je zde diagnostickým druhem (Kočí 2001)
- alpská vřesoviště – vyfoukávaná místa nad horní hranicí lesa, na mělkých substrátech a na vrcholových skalách, nejvyšší polohy Krkonoš, Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku, vranec je zde diagnostickým druhem (Krahulec, Kočí 2001)
- brusnicová vegetace skal a drovin – nelesní vegetace na skalních římsách minerálně chudších hornin, pískovcová skalní města, vulkanické kopce atd. (Chytrý 2001)
- acidofilní bučiny – listnaté nebo smíšené lesy, kde převládá *Fagus sylvatica*, na kyselých silikátových horninách (Kučera, Chytrý 2001)
- horské třtinové smrčiny – horní hranice lesa, minerálně chudé silikátové horniny, montánní až supramontánní stupeň (Kučera 2001)

2.2. Popis druhu *Lycopodium annotinum*

Plavuně rodu *Lycopodium* jsou charakterizovány jako vždy zelené byliny s dlouze plazivou hlavní lodyhou a vzpřímenými větvemi. Trofofyly jsou čárkovitě kopinaté a uspořádané do šroubovice. Sporofyly vytvářejí jednotlivé výtrusnicové klasy, které jsou vzpřímené a mají vejčitý tvar. Zástupci tohoto rodu mají stanoviště od tropů až po subarktidu.

Lycopodium annotinum (plavuň pučivá) má kořeňující dlouhé plazivé lodyhy s vystoupavými větvemi, které dorůstají délky 10 až 20 cm. Listy jsou řídké, na lodyze uspořádané do spirály a čárkovitě kopinaté. Nejmladší listy jsou zakončené asi milimetrovým chlupem, který následně odpadne a u starších listů se tedy nevyskytuje. Ve vyšších polohách se oproti nížinám, stejně jako u druhu *Huperzia selago*, nacházejí vzhledově odlišné formy (Obrázek 3. a 4.), které se liší délkou a šířkou listů a také žlutozeleným zbarvením. *Lycopodium annotinum* vytváří výtrusnicové klasy, které jsou jednotlivé a dlouhé až 4 cm. Výtrusy dozrávají od července do srpna a sporofyly se ve zralosti zbarvují žlutě až do hněda (Hejný, Slavík 1997).

Rozmnožování probíhá i vegetativní formou, a to tak, že dojde k oddělení dceřinného výhonu od výhonu hlavního. Zde platí, že čím je rostlina starší, tím více se rozmnožuje vegetativně (Svensson, Callaghan 1988). Metapopulační dynamika se tedy odvíjí od schopnosti tvorby dceřinných výhonů a od tvorby a distribuce výtrusů. Velikost výtrusů se pohybuje okolo 30 až 35 μm a šíří se na vzdálenosti okolo 100 m od zdroje (Chamberlain 1967).

Lycopodium annotinum má areál rozšíření na celé severní polokouli (mimo výrazně kontinentální území), kde se vyskytuje v horách, ale i v nížinách. V jižní Evropě se vyskytuje pouze v horách. Tento druh je vázaný na acidofilní vlhké a stinné horské a podhorské jehličnaté lesy, méně často i na lesy listnaté. Dále se vyskytuje na rašeliništích a v chladných oblastech pískovcových skalních měst. Jako *Huperzia selago* je také diagnostickým druhem řádu *Piceetalia excelsae* a často se vyskytuje ve společenstvech svazu *Luzulo-Fagion*. Na území České republiky se vyskytuje od suprakolinního do supramontánního stupně se stěžejním výskytem ve stupni montánním a supramontánním (Randuška, Šomšák, Háberová 1986, Hejný, Slavík 1997).



Obrázek 3. *Lycopodium annotinum*, horská lokalita – Šumava, Churáňov (fotil Radim Paulič)



Obrázek 4. *Lycopodium annotinum*, lokalita v NPČŠ

Stanoviště podle Katalogu biotopů České republiky:

- acidofilní bučiny – listnaté nebo smíšené lesy, kde převládá *Fagus sylvatica* na kyselých silikátových horninách (Kučera, Chytrý 2001)
- horské třtinové smrčiny – horní hranice lesa, minerálně chudé silikátové horniny, montánní až supramontánní stupeň (Kučera 2001)
- rašelinné a podmáčené smrčiny – submontánní až supramontánní stupeň, v okolí pramenišť a rašelinišť (Kučera 2001)
- horské papratkové smrčiny – vlhké kamenité půdy v montánních až supramontánních polohách (Kučera 2001)

2.3. Výskyt druhu *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v České republice

Druhy *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* rostou hlavně v alpinských a arktických oblastech, a jsou tedy uzpůsobeny k růstu v půdách, které jsou často chudé na živiny a na krátkou vegetační sezonu, za kterou musí být schopny nahromadit dostatek živin a rozmnožit se (Callaghan 1980). Vyskytují se i v nížinách, a to hlavně v pískovcových oblastech, pro které jsou typické rokle s teplotní inverzí, díky které zde tyto druhy mohou růst. V České republice to jsou Broumovské stěny, Adršpašsko-teplické skály, Kokořínsko, Dokesko, Labské pískovce a České Švýcarsko. Na České Švýcarsko jsem se v této práci zaměřila.

Oba zmíněné druhy rostou v Národním parku České Švýcarsko netypicky. Tím míním výskyt ve velmi nízkých nadmořských výškách, který je ovšem vysvětlen teplotní inverzí. Netypický je také substrát, na kterém se tyto druhy nalézají. Nejpatrnější je to zřejmě díky větší četnosti stanovišť u druhu *Huperzia selago*. Tento druh roste v Národním parku České Švýcarsko na skalách, balvanech a na dnech soutězek a roklí (Čeřovský 1954). V převážné většině případů se ale vyskytuje na skalách a balvanech, což znamená, že se chová jako epifyt. Epifytismus je typický pro většinu druhů rodu *Huperzia*, ale ne pro druh *Huperzia selago*. Tento jev je zřejmě zapříčiněn konkurencí na dnech inverzních roklí, kde jsou vhodná stanoviště obsazena konkurenčně schopnějšími druhy, převážně mechy (nejvíce rod *Sphagnum*) a zmlazujícími smrky.

Na mapách v Příloze 4. a 5. zobrazující výskyt obou druhů v České republice, je zaznamenán také častý výskyt mimo výše zmíněná stanoviště, avšak tuto skutečnost si vysvětlují pouze jako výskyt efemerní (ke kterému u těchto výtrusů se šířících rostlin dochází často), čili došlo k uchycení výtrusu a vyvinutí rostliny, ale ta následně uhynula v důsledku nevhodnosti stanoviště.

3. Inverzní rokle

3.1. Mikroklima

Mikroklimatem se nazývají klimatické podmínky na velmi malém prostorovém měřítku, například klima jižního versus severního svahu kopce nebo území ještě menšího. Pro mikroklima jsou určující veličiny: světlo, teplota, srážky, vlhkost a proudění vzduchu. Od makroklimatu se mikroklima liší např. vlivem vlastností půdy a přítomností rostlinného krytu (Geiger 1927), který snižuje ohřev půdy sluncem a v noci zpomaluje výdej tepla, takže nedochází k velkému kolísání teplot a ty jsou v rámci dne a noci vyrovnanější než v okolí bez vegetačního krytu.

V rámci makroklimatu se může vyskytovat více mikroklimatických stanovišť, které se od sebe mohou lišit, a to i v ekologickém významu (Croker 1956). Proto je při popisu stanoviště rostlinných i živočišných druhů rozhodující nejen makroklima, ale hlavně mikroklima, které lépe vystihuje ekologické nároky organismu. K měření mikroklimatických podmínek je nejvhodnější doba za jasného a slunečného období, které je způsobeno tlakovou výší. Měření by měla být dlouhodobá (vegetační sezóna, celý rok) a opakovaná. Průzkumy provedené za takovýchto podmínek mají největší výpovědní hodnotu a poskytují nejužitečnější výsledky (Stoutjesdijk, Barkman 1992, Gutzerová, Herben 1998).

Důležitým mikroklimatickým jevem jsou teplotní inverze. Při teplotních inverzích nedochází k poklesu teploty vzduchu se zeměpisnou výškou (asi o 0,6 °C na 100 m – Körner 1999), ale naopak dochází ke zvratu výškových stupňů. Teplotní inverze, neboli reverzní výškové gradienty, jsou případy, kdy v určité vrstvě ovzduší roste teplota s výškou. Při teplotních inverzích nedochází k vertikálním pohybům vzduchu a jeho promíchávání, takže představují nejstabilnější stav atmosféry. Při přízemních inverzích vyzařuje zemský povrch elektromagnetickou radiaci, při tom spotřebovává tepelnou energii a tím se ochlazuje.

V noci nedochází k dodávání tepelné energie slunečním zářením, a tak může dojít ke zdatelnému ochlazení povrchu, od kterého se pak ochlazuje i spodní vrstva vzduchu. K teplotním inverzím často dochází v údolích a v uzavřených kotlinách, kde se k radiačním faktorům přidává i skutečnost, že těžší chladný vzduch klesá podél svahů dolů (Bednář 2009).

3.2. Klimatické podmínky v inverzních roklích

V letním období jsou v údolích inverzních roklí nižší teploty než na vrcholcích skal a přilehlých plošinách, což je způsobeno tím, že se nejchladnější a zároveň nejhušší vzduch usadí na dně rokle. V zimě je inverzní údolí teplejší než okolí, a to znamená, že inverzní rokle tlumí výkyvy teplot. V inverzních roklích hrají důležitou roli mikroklimatické podmínky (vlhkost, teplota a sluneční záření), které jsou závislé na reliéfu prostředí. Reliéf inverzních roklí velmi ovlivňuje přísun radiační energie tím, že zabrání dopadu slunečních paprsků. Přísun energie lze vyjádřit jako potenciální přímou radiaci, tj. sumu slunečního záření, které by dopadlo na dané místo za bezmračného počasí v určitém období (Jeník, Rejmánek 1969). Takto vyjádřené teplotní vlastnosti nejsou závislé na okamžitém počasí a často vzájemně souvisí s rozšířením rostlinných druhů.

Reliéf lokality dále ovlivňuje umístění v gradientu studeného vzduchu, který se akumuluje na dnech roklí, a to několika možnými způsoby: zastíněním, stékáním ze svahů a spotřebováním tepla na odpar vody z údolí. Akumulace studeného vzduchu je zde častá následkem velmi členitého terénu, který brání míchání vzduchu větrem.

Teploty na dně a blízko dna roklí jsou výrazně nižší a vlhkost je větší než ve vrchní části stěn a vrcholů skal. V inverzních roklích také dochází k pomalému odtávání sněhu a opoždění nástupu jarního období oproti okolním skalám a plošinám.

3.3. Rostliny vyskytující se v inverzních roklích

Inverzní rokle jsou zvláště typické pro členitý terén pískovcových oblastí. Pro pískovcová skalní města je charakteristické, že gradienty prostředí jsou zde až extrémně příkré a na velmi malém území se kombinují zcela protikladné typy prostředí: ploché terény a skalnatý reliéf, stanoviště s akumulacním a s denudačním režimem, výslunné a zcela zastíněné, s vrcholovým fenoménem a s klimatickou inverzí (Sádlo, Härtel, Marková 2007). Tato rozmanitost způsobuje vysokou diverzitu mezi stanovišti – β -diverzitu (nicméně druhová

bohatost jednotlivých stanovišť – α -diverzita, může být naopak velmi nízká). Na velmi malém území se tak setkávají druhy se zcela protikladnými nároky na prostředí: teplomilné s boreo-montánními až arкто-alpínskými elementy, oceánické s kontinentálními, xerofilní s hygrofilními a podobně (Härtel 2008), (Příloha 3.). Distribuce rostlinných druhů závisí na kombinaci mikroklimatických podmínek, umístění, reliéfu, sluneční radiaci, pokryvnosti vegetace, dostupnosti vody a stopových prvků stejně jako na kompetici (Beer 2007). Avšak kritickým faktorem pro rozšíření rostliny v nějakém území není běžný (nebo průměrný) chod mikroklimatických charakteristik, ale jejich chod v jediném extrémním roce (Gutzerová, Herben 1998).

Výskyt druhů rostlin je závislý na charakteru stanoviště, což znamená, že na osluněných vrcholcích skal se budou nacházet zcela jiné druhy rostlin než po svazích a na stěnách skal a na dně rokle. Druhy s širokou ekologickou valencí nacházíme téměř na všech stanovištích.

Na vrcholech skal dominuje stromové patro, kde je nejčastější *Pinus sylvestris* a *Betula pendula*. Dále je pro toto stanoviště charakteristický výskyt *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* a *Calluna vulgaris* (Beer 2007). Na vlhčích zastíněných skalních hranách se často vyskytuje zástupce boreální vegetace *Ledum palustre*. Suchá, osvětlená stanoviště s dostatečnou vrstvou půdy osidlují mechy *Hypnum jutlandicum*, *Dicranum scoparium*, *Campylopus flexuosus*, *Pleurozium schreberi*, *Pohlia nutans* a játrovkou *Ptilidium ciliare*.

Stěny roklí mohou být více či méně vlhké a osluněné, to závisí na přesné poloze a sluneční radiaci. Zhruba do 2 výškových metrů ode dna jsou rokly osidlovány například mechy *Dicranella cerviculata* a *D. heteromalla* a játrovkami *Anastrophyllum minutum*, *Lophozia longiflora* a *Mylia taylorii* (Němcová 2009). Na zazemněných skalních římsách se může vyskytovat *Huperzia selago*, *Sreptopus amplexifolius*, *Vaccinium myrtillus* a *Frangula alnus*.

Dna roklí jsou vlhká a často bažinatá, světelné podmínky závisí na reliéfu rokle. Dominantní je zde mechové patro tvořené z velké části rašeliníkem (*Sphagnum fimbriatum*, *Sphagnum fallax*), který doplňují další mechy převážně rodů *Dicranum*, *Plagiothecium*, *Polytrichum*, *Polytrichum*, *Hypnum*, a *Rhytidiadelphus*. Z játrovek je to hlavně *Bazzania trilobata* a druhy rodu *Calypogeia* (Němcová 2009). V bylinném patře se často nachází *Avenella flexuosa*, *Deschampsia caespitosa*, *Carex brizoides*, *Calamagrostis villosa*, *Oxalis acetosella*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris dilatata* a semenáčky *Picea*

abies. V keřovém patře převažuje *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, a *Sorbus aucuparia*, ve stromovém je nejčastější druh *Picea abies*. Navzdory nízké nadmořské výšce se smrk na dnech údolí vyskytuje přirozeně (Sklenář et al. 2007), což je umožněno právě inverzním charakterem roklí.

Zajímavý je výskyt montánních a boreo-montánních druhů v inverzních roklích v pískovcových skalních městech. Z těchto druhů například *Viola biflora*, *Trienatlis europaea*, *Ledum palustre*, *Huperzia selago*, *Lycopodium annotinum*, *Sreptopus amplexifolius*, *Blechnum spicant*, játrovky *Hygrobrella laxifolia* *Anastrophyllum michauxii*, *Geocalyx graveolens*, *Lophozia grandiretis*, *Harpanthus scutatus*. Z mechů to jsou *Dicranum majus*, *Tetradontium repandum*, *T. brownianum* a *Polytrichastrum alpinum* (Härtel, Marková 2005, Sádlo, Härtel, Marková 2007). Tyto druhy se zde vyskytují v nízkých nadmořských výškách (okolo 150 až 200 m), které jsou pro ně naprosto netypické. Některé montánní, eventuálně alpinské nebo arкто-alpinské druhy mají svá středoevropská minima rozšíření v Labských pískovcích, např. *Viola biflora*, *Hygrobrella laxifolia*, *Anastrophyllum michauxii* a další (Härtel 2008).

Díky zvratu pásem je vegetace v inverzních roklích uspořádána tak, že u dna údolí jsou smrkové porosty, výše jsou bučiny a na nejchudších (mělké písčité půdy) a nejsušších vrcholových hřebenech rostou bory (Čeřovský 1954).

4. Měření zabývající se charakterem inverzních roklí

V této kapitole jsou nastíněny podmínky, za kterých inverze v roklích vzniká a zaniká a v jakých situacích a na kterých stanovištích k tomuto jevu dochází. Definování vztahu mezi charakterem inverze a rostlinnými druhy, stejně tak formulování vlastností (jak by měla vypadat z hlediska hloubky, šířky, orientace a vegetace) v nížině situované rokli, ve které mikroklimatické podmínky zcela vyhovují stanovištním nárokům horských druhů, by poskytlo důležité informace. Literární zdroje ale v tomto případě neposkytují dostatek informací, pomocí nichž by bylo možné výše uvedené parametry definovat. Hlavním záměrem byl tudíž popis mikroklimatických podmínek převážně v roklích v nížinách, kde se vyskytují horské druhy a kde se předpokládá teplotní inverze.

Existuje mnoho studií, které se zabývají klimatickými podmínkami, a to v širokých údolích, ale relativně málo těch, které se vztahují na údolí úzká. Pouze malý zlomek těchto studií byl zaměřen na pochopení nebo modelování inverzních podmínek, které jsou pro úzká údolí charakteristické (Anquetin, Guilbaud & Chollet 1998). Fenomén inverzních roklí je obecně známý a rozšířený. Problém ale nastává, chceme-li inverzní rokly definovat nebo vytyčit jejich vlastnosti a podmínky a určit hranice mezi roklemi s teplotní inverzí a roklemi s obvyklým průběhem teplot. Pro tento účel není k dispozici příliš měření a údajů.

Pro tuto práci je velmi důležitá studie Petra Sklenáře a kolektivu (2007) a studie, kterou provedl Volker Beer (2007). Výhody, které pro tuto práci plynou z těchto studií, spočívají v umístění zkoumaných lokalit v oblastech, kde se nacházejí oba studované druhy (*Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum*). Tyto studie mají tedy velkou výpovědní hodnotu o klimatických podmínkách ovlivňujících výskyt obou sledovaných druhů.

4.1. Krátkodobá zimní mikroklimatická měření

První zmíněná práce (Sklenář et al. 2007) byla provedena v Národním parku České Švýcarsko v údolí řeky Křinice, které je úzké a hluboké až 100 metrů. Po obou stranách je ohraničeno strmými pískovcovými skalami, které místy přerušují postranní údolí napojující se na řeku Křinici.

V údolí Křinice proběhla v únoru roku 2002 dvě krátkodobá měření teplot (12. 2., start v 11:00–13. 2., konec v 17:00 a 15. 2. v 18:00, konec druhého dne v 10:00). V lineárním transektu s převýšením 110 m, kolmém na údolí Křinice a orientovaném ze severu na jih bylo instalováno 7 mikroklimatických stanic (MS). Pro každou mikroklimatickou stanicí byla vypočtena potenciální přímá radiace (Tabulka 1), neboť tato veličina z velké míry vysvětluje rozmístění vegetačních typů v pískovcových oblastech (Gutzerová, Herben 1998). Na mikroklimatických stanicích byly umístěny dva teploměry, které měřily teplotu vzduchu ve výšce 150 a 20 cm nad zemí a jeden teploměr měřící v hloubce 10 cm pod povrchem půdy. Teploměry byly chráněny před přímým slunečním světlem a deštěm.

Během prvního měření se zásadně měnilo počasí – od slunečného po prudký déšť a mlhu. Při druhém měření byla po celou dobu jasná obloha. Změny počasí velmi ovlivňovaly naměřené teploty. Déšť a kroupy způsobovaly pokles teplot o několik stupňů. Vysvitnutí slunce v průběhu prvního měření způsobilo zvrát teplotních vrstev vzduchu a mikroklimatická

stanice na dně údolí naměřila nejnižší teploty. Nejvyšší teploty byly naměřené na MS orientovaných na jih. Protilehlá vrcholová MS se ovšem z tohoto schématu vymykala a teploty na ní změřené byly ještě nižší než teploty naměřené na dně údolí. Většinu noci a následujícího dne byla zatažená obloha a mlhy, které eliminovaly teplotní inverzi v údolí. Údolí bylo tedy teplejší než svahy a vrcholy skal. Při druhém měření, kdy byla jasná obloha, došlo ke zřetelné teplotní inverzi a teploty změřené na dně a na svazích údolí byly o 1 až 2 °C nižší, než teploty na vrcholech. Teploty naměřené ve výškách 20 a 150 cm spolu blízce souvisely a znázorňovaly probíhající změny počasí. Během dne byly teploty naměřené ve 150 cm vyšší než teploty 20 cm nad zemí, ale během noci byl rozdíl minimální, nebo dokonce žádný. Teploty naměřené 10 cm pod povrchem půdy byly stabilizované dokonce i při velkém poklesu nočních teplot nad zemí. Při zatažené obloze, dešti nebo mlze se teploty na severním a jižním svahu nelišily, ale během slunečného odpoledne prvního dne měření byly na svahu exponovaném na sever zaznamenány teploty o 1 až 2 °C vyšší, než na svahu exponovaném na jih. Nicméně po východu slunce došlo k rychlejšímu ohřátí jižní hrany a jižně orientovaného svahu a severně orientovaný svah zůstal dlouho zastíněný. Podle výpočtů potenciální přímé sluneční radiace je na svahu orientovaném na jih 6 až 8 krát více slunečního záření než na svahu orientovaném směrem na sever. Tento rozdíl je největší během vegetačního období, protože v zimě dopadá sluneční záření na povrch pod nízkým úhlem, a tím vyrovnává rozdíly mezi opačně orientovanými svahy.

Tabulka 1 (Sklenář et al. 2007). Srovnání tepelného příkonu v místech mikroklimatických stanic založené na vypočtených hodnotách potenciální přímé radiace (Herben 1987).

Stanice	Jižní okraj	Severně orientovaný svah			Dno údolí	Jižně orientovaný svah		Severní okraj
	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	
Leden	0	0	0	0	0	0	0,3	
Únor	2,5	0	0	0	0,8	0	1,8	
Potenciální přímá radiace	Březen	4,1	0	0	0	5,1	4,2	3,4
Duben	6,1	0,6	0	0	6,6	5,6	5,3	
Květen	7,7	2,8	2	1,7	7	7,1	7	
Červen	8,1	4	2,7	4,2	7,1	7,3	7,3	
Roční souhrn	49,9	10,8	6,8	7,6	46,3	41,2	42,9	

Odlišné teploty protilehlých svahů způsobila nejen jejich orientace, ale také okolní vegetace a lišící se geomorfologie. Během odpoledne prvního dne měření byl jižní vrchol údolí a severně orientovaný svah teplejší než protější strana údolí. Na jižní straně údolí se tak projevil vliv otevřeného horizontu směrem na jihozápad, zatímco hustá vegetace na severní straně údolí bránila slunečnímu záření proniknout k zemi. Opačná situace nastala během slunečného rána druhého měření. Severní vrchol údolí a jižně orientovaný svah byly teplejší, protože na ně dopadalo více přímého slunečního záření než na protější stranu údolí.

Z výše uvedeného vyplývá, že v zimě, při zatažené obloze jsou dna hlubokých pískovcových údolí teplejší, zatímco přilehlé svahy a skalní římsy jsou chladnější. To odráží přirozený pokles teploty s nadmořskou výškou. Ale při jasné obloze (tlakové výši) dojde k rychlému teplotnímu zvratu, který má za následek citelné ochlazení dna údolí. Teplotní inverze během dne vznikají díky rozdílům ve slunečním záření dopadajícím na různé části údolí a v přílivu studeného vzduchu, který se na dnech údolí hromadí převážně v noci. Důležitou roli hraje vegetace, která oba tyto dva děje ovlivňuje. Mimořádné teplotní podmínky panující v inverzních údolích ovlivňují také tání sněhu, který postupně odtává od vrcholů údolí směrem ke dnu, kde se vzhledem k okolí udržuje nejdéle. To je způsobeno celkově větší akumulací sněhu na dně údolí než na svazích, ale hlavně kombinací nízkého tepelného příkonu a teplotní inverzí.

Další zimní krátkodobá měření, provedená v relativně mělkých pískovcových roklích na Kokořínsku, potvrdila trvání teplotní inverze za slunečného počasí, kdy rozdíl mezi teplotou dna a vrcholu údolí dosahoval až 8 °C. Dále bylo potvrzeno, že svahy orientované na jih jsou výrazně teplejší a to kvůli množství dopadající sluneční radiace (Cílek 2007).

4.2. Krátkodobé letní mikroklimatické měření

Čeřovský (1954) v srpnu roku 1952 provedl v Českém Švýcarsku letní mikroklimatický průzkum, který trval 18 dní. V údolí řeky Kamenice rozmístil sedm mikroklimatických stanic, mezi kterými bylo převýšení 250 metrů. Teploty byly měřeny přímo u země a v půdě 15 cm pod povrchem. Při tomto měření byly teploty odečítány jen jednou až dvakrát za den, ovšem výsledky jsou ve všech ohledech srovnatelné s výše uvedenou prací. Čeřovský zjistil při velké části svého průzkumu teplotní inverzi. K narušení teplotní inverze došlo jen v krátkém období po dešti, který zapříčinil, že se teplotní rozdíly mezi dnem a vrcholem údolí téměř vyrovnaly. Při měření v době trvání teplotní inverze

zaznamenal stejně jako Sklenář et al. (2007) neobvyklý průběh teplot, kdy na mikroklimatické stanici umístěné v horní části údolí byly naměřeny nižší teploty než na dně. Je možné, že v obou případech sehrála při vzniku této situace velkou roli velmi hustá vegetace (Sklenář et al. 2007).

4.3. Dlouhodobé mikroklimatické měření

Již zmíněná práce Beera (2007) se zabývá mikroklimatickými podmínkami a jejich vlivy na vegetaci v pískovcových roklích. Výzkum byl uskutečněn ve dvou roklích v německém Národním parku Saské Švýcarsko, který sousedí s NP České Švýcarsko. Zaznamenávání teplot vzduchu probíhalo od září roku 1998 do srpna roku 1999. Teploty se zaznamenávaly na čtyřech výškových úrovních údolí po 10 minutách a přímo u země. U každé měřicí stanice byla zaznamenána vegetace.

Beer při své práci zjistil, že čím je rokle užší a hlubší, tím jsou klimatické podmínky v ní panující vyrovnanější. Na rozdíl od výše uvedených prací v těchto roklích v zimě při jasné obloze a vysokém tlaku vzduchu k inverzím nedocházelo, a nejnižší teploty tedy byly pravidelně zaznamenávány na vrcholech skal. To zřejmě souvisí s velkou hloubkou a malou šířkou měřených roklí. Tyto vlastnosti pravděpodobně způsobí, že se studený vzduch nemůže dostat až na dno údolí. Velkou roli zde hraje i hustota vegetace. V létě za jasného počasí k teplotním inverzím dochází a naměřené teploty se shodují s prací Čeřovský (1954). Dno údolí je tedy chladnější než jeho vrcholy. Opět je zde potvrzeno, že teplejší jsou svahy orientované na jih.

Důležité je zjištění, že výskyt montánních a boreálních druhů ovlivňuje kombinace mikroklimatických podmínek, množství živin v půdě a kompetice. To potvrzuje výskyt druhů *Viola biflora*, *Streptopus amplexifolius* a *Empetrum nigrum* na úživných půdách na zastíněných, vlhkých a chladných stanovištích.

Vysvětlení odlišnosti mezi tímto a krátkodobými měřeními můžeme odvodit z práce Iijima, Shinoda (2000). V této práci jsou hlavní závěry, že nejvýraznější teplotní inverze v údolích se udržují zejména v průběhu jara a podzimu, tedy začátkem a koncem vegetační sezóny. To se ovšem v těchto pracích nedá kvůli jejich krátkému časovému rozsahu, vzájemně porovnat. A ověření tvrzení, že nejdůležitějším faktorem určujícím vznik a vlastnosti teplotní inverze jsou topografické vlastnosti, například hloubka a tvar nebo povodí údolí. Vzhledem k tomu, že mikroklimatická měření byla provedena ve třech různých roklích s odlišnými vlastnostmi, jsou jiné výsledky v celku pochopitelné.

4.4. Rozpad inverzní vrstvy

Předchozí studie ukazují rozdíly panující v inverzních roklích mezi dnem a vrcholem údolím. Neřeší ale dynamiku inverzní situace, tedy vznik a rozpad inverzní vrstvy. Práci zabývajících se podobným fenoménem není mnoho. Např. Whiteman (1982) a Bader, McKee (1985) se v údolích Skalnatých hor zabývali podmínkami, za kterých dochází k rozpadu inverzní vrstvy. Na základě pozorování (Whiteman 1982) a modelování (Bader, McKee 1985) určili tři situace, při kterých se tak děje. První z nich nastává, když se spodní vrstva vzduchu ohřeje od povrchu a začne stoupat nad těžší chladnější vzduch. Whiteman pozoroval tento jev v létě v nejširším z pozorovaných údolí. Druhá situace je způsobena sestupem teplého vzduchu z vrchu do údolí, který je doprovázen oteplením údolí. Děje se tomu tak v zimě, když v údolí leží sněhová pokrývka. Třetí je kombinací obou předešlých a je pozorována ve všech ročních obdobích. K rozpadu vrstev teplotní inverze v údolích dochází obvykle 3 až 5 hodin po východu slunce, pokud je zem vlhká nebo zde leží sněhová pokrývka.

5. Nastínění vlastní práce – metodika

Pro tuto práci byly k dispozici mapy se záznamem, kde se druhy *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* vyskytovaly v minulosti a GPS souřadnice, které byly zaměřeny v předchozích letech, nebo byly odvozeny z map. Stáří záznamů se pohybovalo od deseti let do jednoho roku. V terénu jsem se pohybovala od června do začátku září roku 2010 za účelem mapování výskytu těchto druhů a dále v listopadu roku 2010 a v dubnu roku 2011, kdy probíhalo odečítání dat z umístěných mikrostanic.

5.1. Sledované území

Oblast Českého Švýcarska byla v roce 2000 vyhlášena za národní park, který se rozkládá na ploše 80 km². Většina lesů na území národního parku byla založena jako hospodářské lesy určené pro těžbu dřeva. Tato skutečnost je určující z hlediska věkové struktury lesů a skladby dřevin (velká koncentrace smrku a invazní borovice vejmutovky). Substrát na většině území tvoří kyselé kvádrovcové pískovce, na kterých se tvoří chudý vegetační kryt. Z hlediska biodiverzity jsou tedy zajímavé odlišné substráty, například

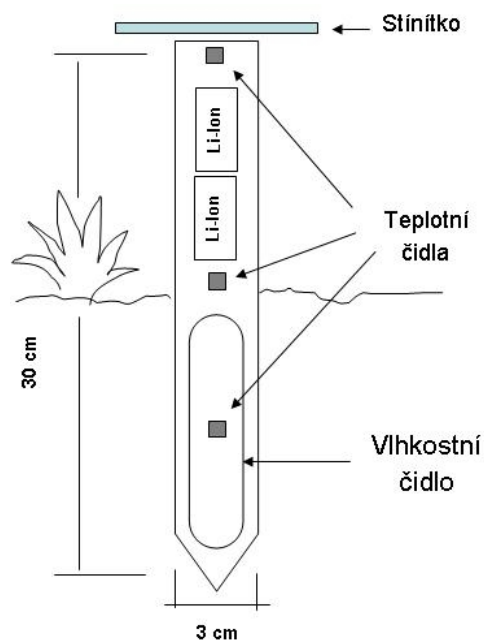
čedičové horniny tvořící Růžovský vrch. České Švýcarsko je z hlediska ochrany přírody důležité rozmanitostí stanovišť, která výrazně zvyšuje β -diverzitu.

Velká rozmanitost je způsobena strmým gradientem prostředí mezi údolími a vrcholy skal. Nejnižše položené místo národního parku je kaňon Labe ve Hřensku s nadmořskou výškou 115 m a místem nejvyšším je Růžovský vrch s nadmořskou výškou 619 m. Průměrné teploty (6–7,5°C) a srážky (700–850 mm) se na jednotlivých lokalitách znatelně liší. Klima je zde výrazně subatlantské a v inverzních roklích se tento charakter ještě zesiluje.

5.2. Stanovištní charakteristiky sledovaných druhů

5.2.1. Vegetace

U každé populace *Huperzia selago* nebo *Lycopodium annotinum* byl zhotoven fytoocenologický snímek o velikosti 5x5 metrů, ve kterém bylo zaznamenáváno stromové, keřové a bylinné patro. U mechů a lišejníků byla zaznamenávána jen pokryvnost, druhy určovány nebyly. *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* se vyskytují celkem na 39 lokalitách. Fytoocenologické snímky byly zhotoveny jen na 37 z nich, protože následkem povodní byl znemožněn přístup ke 2 lokalitám.



Obrázek 5. Nákres mikroklimatické stanice (Wild et al. 2009).

5.2.2. Parametry prostředí

Na všech lokalitách byly zaznamenávány vlastnosti stanoviště jako jsou sklon, orientace a hemisférický zástin stanoviště. Hemisférický zástin byl zjišťován pouze odhadem. Na vybrané lokality – převážně k velkým populacím a tam, kde to umožňovala hloubka substrátu, byly umísťovány mikroklimatické stanice (Obrázek 5.), na kterých jsou 3 teplotní senzory rozmístěné tak, aby měřily teplotu v půdě 6 cm pod povrchem, na povrchu a 15 cm nad povrchem. Dále je zde vlhkostní čidlo měřící půdní vlhkost a dataloger. Mikroklimatická stanice zaznamenává teploty a vlhkost po 15 minutách (Wild et al. 2009). Od 9. do 14. listopadu roku 2010 probíhalo odečítání zaznamenaných dat a výměna poškozených nebo nefunkčních mikroklimatických stanic. Ve stejném termínu také došlo k přesnému zaměření populací pomocí techniky DGPS s možností post-procesu (PDOP = 6, GPS Trimble Pathfinder Pro XRS) a následnému zaznamenání do mapy (Obrázek 8. a Příloha 6. a 7.). Odečítání dat bylo zopakováno v roce 2011 na jaře v termínu od 5. do 8. dubna. V odečítání dat se bude i nadále pokračovat přibližně po půl roce.

5.2.3. Parametry populací

K popisu populace jsou důležité následující hodnoty: velikost plochy, na které se populace nachází, průměrná a maximální výška populace a hlavně počet všech vzrostlých vrcholů a počet fertálních zakončení. U rozsáhlých populací byla zaznamenána velikost populace sečtením vzrostlých vrcholů na jednom m² a vynásobením plochou populace. Většinu těchto dat, hlavně záznamy vlhkosti a teplot stejně jako fytoecologické snímky, použiji převážně ke svému dalšímu výzkumu.

6. Výsledky

6.1. Ověření a zmapování výskytu druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum*

Ověření dřívějšího výskytu *Huperzia selago* bylo provedeno na 43 lokalitách, kde byl tento druh v předchozích letech zaznamenan. Z těchto 43 lokalit byl vranec nalezen na 23 lokalitách. Jedna populace byla ovšem krátce po ověření stržena povodní. K lokalitám ověřeným přibýlo ještě 9 lokalit, které byly v roce 2010 nalezeny nově (Obrázek 8.).

Nenalezených lokalit je tedy 20. V jednom případě došlo v minulosti k záměně: druh *Huperzia selago* (Hup 46) byl chybně považován za *Lycopodium annotinum* (Lyc 3). Rostliny na všech lokalitách ověřených v roce 2010 byly fertilmí, takže je pravděpodobnost chybného určení nulová. Rozšíření druhu *Lycopodium annotinum* je v národním parku menší. Původně známých 6 lokalit zanesených v podkladech, se odstraněním chybně určeného vrance zredukovalo na 5 a z nich byly nalezeny 4 a k tomu 3 nové.



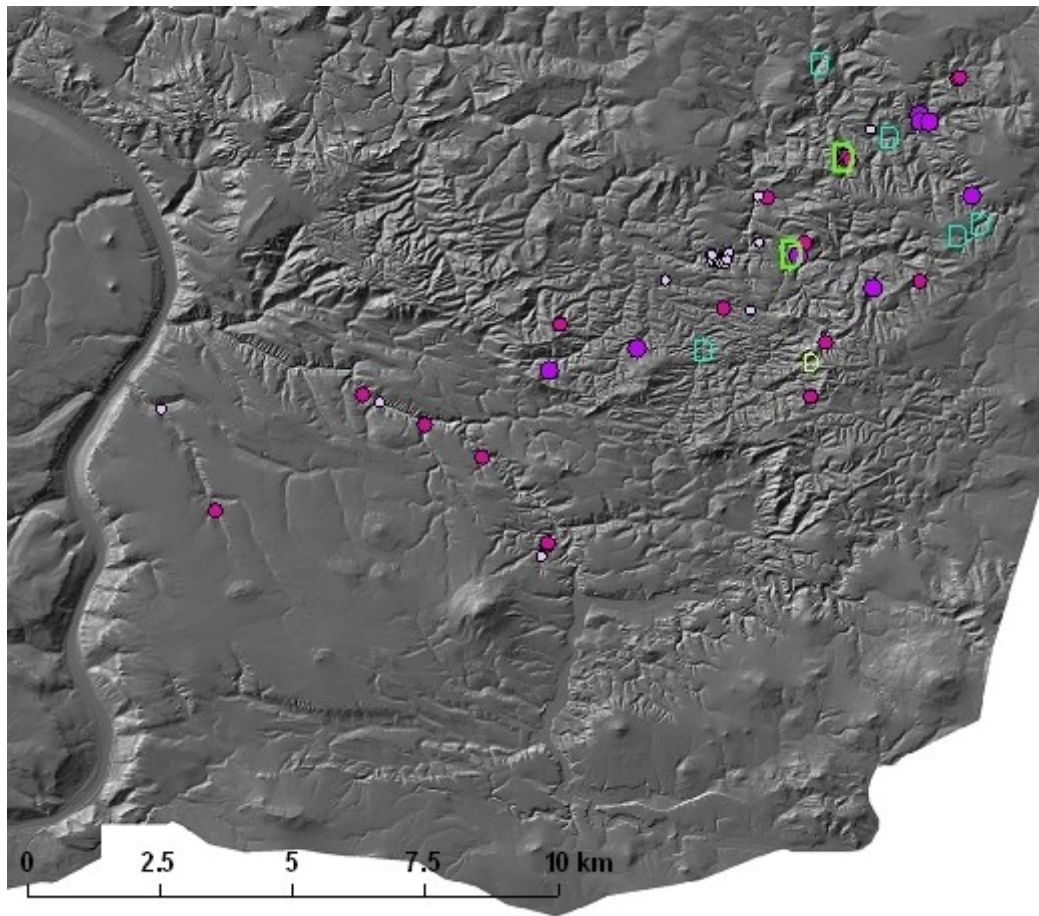
Obrázek 6. Stanoviště druhu *Huperzia selago* (Hup 13) v řece Křinici



Obrázek 7. Stanoviště druhu *Huperzia selago* (Hup 13) v řece Křinici po povodni.

K velké (téměř poloviční) neúspěšnosti při ověřování starých lokalit přispívá pravděpodobně schopnost šířit se výtrusy na velké vzdálenosti. Dojde tak k uchycení výtrusu a vyklíčení rostliny i na nepříliš vhodném stanovišti, kde druh není schopen dlouhodobě přežít. Z tohoto důvodu bude zajímavé sledovat malé populace v budoucnu, jestli zaniknou, a potvrdí se tak efemernost stanoviště malých populací, nebo jestli budou trvalé. Nemalou roli zde také zřejmě sehrály povodně po přívalových deštích ze dne 7.8.2010, které způsobily sesuvy půdy, odstranění vegetace ze skal a skalních říms, odplavení vegetace a zanesení níže položených lokalit pískem. Jednu populaci v korytě Křinice povodeň odplavila (Obrázek 6. a 7.) a není vyloučené, že se tak nestalo i u jiné populace. Nejméně na dvou stanovištích je

možné, že nenalezené populace byly zničeny po sesuvu svahu. Konkrétní lokality *Huperzia selago* jsou v Příloze 1. a *Lycopodium annotinum* v Příloze 2.



Obrázek 8. Mapa výskytu druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko, k roku 2010. *Huperzia selago* – velké fialové body: nově nalezeno; střední růžové body: ověřeno; malé růžové body: nenalezeno. *Lycopodium annotinum* – velké jasně zelené znaky: nově nalezeno; střední tmavě zelené znaky: ověřeno; malé světle zelené znaky: nenalezeno.

6.2. Instalace mikroklimatických stanic

V Národním parku České Švýcarsko bylo instalováno celkem 23 mikroklimatických stanic. Z toho je 17 umístěných u druhu *Huperzia Selago* a 6 u druhu *Lycopodium annotinum*.

6.3. Charakter vegetace

Ve fytoocenologických snímcích bylo zjištěno 10 druhů dřevin. Nejčastější je *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia*, *Betula pendula* a *Pinus sylvestris*. Méně častá byla

Abies alba, která byla na většinu míst vysazena. V deseti snímcích byla zaznamenána *Pinus strobus* a ve dvou *Quercus rubra*. Tyto dva druhy jsou v národním parku nepůvodní a invazivní. Bylin bylo ve snímcích zaznamenáno 31 druhů. Nejčastěji to jsou kapradiny *Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris dilatata* a *Blechnum spicant*. Další velmi časté byliny jsou *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Calamagrostis villosa*, *Carex brizoides* a *Deschampsia caespitosa*. Každý snímek obsahuje v průměru 8 druhů cévnatých rostlin, což dokládá nízké hodnoty α -diverzity v pískovcových oblastech.

7. Závěr

Druhy *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* jsou vázány na chladná a vlhká stanoviště, a to na horách i na stinných stanovištích v oblastech s nižší nadmořskou výškou. Pro výskyt montánních a boreálních druhů v nížinách je zásadní teplotní inverze, která je ovlivňována převážně hloubkou a šířkou rokle, její orientací a vegetací v ní. Zásadní je množství dopadajícího slunečního záření, které je určeno všemi těmito faktory. Kromě mikroklimatických podmínek je pro výskyt těchto druhů důležité množství živin v půdě a míra kompetice.

Problematikou inverzního charakteru se zabývá více prací než je zde uvedeno, ale každé území s inverzními roklemi je samo o sobě jedinečné, a tak zde vzniká problém s velmi odlišným klimatem, vlastnostmi údolí, samotnou inverzí a následkem toho také různou vegetací. Vlivem toho jsou studie z různých částí světa téměř nesrovnatelné. Pro tuto práci byly tedy zásadní práce ze střední Evropy, ale těch není mnoho. I u těchto prací, ale dochází k velkým odlišnostem a to hlavně proto, že každá z uvedených prací, zabývající se mikroklimatickými podmínkami v inverzních roklích, byla provedena na odlišné lokalitě a nebyla opakována. Vzhledem k tomu, že charakter stanoviště ovlivňuje mikroklima nejvíce, tak se jednotlivá měření v různých lokalitách neporovnávají příliš snadno. Navíc u krátkodobých měření, kde může docházet k různým odchylkám v důsledku změn počasí, což má za následek nestálé mikroklimatické podmínky, nemusí být zcela zachycen typický průběh teplotní inverze. Dochází pak k tomu, že výsledky z krátkodobých mikroklimatických měření jsou velmi špatně porovnatelné s ostatními výsledky z jiných měření a může docházet k nesrovnalostem.

Při terénní práci na území Národního parku České Švýcarsko (80 km²) bylo nalezeno 32 lokalit druhu *Huperzia selago* a 20 lokalit z minulosti nenalezeno nebylo. Když vezmeme v úvahu původních 43 záznamů o výskytu, je zde patrný úbytek lokalit, který odpovídá zařazení druhu mezi ohrožené (kategorie C3). U druhu *Lycopodium annotinum* se tento trend nepotvrdil, za to ale zřejmě může velmi malá četnost výskytu. Nalezených lokalit je 7 a 1 lokalita z minulosti nalezena nebyla. Všechny lokality se nalézají na dně údolí nebo v jeho spodní části, a to na stanovištích s velmi velkou vlhkostí, blízko potoka nebo řeky. Vzhledem k nepříliš typickému způsobu růstu těchto druhů v NP ČŠ, a to z hlediska stanoviště i formy růstu, bude pro mou budoucí práci zajímavé porovnání lokalit z Českého Švýcarska a lokalit na horách.

8. Použitá literatura

- Anquetin S., Guilbaud C. & Chollet J. (1998):** The formation and destruction of inversion layers within a deep valley, *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 37, pp. 1547–1560.
- Bader D. C. & McKee T. B. (1985):** Effects of shear, stability and valley characteristics on the destruction of temperature inversions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 24, pp. 822–832
- Bednář J. (2009):** Základní informace o atmosféře Země. In: Braniš M. & Hůnová I. (eds.), *Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší*, pp. 13–49, Univerzita Karlova, Karolinum, Praha.
- Beer V. (2007):** Microclimatic influence on the vegetation of the Großer Zschand and Hüllenschluchte valleys, Saxon Switzerland (Germany). In: Härtel H., Čílek V., Herben T., Jackson A. & Williams R. (eds.), *Sandstone Landscapes*, pp. 109–114, Praha.
- Callaghan T. V. (1980):** Age-related patterns of nutrient allocation in *Lycopodium annotinum* from Swedish Lapland. Strategies of growth and population dynamics of tundra plants 5. - *Oikos*, Vol. 35, pp. 373–386.
- Case I. M. (1943):** Periodicity in the development of fertile and sterile zones in *Lycopodium selago*. *New Phytologist*, Vol. 42, pp. 93–96.
- Čílek V. (2007):** Climate, microclimate and paleoclimate of sandstone areas of Central and Northern Bohemia (Czech Republic). In: Härtel H., Čílek V., Herben T., Jackson, A. & Williams R. (eds.), *Sandstone Landscapes*. Academia, Praha, pp. 104–109.
- Croker B. (1956):** Microclimate. In: *Tuatara : Journal of the Biological Society*. Vol. 6, pp. 52–56, Wellington
- Čeřovský J. (1954):** Lesy v Děčínských stěnách. M. Sc. Thesis, Department of Botany Charles University, Prague (in Czech)
- Geiger R. (1927):** Das Klima der Nodennaben Luftschicht (Revised 1942). *The Climate near the Ground*, an English translation by M. N. Stewart and others, 1950.

- Gola E. M. (2008):** Reproductive strategies of *Huperzia*. In: E. Szcześniak, E. Gola (eds.) Club mosses, horsetails and ferns in Poland - resources and protection. Polish Botanical Society, Institute of Plant Biology, University of Wrocław, Wrocław, pp. 5–14.
- Gutzerová N. & Herben T. (1998):** Mikroklima a vegetace pískovcových skalních měst. In Cílek V. & Kopecký J. (eds.), Pískovcový fenomén: klima, život a reliéf, Česká speleologická společnost, Vol. 32, pp. 25–32, Praha & Broumov.
- Härtel H. (2008):** Fytogeografický význam středoevropských pískovcových oblastí. In: Bauer P., Kopecký V. & Šmucar J. [eds.] (2008): Labské pískovce - historie, příroda a ochrana území. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Správa CHKO Labské pískovce, Děčín
- Härtel H. & Marková I. (2005):** Phytogeographic importance of sandstone landscapes. Ferrantia. Travaux scientifiques de Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg, Vol. 44, pp. 103–105.
- Härtel H., Sádlo J., Swierkosz K. & Marková I. (2007):** Phytogeography of sandstone areas in Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic/Germany/Poland). In H. Härtel, V. Cílek, T. Herben, A. Jackson, & R. Williams (Eds.), Sandstone landscapes, pp. 177–189, Academia, Praha.
- Hejný S. & Slavík B. (eds.) (1997):** Květena České republiky 1, Akademie věd České republiky, Praha.
- Herben T. (1987):** Dynamika invaze *Orthodontium lineare* Schwaegr. v Čechách. PhD. thesis. Institute of Botany of Academy of Sciences of the Czech Republic, Průhonice, pp. 27–31.
- Chamberlain A. C. (1967):** Transport of *Lycopodium* spores and other small particles to rough surfaces. Proceedings of the Royal Society of London. Vol. 296A, pp. 45–70.
- Chytrý M. (2001):** Nížinná až horská vřesoviště. In: Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.), Katalog biotopů České republiky, pp. 157–161, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Iijima Y. & Shinoda M. (2000):** Seasonal changes in the cold – air pool formation in a subalpine hollow, central Japan. International Journal of Climatology, Vol. 20, pp. 1471–1483.

- Jeník J. & Rejmánek M. (1969):** Interpretation of direct solar radiation in ecology. Archives of Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology, Series B, Vol. 17, pp. 413–428.
- Kočí M. (2001):** Alpínské trávníky. In: Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.), Katalog biotopů České republiky, pp. 89–91, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Krahulec F. & Kočí M. (2001):** Alpínská a subalpínská keříčková vegetace. In: Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.), Katalog biotopů České republiky, pp. 91–94, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Kučera T. (2001):** Smrčiny. In: Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.), Katalog biotopů České republiky, pp. 219–223, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Kučera T. & Chytrý M. (2001):** Bučiny. In: Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.), Katalog biotopů České republiky, pp. 190–198, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Moravec J. a kolektiv (1995):** Rostlinná společenstva České republiky a jejich ohrožení. 2. vyd. Litoměřice: Severočeská pobočka České botanické společnosti, s. 1–206. Severočeskou přírodou, příloha 1995.
- Němcová L. (2009):** Mechy a játrovky. In: Wild J. et al., Komplexní monitoring území NP České Švýcarsko – botanika, Závěrečná zpráva o řešení projektu za rok 2009. Dep. Správa NPČŠ Krásná Lípa.
- Øllgaard B. (1992):** Neotropical Lycopodiaceae – An overview. Annals of the Missouri Botanical Garden, Vol. 79, pp. 687–717.
- Procházka F. (ed.) (2001):** Černý a Červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000). Příroda, Praha, Vol. 18, pp. 1–166.
- Randuška D., Šomšák L. & Háberová I. (1986):** Barevný atlas rostlin. Obzor, Bratislava / Profil, Ostrava
- Sádlo J. (2001):** Skály a Droliny. In: Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.), Katalog biotopů České republiky, pp. 77–85, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

- Sádlo J., Härtel H. & Marková I. (2007):** Diversity of flora and vegetation of the sandstone areas in the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic /Germany /Poland). In: Härtel H., Cílek V., Herben T., Jackson A. & Williams R. (eds.), Sandstone Landscapes, pp. 161–176, Academia, Praha.
- Sklenář P., Karlík P., Koubek T., Scharffová K., Křivánek M. & Suchara I. (2007):** Temperature inversion in the sandstone valley of the Křinice River (Bohemian Switzerland National Park): winter measurements (Czech Republic). In: Härtel H., Cílek V., Herben T., Jackson, A. & Williams R. (eds.), Sandstone Landscapes. Academia, Praha, pp: 104–109.
- Slavík B. (1986):** Fytokartografické syntézy ČSR 1. – Průhonice, 199 p.
- Stoutjesdijk, P. H. & Barkman J.J. (1992):** Microclimate, vegetation and fauna. Opulus Press Knivsta, Sweden.
- Svensson B. M. & Callaghan T. V. (1988):** Apical dominance and the simulation of metapopulation dynamics in *Lycopodium annotinum*. - Oikos, Vol. 51, pp. 331–342.
- Whiteman, C. D. (1982):** Breakup of temperature inversions in deep mountain valleys: Part I. Observations. Journal of Applied Meteorology, Vol. 21, pp. 270–289.
- Wikström N., Kenrick P. & Chase M.W. (1999):** Epiphytism and terrestrialization in tropical *Huperzia* (*Lycopodiaceae*). Plant Systematics and Evolution, Vol. 218, pp. 221–243.
- Wikström N. & Kenrick P. (2001):** Evolution of *Lycopodiaceae* (*Lycopsidea*): Estimating divergence times from *rbcL* gene sequences using nonparametric rate smoothing. Molecular Phylogenetics and Evolution, Vol. 19, pp. 177–186.
- Wild J. et al. (2009):** Komplexní monitoring území NP České Švýcarsko – botanika, Závěrečná zpráva o řešení projektu za rok 2009. Dep. Správa NPČŠ Krásná Lípa.

9. Seznam příloh

Příloha 1 – Lokality druhu *Huperzia Selago* v Národním parku České Švýcarsko.

Příloha 2 – Lokality druhu *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko.

Příloha 3 – Distribuce fytogeografických skupin druhů v pískovcových oblastech české křídové pánve.

Příloha 4 – Mapa rozšíření druhu *Huperzia selago* na území České republiky.

Příloha 5 – Mapa rozšíření druhu *Lycopodium annotinum* na území České republiky.

Příloha 6 – Mapa Národního parku České Švýcarsko s vyznačenými lokalitami druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* k ověření.

Příloha 7 – Detail mapy ověřených výskytu druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko zaměřený na údolí řeky Kamenice.

Příloha 8 – Detail mapy ověřených výskytu druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko zaměřený na údolí řeky Křinice.

Příloha 1

Lokality druhu *Huperzia Selago* v Národním parku České Švýcarsko.

označení	lokality	výskyt v roce 2010	substrát	počet fertálních	celkem	datum umístění čidla
Hup 1	Mezní důl, u Dolského mlýna	ověřeno	skála	392	560	
Hup 2	pod Hadím pramenem	ověřeno	skála	8	8	
Hup 3	Křepelčí důl	ověřeno	zem	1500	1700	10.6.2010
Hup 4	Kachní potok	ověřeno	kámen	425	500	
Hup 5	Soudkový důl	nenalezeno				
Hup 6	Kamenický mlynářský důl	ověřeno	skála	102	139	
Hup 7	Kamenický mlynářský důl	nenalezeno				
Hup 8	Krahujčí důl	ověřeno	zem	360	600	28.7.2010
Hup 9	Táborový důl	ověřeno	skála	813	906	25.8.2010
Hup 10	Malý vlčí potok	ověřeno	skála	192	195	15.8.2010
Hup 11	Mezní důl	nenalezeno				
Hup 12	Střelecká dolina	ověřeno	kmen	23	29	?
Hup13	v Křinici u rozcestí Pod praporem	strženo povodní (7.8.2010)	kámen	260	320	
Hup 14	Malý Vlčí potok	ověřeno	skála	9	20	
Hup 15	Pryskyřičný důl	ověřeno	kámen	863	1150	?
Hup 16	Křepelčí důl	ověřeno	skála	38*	437	
Hup 17	u Prostředního mostu	nenalezeno				
Hup 18	Volský důl	ověřeno	zem, skála	325*	924	21.8.2010
Hup 19	Volský důl	ověřeno	skála	340	400	21.8.2010
Hup 20	Volský důl	ověřeno	skála	640	810	21.8.2010
Hup 21	Volský důl	ověřeno	kámen	950	1020	21.8.2010
Hup 22	Černá brána	nenalezeno				
Hup 23	pod Dravčími skalami	ověřeno	kámen	*	*	
Hup 24	Arnoltice	ověřeno	skála	140	230	
Hup 25 – Hup 36	mezi Křinici a Jankovým kopcem	nenalezeno				
Hup 37	soutok Suché Kamenice a Janovského potoku, pravděpodobně zarostlo vegetací	nenalezeno				
Hup 38	Kachní potok	ověřeno	kámen	380	450	15.7.2010
Hup 39	Divoká soutěska	ověřeno	skála	1520	1900	15.7.2010
Hup 40	Divoká soutěska	nenalezeno				
Hup 41	Ve strži	ověřeno	kámen	100	118	
Hup 42	Mezní důl	ověřeno	skála	80*	400	15.7.2010
Hup 43	pod Hadím pramenem	nenalezeno				
Hup 44	pod Hadím pramenem	nenalezeno				
Hup 45	Hluboký důl	nová lokalita	kámen	3	18	21.7.2010
Hup 46	Mlýnská rokle	nová lokalita	kámen	130	260	21.7.2010
Hup 47	Malý Vlčí potok	nová lokalita	kámen	32	33	
Hup 48	Velký pruský tábor	nová lokalita	zem	80	108	
Hup 50	Velký pruský tábor	nová lokalita	kámen	310	330	

Hup 51	Velký můstkový důl	nová lokalita	zem, kámen	130	145	
Hup 52	Červený potok	nová lokalita	skála	181	195	
Hup 53	Kachní potok	nová lokalita	kámen	?	?	?
Hup 54	Kachní potok	nová lokalita	zem	?		?

* - nelze spočítat, část populace se nachází vysoko na skále

Lokality Hup 2 a Hup 44 se nacházejí pod Hadím pramenem, nalezena byla jen jedna, zřejmě jsou totožné, v mapě nechána jen Hup 2.

Příloha 2

Lokality druhu *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko.

označení	lokalita	výskyt v roce 2010	substrát	počet fertálních	celkem	datum umístění čidla
Lyc 1	Klenotnice	ověřeno	skála	360	1600	22.7.2010
Lyc 2	Kyjovské údolí mezi Turistickým a Prostředním mostem	ověřeno	zem	2	980	15.8.2010
Lyc 3	Křížový důl, nenalezeno, záměna s <i>Huperzia selago</i>	nenalezeno				
Lyc 4	Česká silnice u Zlých děr	ověřeno	zem	1862	124160	11.6.2010
Lyc 5	Bílý potok	ověřeno	kámen	5	23000	22.8.2010
Lyc 6	Kramářův důl, nenalezeno, po přívalových deštích asi stržena se svahem	nenalezeno				
Lyc 8	Klenotnice	nová lokalita	kámen	1	45	?
Lyc 10	Volský důl	nová lokalita	skála	181	906	
Lyc 11	Červený potok	nová lokalita	zem	170	10200	29.8.2010

Příloha 3

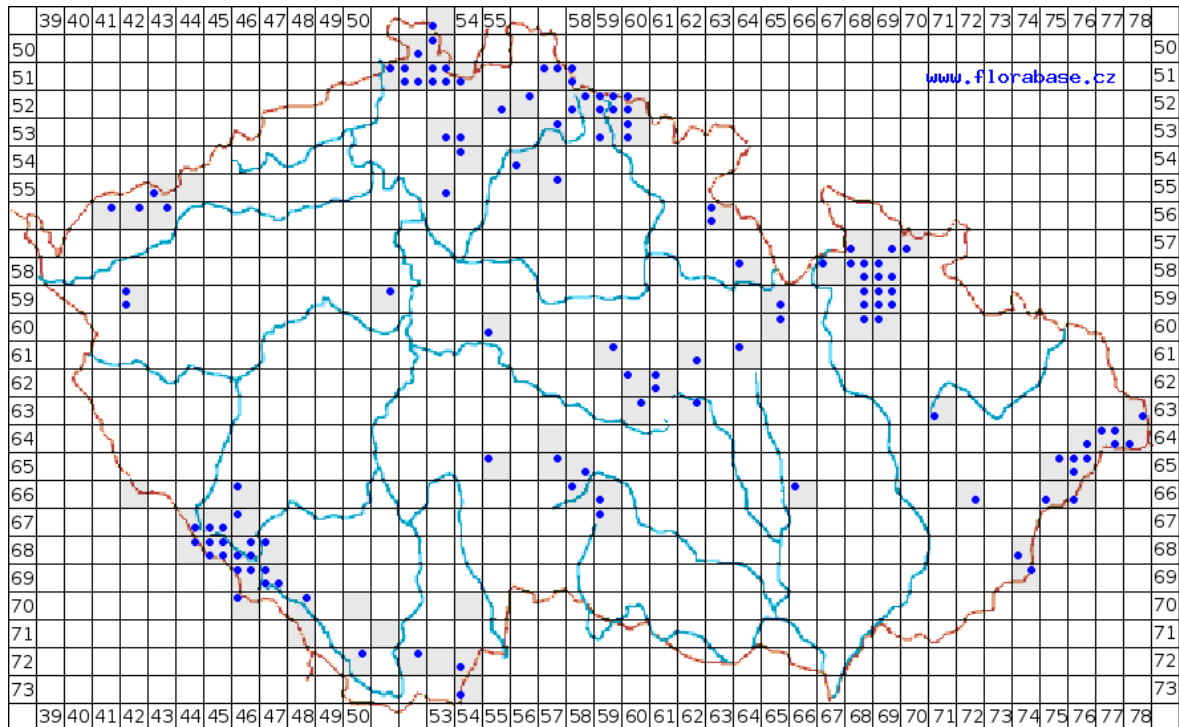
Distribuce fytogeografických skupin druhů v pískovcových oblastech české křídové pánve.

Legenda: ◆ recentní záznam, + historický záznam, (◆), (+) druh se nachází mimo pískovcový substrát (Härtel, Sádlo, Swierkosz, Marková 2007)

		Elbe Sandstones	Lusatian / Zittau Mts.	Polomené hory Mts.	Ralsko-Bezdez Plateau	Podještědí Region	Bohemian Paradise	Broumovsko region / Góry Stożowe Mts.
European montane species	<i>Rosa pendulina</i>	◆			◆	◆	◆	◆
	<i>Lonicera nigra</i>	◆	◆	◆		◆	◆	◆
	<i>Melampyrum sylvaticum</i>		◆				◆	◆
	<i>Cicerbita alpina</i>		◆					◆
	<i>Homogyne alpina</i>		◆					◆
	<i>Anthriscus nitida</i>						◆	◆
	<i>Rumex alpinus</i>						◆	◆
	<i>Pinus mugo</i>							◆
	<i>Ranunculus platanifolius</i>							◆
	<i>Salix silesiaca</i>							◆
<i>Cardamine amara</i> subsp. <i>opizii</i>							◆	
Boreo-montane, boreo-continental & subalpine-subarctic species	<i>Trientalis europaea</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	<i>Huperzia selago</i>	◆	◆	◆	◆	†	◆	◆
	<i>Lycopodium annotinum</i>	◆	◆	◆	◆	†	◆	◆
	<i>Viola biflora</i>	◆	(+)					◆
	<i>Ledum palustre</i>	◆	◆		◆	◆		◆
	<i>Streptopus amplexifolius</i>	◆	(◆)				◆	◆
	<i>Rubus saxatilis</i>		(◆)	◆		◆		◆
	<i>Empetrum nigrum</i>	◆			†	†		◆
	<i>Andromeda polifolia</i>				◆			◆
	<i>Salix myrtilloides</i>							†
	<i>Scheuchzeria palustris</i>							†
	<i>Veratrum album</i> subsp. <i>lobelianum</i>							◆
	<i>Athyrium distentifolium</i>							◆
	<i>Carex pediformis</i> subsp. <i>macroura</i>							◆
<i>Ligularia sibirica</i>							◆	
Thermophilous continental & sub-Mediterranean species	<i>Anemone sylvestris</i>		◆	◆	◆	◆		◆
	<i>Scabiosa ochroleuca</i>	(◆)		◆	◆	◆	◆	◆
	<i>Berula erecta</i>	◆		◆	◆	◆	◆	
	<i>Verbascum phoeniceum</i>			◆	◆	◆		
	<i>Viola rupestris</i>			◆	◆	◆	◆	
	<i>Potentilla arenaria</i>			◆	◆			
	<i>Orphantha lutea</i>			◆				
	<i>Astragalus arenarius</i>				◆			
	<i>Equisetum variegatum</i>				◆			
	<i>Gypsophila fastigiata</i> subsp. <i>fastigiata</i>				◆			
	<i>Pulsatilla patens</i>				◆			
	<i>Oxytropis pilosa</i>				◆			
	<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	◆	◆	◆	◆	◆		
	<i>Trichomanes speciosum</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
<i>Pedicularis sylvatica</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
<i>Galium saxatile</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
<i>Teesdalia nudicaulis</i>	◆	◆		◆	◆	◆		
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>				◆	◆	◆		
<i>Hymenophyllum tunbrigense</i>	†							
<i>Hypericum pulchrum</i>	◆							
<i>Luronium natans</i>	◆							
<i>Rubus pyramidalis</i>	◆							
<i>Ornithopus perpusillus</i>					◆			
<i>Osmunda regalis</i>			(+)					

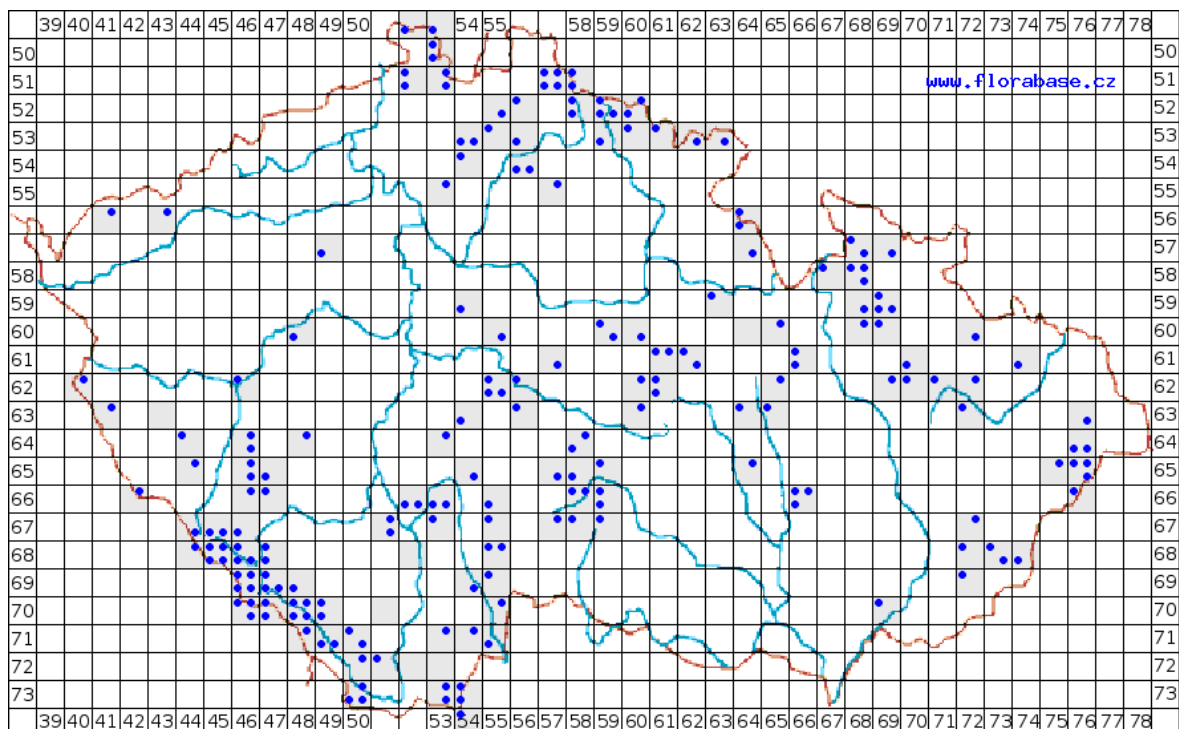
Příloha 4

Mapa rozšíření druhu *Huperzia selago* na území České republiky (www.florabase.cz).



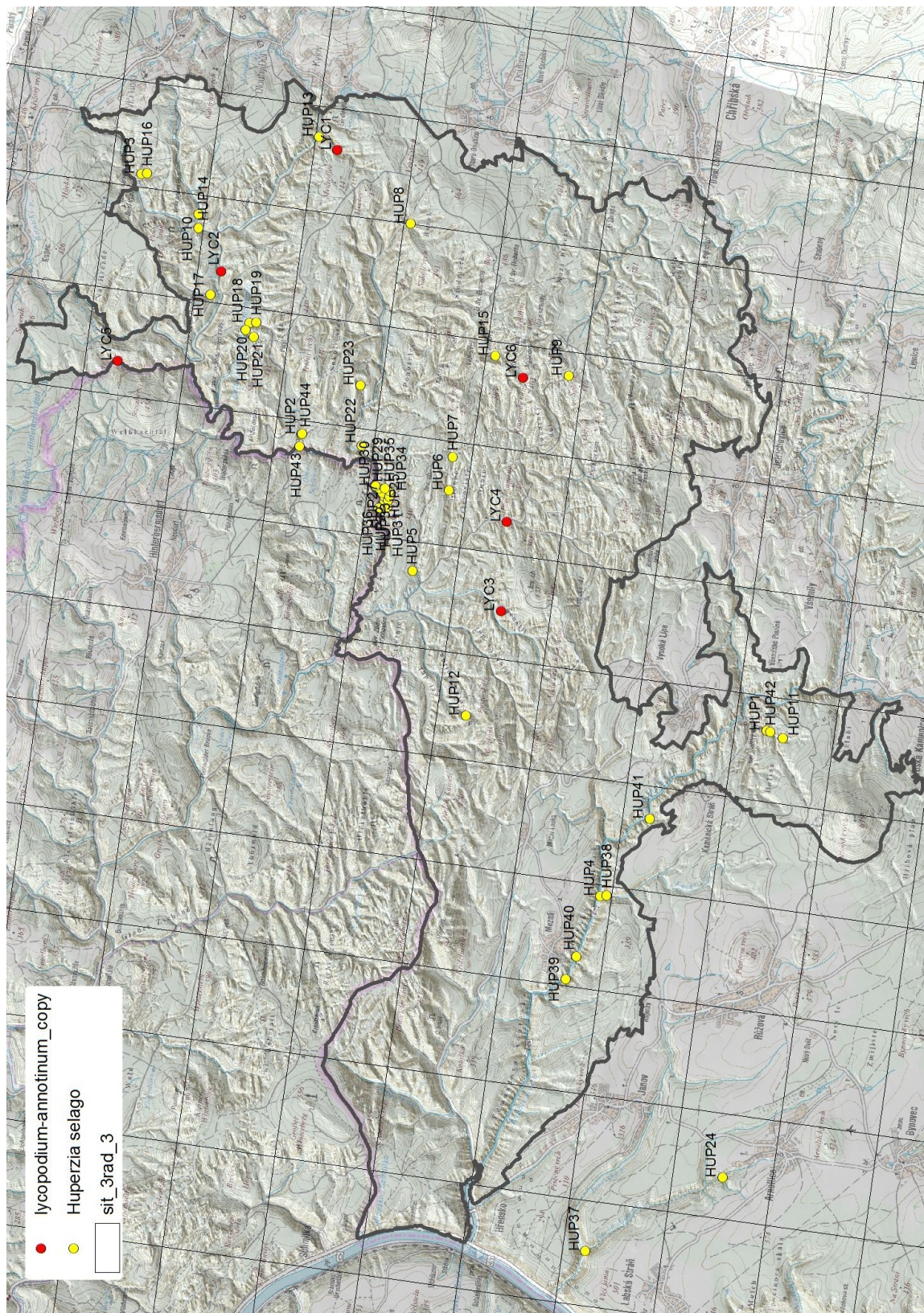
Příloha 5

Mapa rozšíření druhu *Lycopodium annotinum* na území České republiky (www.florabase.cz).



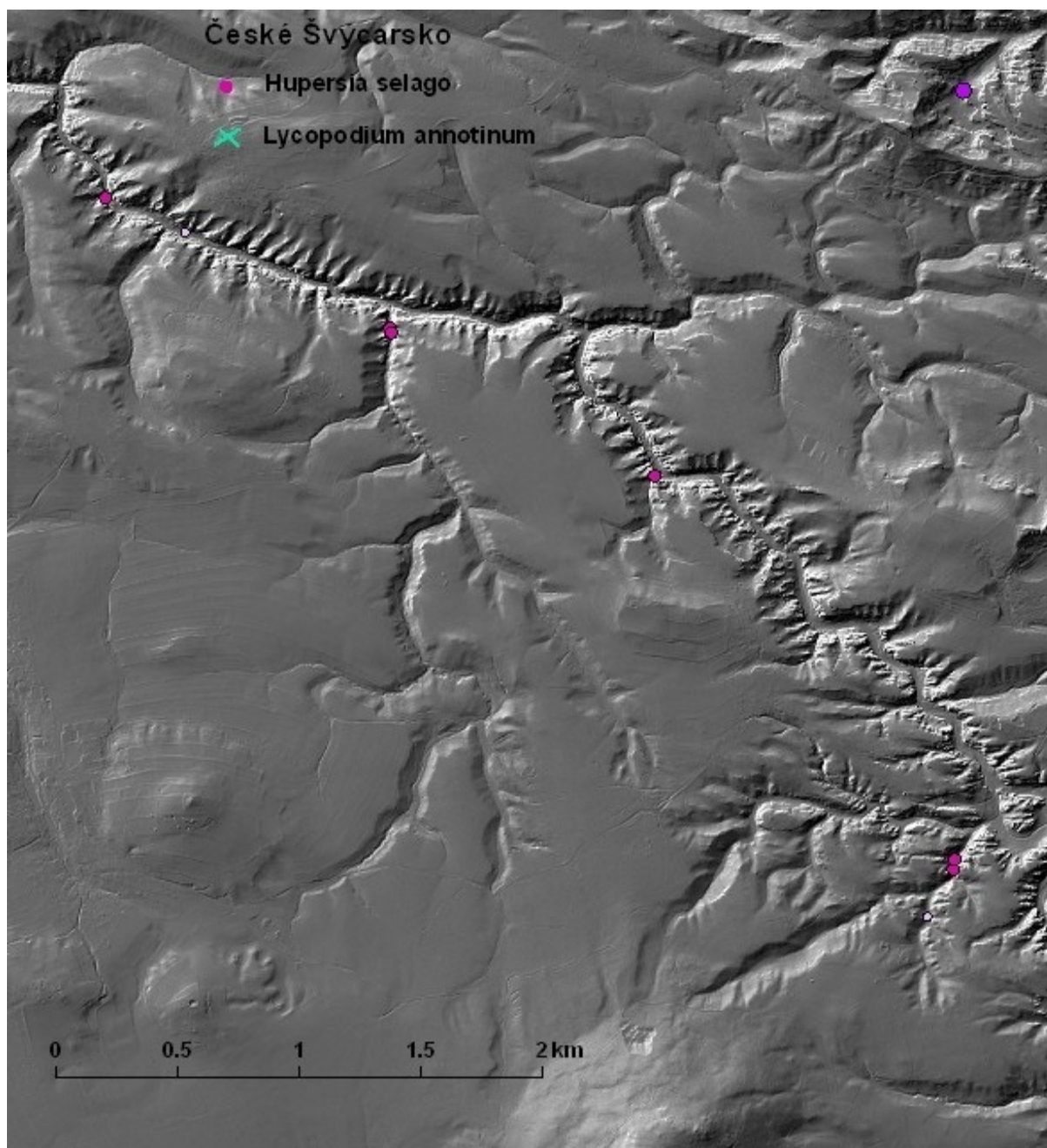
Příloha 6

Mapa Národního parku České Švýcarsko se starými lokalitami druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* k ověření.



Příloha 7

Detail mapy ověřených výskytu druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko zaměřený na řeku Kamenici.



Vysvětlivky k Příloze 7 a 8

Huperzia selago

velké fialové body: lokality nalezené v roce 2010
střední růžové body: lokality ověřené v roce 2010
malé růžové body: lokality nenalezené v roce 2010

Lycopodium annotinum

velké jasně zelené znaky: lokality nalezené v roce 2010
střední tmavě zelené znaky: lokality ověřené v roce 2010
malé světle zelené znaky: lokality nenalezené v roce 2010

Příloha 8

Detail mapy ověřených výskytu druhů *Huperzia selago* a *Lycopodium annotinum* v Národním parku České Švýcarsko zaměřený na řeku Křinici.

