

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



FLÓRA HADCOVÝCH VÝCHOZŮ NA ŠUMPERSKU

Flora of serpentinite outcrops in Šumperk region
(northern Moravia, Czech Republic)

Bakalářská práce

Michaela Fojtlová

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie a ekologie

Olomouc 2018

Vedoucí práce: Mgr. Martin Dančák, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Flóra hadcových výchozů na Šumpersku“ vypracovala samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů pod vedením Mgr. Martina Dančáka, Ph.D.

V Olomouci, dne 23. 7. 2018

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. M. Dančákovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce a za pomoc při zpracování a určování rostlinných druhů.

Abstrakt

Tato práce se zabývá výskytem serpentinofytů na pěti lokalitách severní Moravy, v okolí města Šumperk. Jedná se o rostlinné druhy rostoucí na hadcovém podloží. Hadcové půdy jsou charakterizovány vysokými koncentracemi těžkých kovů a nízkým množstvím živin. Na tyto vlastnosti jsou serpentinofyty adaptovány, proto jsou schopny zde přežít. Na Šumpersku se jedná o *Asplenium adulterinum*, *A. cuneifolium* a *Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*. Z dostupné literatury, jež se věnuje flóře na lokalitách PR Na hadci, PP Chrastický hadec, PP Žďár a na hadcových lokalitách u Hanušovic a Štědrákovy Lhoty, jsem získala soupisy rostlinných druhů, které jsem ověřovala terénními návštěvami těchto lokalit. Výsledkem mého pozorování bylo zjištění, že ne na všech hadcových lokalitách se vyskytují obligátní serpentinofyty. Zejména na lokalitě u Hanušovic a Štědrákovy Lhoty jsem nezaznamenala žádné obligátní serpentinofyty. V PR Na hadci jsem taktéž nepozorovala pouze na této lokalitě uváděný *Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*.

Klíčová slova

serpentinit, serpentinofyty, serpentinomorfózy, hyperakumulátory, hadcová tolerance

Abstract

This thesis deals with the occurrence of serpentinophytes at five localities in North Moravia in the vicinity of the town of Šumperk. Serpentinophytes are plants which grow in serpentine soil. Serpentine soils are characterized by high concentrations of heavy metals and low amount of nutrition. Serpentinophytes are adapted to these conditions, which is the reason why they are able to survive here. *Asplenium adulterinum*, *A. cuneifolium* and *Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons* occur in the studied area. I acquired lists of plants growing at the five localities, i.e. PR Na hadci, PP Chrastický hadec, PP Žďár, Hanušovice and Štědrákova Lhota from available literature. I tried to confirm occurrence of species from these lists by visiting these localities. The result of my observations was a discovery that obligate serpentinophytes do not grow at all the localities. Especially at localities close to Hanušovice and Štědrákova Lhota I did not find any of them. At PR Na hadci I did not confirm the occurrence of *Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons* which was reported only from this locality.

Key words

serpentine, serpentinophytes, serpentinomorphoses, hyperaccumulators, serpentine tolerance

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Metodika.....	9
3. Hadec neboli serpentinit	10
4. Hadcová flóra.....	11
5. Hadcová tolerance.....	13
5.1. Přizpůsobení serpentinofytů na specifické podmínky prostředí	13
5.2. Hořčnaté a vápenaté ionty	14
5.3. Adaptace na vysoké koncentrace kovů	15
5.4. Lokální adaptace.....	16
5.5. Vznik preadaptací.....	17
6. Speciace na hadci	17
7. Hadce v České republice	18
8. Hadce na Šumpersku.....	19
9. Hadcoví specialisté na Šumpersku.....	20
10. Charakteristika okresu Šumperk	22
10.1. Topografická charakteristika	22
10.2. Geomorfologická charakteristika	22
10.3. Geologická charakteristika.....	23
10.4. Pedologická charakteristika.....	23
10.5. Klimatická charakteristika	23
10.6. Hydrologická charakteristika	23
10.7. Fytogeografická charakteristika	24
11. Charakteristika vybraných lokalit	24
11.1. Přírodní rezervace Na hadci	24
11.2. Přírodní památka Žďár.....	26

11.3. Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty	27
11.4. Hadcová lokalita u Hanušovic.....	27
11.5. Přírodní památka Chrastický hadec	28
12. Výsledky.....	28
12.1. Přírodní rezervace Na hadci	28
12.2. Přírodní památka Žďár.....	30
12.3. Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty	30
12.4. Hadcová lokalita u Hanušovic.....	31
12.5. Přírodní rezervace Chrastický hadec	32
13. Diskuze a závěr	33
14. Seznam použité literatury a internetových zdrojů	35
15. Přílohy	40
15.1. Seznam nalezených taxonů	40
15.2. Obrázky	42

Seznam obrázků

Obrázek 1: Hadcové lokality v České republice (Kolář & Vít 2008).....	19
Obrázek 2: A – <i>Asplenium adulterinum</i> , B – <i>Asplenium cuneifolium</i> , C – <i>Dianthus carthusianorum</i> subsp. <i>capillifrons</i>	22
Obrázek 3: Geologická mapa hadcové lokality PR Na hadci	42
Obrázek 4: Turistická mapa hadcové lokality PR Na hadci.....	42
Obrázek 5: Hadcová lokalita PR Na hadci.....	42
Obrázek 6: Výchoz hadce na Modřínovém vrchu v PR Na hadci.....	42
Obrázek 7: <i>Asplenium adulterinum</i> na lokalitě Na hadci.....	43
Obrázek 8: <i>Asplenium cuneifolium</i> na lokalitě Na hadci	43
Obrázek 9: <i>Trientalis europaea</i> v PR Na hadci.....	43
Obrázek 10: <i>Lysimachia nemorum</i> v PR Na hadci.....	43
Obrázek 11: Geologická mapa hadce zasahujícího do PP Žďár.....	44
Obrázek 12: Turistická mapa hadcové lokality PP Žďár	44
Obrázek 13: Výchoz hadce v PP Žďár.....	44
Obrázek 14: Hadcová lokalita PP Žďár	44
Obrázek 15: <i>Asplenium cuneifolium</i> na lokalitě Žďár	45
Obrázek 16: <i>Asplenium adulterinum</i> na lokalitě Žďár.....	45
Obrázek 17: <i>Viscaria vulgaris</i> na lokalitě Žďár	45
Obrázek 18: <i>Silene vulgaris</i> na lokalitě Žďár.....	45
Obrázek 19: Geologická mapa hadcové lokality u Štědrákovy Lhoty	46
Obrázek 20: Turistická mapa hadcové lokality u Štědrákovy Lhoty.....	46
Obrázek 21: Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty	46
Obrázek 22: Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty.....	46
Obrázek 23: <i>Myosotis sylvatica</i> na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty.....	47
Obrázek 24: <i>Neottia nidus-avis</i> na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty	47

Obrázek 25: <i>Impatiens parviflora</i> na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty	47
Obrázek 26: <i>Impatiens noli-tangere</i> na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty	47
Obrázek 27: Geologická mapa hadcové lokality u Hanušovic.....	48
Obrázek 28: Turistická mapa hadcové lokality u Hanušovic	48
Obrázek 29: Hadcová lokalita u Hanušovic	48
Obrázek 30: Výchoz hadce u Hanušovic	48
Obrázek 31: <i>Polypodium vulgare</i> na výchozech hadců u Hanušovic.....	49
Obrázek 32: <i>Paris quadrifolia</i> na hadcové lokalitě u Hanušovic.....	49
Obrázek 33: Geologická mapa hadce zasahujícího do PP Chrastický hadec	50
Obrázek 34: Turistická mapa hadcové lokality PP Chrastický hadec	50
Obrázek 35: Lomové jezírko v PP Chrastický hadec	50
Obrázek 36: Lomové jezírko v PP Chrastický hadec	50
Obrázek 37: <i>Asplenium adulterinum</i> na výchozu hadce v PP Chrastický hadec	51
Obrázek 38: <i>Asplenium adulterinum</i> na výchozu hadce v PP Chrastický hadec	51
Obrázek 39: <i>Silene dioica</i> v PP Chrastický hadec	51
Obrázek 40: <i>Melampyrum sylvaticum</i> v PP Chrastický hadec	51

1. Úvod

Hadcové půdy jsou velmi specifické svým složením. Obsahují velké množství těžkých kovů, které na rostliny i ve stopovém množství působí toxicky. Také obsahují velké množství hořčnatých iontů a nízké množství potřebných živin jako dusík, fosfor, draslík a vápník. Hadce tedy vytváří velmi specifické půdní podmínky, kterým mohou odolávat pouze adaptované rostliny (Kolář & Vít 2008). Jedná se o velmi zajímavé téma, jelikož hadce jsou celosvětově rozšířeny, ale pokrývají pouze malá území (Bini & Maleci 2014). Tato geograficky vymezená území jsou označována jako lokality se specifickou květenou a vegetací. Pro adaptované rostliny existuje označení serpentiofyty, které lze rozdělit do dvou skupin. Jsou to obligátní serpentiofyty neboli hadcoví specialisté a fakultativní serpentiofyty (Pérez-Lattore et al. 2013). Jak už poznáme z názvu, obligátní serpentiofyty jsou takové druhy, které jsou vázány pouze na hadcová podloží, zatímco fakultativní se vyskytují i na jiných půdách (Dudić et al. 2007). Významné obligátní druhy, především sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) a sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*), se na severní Moravě vyskytují na několika lokalitách. Sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) v největším počtu nalezneme v přírodní památce Chrástický hadec. Dále se vyskytuje v přírodní rezervaci Na hadci a v přírodní památce Žďár společně se sleziníkem hadcovým (*Asplenium cuneifolium*) (Anonymus 2015a).

2. Metodika

Bakalářská práce je zpracována formou literární rešerše, která spočívala v důkladném prostudování literárních materiálů k tématu hadcové flóry a vybraným hadcovým lokalitám vyskytujícím se na Šumpersku.

Lokality jsem zvolila na základě dostupné literatury a excerpce z geologických map. Geologické mapy daných lokalit jsem převzala z internetové stránky Geologické a geovědní mapy (<http://www.geologicke-mapy.cz/>) a turistické mapy lokalit jsem převzala z Mapy.cz (<https://mapy.cz>).

Soupis hadcových druhů daných lokalit jsem získala z dostupné literatury a terénním pozorováním jsem ověřovala současný výskyt a početnost populací serpentiofytních

druhů cévnatých rostlin. Dané lokality jsem navštívila v průběhu září a října 2017 a podruhé v průběhu května a června 2018. Nalezené druhy jsem si vyfotografovala a některé fotografie jsem přiložila v kapitole 15.2.

Jména českých rostlinných taxonů jsem sjednotila podle internetové stránky Pladias (2014–2018), jména ostatních rostlinných taxonů jsem sjednotila podle Euro+Med Plantbase (2011). Taxony chybějící v těchto databázích jsou uvedeny i se jmény autorů dle databáze The International Plant Names Index (2015). Jména syntaxonů jsem sjednotila podle publikace Vegetace České republiky 4 (Chytrý 2013).

3. Hadec neboli serpentinit

Hadcové půdy jsou rozšířeny po celém světě a zaujímají méně jak 1 % zemského povrchu (Bini & Maleci 2014). Vyskytují se ve formě hadcových ostrůvků, které jsou od okolního prostředí odděleny převážně ostrou hranicí, avšak někdy i pozvolnou (Kolář & Vít 2008). Hadcové půdy můžeme obecně charakterizovat třemi vlastnostmi: nízkou produktivitou rostlin, vysokým výskytem endemitů a přítomností odlišných vegetačních typů od sousedních nehadcových lokalit (Brady et al. 2005). Můžeme tedy říct, že vegetace je vlivem hadcového podloží řídká a menšího vzrůstu (Krám et al. 2009).

V přírodě hadce často nalezneme ve formě příkrých skalisek, hřebenů či svahů (Brady et al. 2005). Tyto skalnaté výstupy podléhají erozi, která zapříčiňuje praskání horniny a tedy vysokou propustnost vody. Hornina není tepelně vodivá, to znamená, že teplota povrchu v průběhu dne může nabývat velmi rozlišných teplot (Kolář & Vít 2008). Tyto nepříznivé podmínky působení hadcového podloží mohou přežívat pouze rostliny speciálně adaptované. Faktory, kterým se musí přizpůsobit, jsou nejen chemické, ale i fyzikální a biotické (Brady et al. 2005). Tato problematika je dále rozvedena v kapitole 6.

Hadec je přeměněná vyvřelá hornina řadící se mezi ultrabazické horniny, jejichž hlavní složkou je křemičitan železnato-hořečnatý (Kolář & Vít 2008). V přírodě tuto horninu rozeznáme podle její barvy a klikatého pruhování. Ve většině případů je hadec zelený nebo tmavošedý se zeleným odstínem (Němec & Němcová 1982, Krám et al. 2009).

Tato hornina vzniká procesem serpentinizace, kdy dochází k velkému poklesu vápenatých iontů nebo dokonce k jejich úplnému odstranění. (Němec & Němcová 1982, Krám et al. 2009). Chemicky je hadec označován vzorcem $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Z geologického pohledu je složen z minerálů antigorit, chrysolit a lizardit (Němec & Němcová 1982, Marin & Tatić 2001, Krám et al. 2009).

Vysoký obsah hořečnatých iontů, který je pro hadcové lokality charakteristický, hraje důležitou roli v minerálním příjmu rostlin. Čím více hořčíku se vyskytuje v půdě, tím více zamezuje příjmu málo se vyskytujícímu vápníku, který je významný pro růst rostlin. U jiných půd, tedy nehadcových, převažuje nad hořčíkem vápník (Kolář & Vít 2008). Mezi další málo zastoupené nezbytné prvky se řadí dusík (N), fosfor (P) a draslík (K) (Dudić et al. 2007).

Živiny v hadcových půdách jsou nedostatkové, zatímco těžké kovy jako nikl (Ni), chrom (Cr) a kobalt (Co) jsou v půdě obsaženy ve velkém množství (Kolář & Vít 2008). Vlivem těžkých kovů, zvýšeného množství hořčíku a nedostatku potřebných draselných iontů dochází ke zpomalení růstu rostlin (Krám et al. 2009). Rostliny, které nejsou přizpůsobeny těmto podmínkám, mohou podléhat toxicitě těžkých kovů. Ta se projevuje především poruchami fotosyntézy nebo může způsobit nízký vzrůst (Kolář & Vít 2008).

4. Hadcová flóra

Flóru hadců lze z hlediska jejího vztahu k hadcovému substrátu rozdělit na následující dvě skupiny:

Obligátní serpentinfoyty neboli hadcoví specialisté jsou druhy tolerantní vůči vlastnostem hadce. Hadcoví specialisté získali tento název díky tomu, že se jedná o specializované taxony vyskytující se striktně na hadcích především ve formě skalnatých výchozů. Tyto druhy se řadí z pohledu životních forem podle Raunkiaera do hemikryptofytů s obnovovacími pupeny těsně při povrchu půdy nebo chamaefytů s obnovovacími pupeny ve výšce 10–30 centimetrů nad zemí (Selvi 2007, Kolář & Vít 2008).

Podskupinou obligátních serpentinfoytů jsou hadcoví endemiti s výskytem omezeným na malé lokality (Kolář & Vít 2008).

V České republice jsou obligátní serpentinfoyty zastoupeny sleziníkem nepravým (*Asplenium adulterinum*), sleziníkem hadcovým (*Asplenium cuneifolium*), hvozdíkem kartouzkem hadcovým (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*), kuříčkou hadcovou (*Minuartia smejkalii*), trávničkou obecnou hadcovou (*Armeria elongata* subsp. *serpentina*), rožcem kuříčkolistým (*Cerastium alsinifolium*), chrastavcem rolním hadcovým (*Knautia arvensis* subsp. *serpentinicola*) a mochnou Crantzovou hadcovou (*Potentilla crantzii* subsp. *serpentina*) (Kolář & Vít 2008, Chytrý 2012, Doležal 2016).

V Evropě nalezneme obligátní serpentinfoyty například na jihu Iberského poloostrova, kde se vyskytují druhy *Allium rouyi*, *Alyssum serpyllifolium* subsp. *malacitanum*, *Arenaria capillipes*, *Armeria colorata*, *Asplenium adiantum-nigrum* var. *corunnense*, *Centaurea carratracensis*, *Euphorbia flavicoma* subsp. *giselae*, *Silene fernandezii*, *Linum suffruticosum* var. *carratracensis* (Rivas Goday & Rivas Mart.) G.López, *Stachys baetica* a další (Pérez-Lattore et al. 2013). Na západě Srbska se vyskytují např. *Fumana bonapartei* a *Stachys recta* var. *chrysophaea* (Panč.) Hayek (Dudić et al. 2007). V Toskánsku v Itálii nalezneme taxony *Alyssum bertolonii*, *Armeria denticulata*, *Biscutella pichiana* subsp. *pichiana*, *Centaurea paniculata* subsp. *carueliana*, *Euphorbia nicaeensis* subsp. *prostrata*, *Festuca robustifolia*, *Leucanthemum pachyphyllum*, *Minuartia laricifolia* subsp. *ophiolitica*, *Stachys recta* subsp. *serpentinii*, *Stipa etrusca*, *Thymus striatus* subsp. *ophioliticus* (Lacaita) Fiori (Selvi 2007). V Kosovu se vyskytují *Aster albanicus*, *Centaurea albertii*, *Convolvulus cochlearis*, *Euphorbia glabriflora*, *Fumana bonapartei*, *Linum elegans*, *Polygala doerfleri*, *Rubus ipecensis* Rech.f., *Sanguisorba albanica*, *Sedum serpentina*, *Stipa mayeri* (Millaku et al. 2008).

Fakultativní serpentinfoyty jsou serpentintolerantní druhy, které se vyskytují jak na hadcovém podloží, tak nehadcovém (Kolář & Vít 2008).

Další specifickou skupinou jsou reliktní serpentinfoyty. Příkladem jsou zachované relikty z glaciálního a post-glaciálního období (Kolář 2007, Millaku et al. 2008, Pérez-Lattore et al. 2013).

5. Hadcová tolerance

Tolerance na nepříznivé podmínky hadcového podloží zahrnuje mechanismy jako iontový transport, osmotické procesy a vyrovnávání se s vysokými výkyvy teplot (Brady et al. 2005). Tolerance na tyto podmínky vznikají formou adaptace ať už morfologické, fyziologické či anatomické, která umožňuje rostlinám přežít na hadcovém podloží. Vznik adaptace úzce souvisí s působením selekčních tlaků, které umožňují přežívání pouze zvýhodněným jedincům. Přímě na serpentinofyty působí disruptivní selekce, která zvýhodňuje jedince s extrémními znaky. Tito jedinci mají schopnost se přizpůsobit vlastnostem hadce (David 2017).

5.1. Přizpůsobení serpentinofytů na specifické podmínky prostředí

Vysoký obsah hořčnatých iontů a obsah těžkých kovů v půdě působí na rostliny negativně až toxicky. Na rostlinách se projevuje jejich malým vzrůstem nebo dokonce úplným zamezením růstu. Zakrslé formy rostlin jsou označovány jako nanismy. Vznikají buď působením těžkých kovů, nebo se může jednat o strategii, kdy rostlina šetří investicemi, a proto neinvestuje do vzrůstu (Kolář & Vít 2008). Z hlediska teorie rostlinných strategií (Grime 1979) jsou serpentinofyty S-stratégové. Investují větší množství zdrojů do kořenové soustavy a zbylé zdroje používají pro nadzemní růst, který je nedostatkem těchto zdrojů zpomalený (David 2017).

Morfologické formy rostlin způsobené vlivem hadcového podloží se označují jako serpentinomorfózy a vznikají nezávisle na sobě v různých rodech. (Marin & Tatić 2001, Kolář & Vít 2008). Mezi serpentinomorfózy patří zejména menší vzrůst, řídké rozvětvení, vyvinutější kořenový systém a xeromorfní typ listů (jsou menší, s tužší vrstvou epidermis, s trichomy a nižší hustotou průduchů) uzpůsobený na suché podmínky (Dudić et al. 2007, Kolář & Vít 2008, David 2017).

Listy obligátních serpentinofytů jsou přizpůsobeny na podmínky hadcových lokalit malou velikostí a značnou tloušťkou k jejich ploše. Povrch listů je pokryt silnější kutikulou, která slouží jako ochrana. Pod kutikulou se nachází velké epidermální buňky. Na spodní straně listů jsou průduchy vnořeny do kutikuly (hypostomatální listy), kterou nejsou kryty (Dudić et al. 2007).

Listy fakultativních serpentiofytů se v zásadě od listů obligátních serpentiofytů liší pouze velikostí epidermálních buněk, které jsou malé. Jak u obligátních, tak u fakultativních serpentiofytů jsou listy hypostomatální a jsou pokryty silnou kutikulou. Charakteristikou fakultativních serpentiofytů je modrozelené až fialovozelené zbarvení lodyh (Dudić et al. 2007).

Kořeny se přizpůsobily nerovnoměrnému rozložení potřebných látek k vývoji i nedostatku vody. Vytváří dlouhé, hluboko rostoucí hlavní kořeny, aby se co nejvíce přiblížily zásobám vody, jelikož voda na hadcovém substrátu rychle protéká do nižších vrstev (Dudić et al. 2007). Nedostatek vody donutil rostliny také k dřívější tvorbě květů a semen, než je běžné u sesterských nehadcových taxonů (Brady et al. 2005).

5.2. Hořečnaté a vápenaté ionty

Rostliny trpící nadměrným množstvím hořčíku mohou podléhat jeho toxicitě, protože zabraňuje příjmu vápníku. Tento stav se označuje jako „hadcový syndrom“ (Bini & Maleci 2014).

U serpentiofytů se vyvinula tolerance na vlastnosti hadce. Regulují si přísun iontů tak, aby měly vždy více vápenatých iontů než hořečnatých. Buď přijímají hořečnatých iontů méně, nebo ho lépe odstraňují pomocí chelatačních látek, na které se váží molekuly kovů (Kolář & Vít 2008). Některé serpentiofyty dokonce požadují zvýšený přísun hořčíku, např. *Poa curtifolia* Scribn., která hořčík využívá pro optimální růst (Brady et al. 2005). Další způsob zbavování se nechtěných iontů je jejich uložení ve vakuolách, kde na rostlinu již nemají vliv (Kolář & Vít 2008).

Obecně platí, že poměr vápníku a hořčíku v půdě je téměř vždy nižší než 1, zatímco v rostlinách je vždy vyšší než v půdách (Marin & Tatić 2001). Toto tvrzení podporují i měření provedená Karataglis et al. (1982).

Jiná literatura uvádí, že oba typy serpentiofytů obsahují vždy více hořečnatých iontů než vápenatých. Mezi fakultativními a obligátními serpentiofyty se liší jejich tolerance, ale mají vždy vyšší obsah hořčíku než vápníku. Koncentrace hořečnatých iontů jsou rozdílné v různých částech rostliny, která může být závislá na druhu rostliny. Nejvyšší koncentrace u obligátních serpentiofytů se vyskytují v nadzemních částech rostlin (listy,

lodyhy) a nejméně v kořenech. Fakultativní serpentinofyty mají poněkud jiné zastoupení koncentrací. Nejvyšší hodnoty byly získány z kořenů a listů a nejnižší z lodyh (Dudić et al. 2007).

Přísun Ca^{2+} je pro serpentinofyty důležitý, protože jim umožňuje snižovat toxické účinky Mg^{2+} a Ni^{2+} iontů, ale při nízkých koncentracích toxicitě zabránit nemůže. Čím více se v půdě vyskytuje Ca^{2+} , tím pozitivněji působí na růst kořene. Důležité jsou také interakce mezi Ca^{2+} a Mg^{2+} ionty, které zamezují působení Ni^{2+} iontů. Spolupůsobení iontů způsobuje dokonce lepší růst kořene než při působení pouze Ca^{2+} iontů. Serpentinofyty za přítomnosti Ni^{2+} iontů nejlépe rostou, když se koncentrace Ca^{2+} a Mg^{2+} iontů liší ve prospěch hořečnatých iontů. Sníží-li se koncentrace Mg^{2+} , zvýší se příjem Ni^{2+} . Tato data byla zjištěna při experimentech v Itálii na endemickém druhu *Alyssum bertolonii* (Gabbrielli & Pandolfini 1984).

V dalších výzkumech bylo zjištěno, že serpentinofyty se přizpůsobily nízkému poměru vápníku a hořčíku v půdě tak, že snadněji přijímají vápník z půdy a lépe ho rozvádějí po rostlině na rozdíl od hořčíku. Jiná testovaná hypotéza potvrdila, že serpentinofyty jsou více tolerantní na zvýšené koncentrace hořčíku (Kazakou et al. 2008).

5.3. Adaptace na vysoké koncentrace kovů

Růst na půdách s vysokým obsahem těžkých kovů umožňuje rostlinám jejich hyperakumulaci (Kolář & Vít 2008). Jedná se o další přizpůsobení na hadcový substrát, které se celosvětově vyskytuje přibližně u 2 % hadcových rostlin. Hyperakumulace pro rostliny slouží jako antipredační strategie vůči herbivorům a patogenům (Brady et al. 2005, Kazakou et al. 2008).

U obou typů serpentinofytů byly zjištěny zvýšené koncentrace kovů ve srovnání s nehadcovými druhy. V rostlinných částech se mění koncentrace těžkých kovů v závislosti na prvku kovu a může být ovlivněna i druhem rostliny (Dudić et al. 2007). Například chrom se nejvíce ukládá v kořenech, to platí pro oba typy serpentinofytů, a vyskytuje se ve vyšší koncentraci než kobalt (Dudić et al. 2007, Bini & Maleci 2014). Ionty niklu a železa jsou zastoupeny rozdílně jak u obligátních, tak u fakultativních serpentinofytů. Uvádí se, že nikl je nejvíce zastoupen v nadzemních částech obligátních serpentinofytů. Celková

koncentrace kovů (Fe, Ni, Cr, Co) je vždy vyšší u obligátních serpentínofytů (Dudić et al. 2007).

Nadměrné množství těžkých kovů způsobuje poruchy DNA, peroxidačních reakcí, chlorózu a odumírání epidermálních buněk kořene. Odumírání epidermálních buněk je popisováno jako proces detoxikace, kdy dochází k odstraňování horní vrstvy rhizodermis za účelem odstranění kovů a ochrany vnitřních vrstev meristematické zóny kořene (Kazakou et al. 2008, Bini & Maleci 2014).

5.4. Lokální adaptace

Označením lokální adaptace rozumíme přizpůsobení se vlastnostem hadcového podloží, jak je uvedeno výše. Lokální adaptaci si můžeme ověřit pomocí transplantačního experimentu, kdy hadcové druhy přeneseme do nehadcové půdy. Ve většině případů se transplantační experiment provádí v laboratorních podmínkách k zamezení působení dalších vlivů. Experimentem zjistíme, že hadcové druhy prosperují na nehadcové půdě velmi dobře. Dorůstají větších rozměrů a produkují více biomasy než na hadcích. Při smíchání hadcových a nehadcových druhů na nehadcové půdě pozorujeme, že hadcové druhy nejsou schopny konkurovat nehadcovým druhům. Z nehadcového podloží by tedy byly konkurenty vytlačeny. Transplantační experimenty prokazují, že u hadcových druhů se jedná o lokální adaptaci a při jejich přenosu do nehadcového podloží dochází ke snížení jejich fitness a schopnosti přežití (Brady et al. 2005, Kolář & Vít 2008).

Takový experiment byl proveden například v Kalifornii u hadcového endemitu rodu *Streptanthus* Nutt. Semena tohoto rodu byla smíchána s nehadcovými druhy a vysazena do květináčů s nehadcovou a hadcovou půdou. Po několika týdnech v květináči s nehadcovou půdou nebyly nalezeny semenáčky rodu *Streptanthus*, zatímco nehadcové semenáčky prosperovaly. V květináči s hadcovou půdou bylo nalezeno jen pár semenáčků rodu *Streptanthus* a nehadcových semenáčků bylo velmi málo ve chřadnoucím stavu (Kolář & Vít 2008).

5.5. Vznik preadaptací

Preadaptace na hadcové podmínky u nehadcových druhů mohou být způsobeny genovým tokem z hadcových druhů do nehadcových. Preadaptace řadě rostlin umožňuje odolnost vůči specifickým podmínkám, a tím jim umožňují osídlivat nová území (Brady et al. 2005). Preadaptace se u potenciálních kolonizátorů vyskytují za dvou podmínek: neomezují fitness daného druhu nebo ho zvýhodňují v určitém prostředí. Je-li nějaký druh adaptován na vysoké obsahy Mg^{2+} iontů v nehadcové půdě, efektivněji se chrání před patogeny a spásáním herbivory. Na hadcové půdě tato vlastnost umožňuje druhům přežívání toxických účinků nadměrného množství těžkých kovů (Kolář 2007).

6. Speciace na hadci

Hadcové ostrůvky, na které působí silně selektivní podmínky, jsou vhodným prostředím pro speciaci a evoluci rostlin. Jsou nejen odděleny geografickou, ale i ekologickou bariérou, proto kolonizující druhy musí být adaptovány na vlastnosti hadce. Nové druhy mohou pronikat na hadcové ostrůvky z jeho okolí, takovým způsobem vznikají nové serpentinofyty diferencující se *in situ* na hadci. Vznikají typem sympatrické speciace, která se označuje jako edafická speciace. Na preadaptované nehadcové druhy působí disruptivní selekce, která tyto druhy rozdělí na hadcově tolerantní a netolerantní. Divergentním působením na hadcově tolerantní druhy vznikají hadcové rasy, z nichž se dále vyvinuli endemiti. Aby byla speciace hadcového endemita úspěšná, musí nejdříve dojít ke genetické fixaci a reprodukční izolaci hadcových ras, tím se zamezí genovému toku mezi rasami a vznikne endemit (Kolář 2007). Reprodukční izolaci se rozumí, že nedochází ke křížení mezi rasami vlivem fenologického posunu v době kvetení, samosprášení nebo změn v morfologii květů (Brady et al. 2005).

Dalším typem speciace na hadci je saltační speciace. Vlivem působení silných ekologických stresorů dochází k zániku většiny populace daného druhu. Zbylá část populace je zastoupena odolnými jedinci, u kterých dochází k chromozomální přestavbě. Ta zabraňuje genovému toku mezi jedinci z dané populace druhu. Takovým způsobem dochází ke vzniku nového druhu, který je izolovaný od svého předka (Kolář 2007).

7. Hadce v České republice

Hadcové ostrůvky jsou roztroušeny téměř po celém území České republiky. Ve většině případů se jedná o rozlohou malé lokality.

Největší hadcové těleso České republiky se nachází ve Slavkovském lese, kde se táhne přes několikakilometrový hřeben. Významným endemitem této lokality je rožec kuříčkolistý (*Cerastium alsinifolium*), který byl popsán jako první český endemit v roce 1828 (Kolář & Vít 2008, Krám 2009).

Na Moravě se největší hadcové území nachází u Mohelna a je z části pokryto NPR Mohelenská hadcová step o rozloze 108,94 ha. Jen na této lokalitě bylo nalezeno asi 620 rostlinných druhů (Kolář & Vít 2008, AOPK ČR 2018). Mohelenská hadcová step byla vyhlášena chráněným územím už v roce 1933 s důrazem na ochranu ohrožených druhů, např. podmrvky hadcové (*Notholaena marantae*), která zde byla poprvé nalezena v roce 1858 (Ekrt 2015).

Mohelenské hadcové těleso je pokryto dalšími přírodními rezervacemi, a to PR Biskoupská hadcová step, PR Dukovanský mlýn a PR Nad Řekami (Kolář & Vít 2008). PR Biskoupská hadcová step byla v roce 1979 vyhlášena přírodní rezervací. Jedná se o lokalitu s rozlohou 2,58 ha, na které se nachází např. sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) a kriticky ohrožený druh trýzel rozkladitý (*Erysimum repandum*) (Dvořák 2014). PR Dukovanský mlýn je tvořena dvěma lokalitami propojenými ochranným pásmem. Jedná se o lokalitu Nad vodou a Pohaniska. PR Dukovanský mlýn byla vyhlášena chráněnou z důvodu výskytu hadcových skalek a ohrožených druhů, jako jsou lýkovec vonný (*Daphne cneorum*) a bažanka vejčitá (*Mercurialis ovata*) (Jirková et al. 2017). PR Nad Řekami byla vyhlášena v roce 1979 přírodní rezervací. Lokalita zaujímá plochu 7,78 ha. Ze vzácnějších taxonů této lokality se zde vyskytují např. strdivka sedmihradská (*Melica transsilvanica*) a bělozářka větevnatá (*Anthericum ramosum*). Z ohrožených taxonů se zde vyskytují vousatka prstnatá (*Bothriochloa ischaemum*) a silně ohrožený sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) (Martišek & Martišková 2011).

Mezi další významné hadcové lokality České republiky se řadí Borek u Chotěboře. Tato lokalita je tvořená hadcovým lomem (Jirková et al. 2012). Dále se v České republice vyskytují dolnokralovické hadce. Dolnokralovická hadcová lokalita se vyskytuje u Bernartic, kde se nachází hadcoví endemiti jako kuříčka Smejkalova (*Minuartia smejkalii*) a mochna Crantzova hadcová (*Potentilla crantzi* subsp. *serpentini*). A v poslední řadě se v České republice vyskytují hadcové lokality Křemže, Mladá Vožice, Raškov a Staré Ransko (Kolář & Vít 2008).

Obrázek 1: Hadcové lokality v České republice (Kolář & Vít 2008)



Nejvýznamnější hadcové lokality v České republice: ● Borek u Chotěboře, ● Mohelno, ● dolnokralovické hadce, ▲ Slavkovský les, ■ Křemže, ▲ Mladá Vožice, ● Raškov, ● Staré Ransko

8. Hadce na Šumpersku

Hadce na Šumpersku se vyskytují v severní části okresu, severozápadně od města Šumperk. Tvoří několik izolovaných ostrovů, které vytváří hadcové pásmo táhnoucí se od Bušína přes Rudu nad Moravou, Hanušovice, Staré Město až k Velkému Vrbnu. Vyskytuje se zde pět větších hadcových lokalit, kterými se dále v práci zabývám. Jedná se o lokality PR Na hadci u Raškova, PP Chrastický hadec u Chrastic, PP Žďár u Rudy nad Moravou a hadcové lokality u Hanušovic a Štědrákovy Lhoty.

Největší těleso serpentinitu se táhne od Bušína až k Hosticím. U Rudy nad Moravou se serpentinit vyskytuje ve formě pětikilometrového hřbetu, který zasahuje do přírodní památky Žďár (Němec & Němcová 1982).

Další lokalita se vyskytuje u Raškova a je označována jako přírodní rezervace Na hadci. Na této lokalitě, jako jediné na Moravě, roste hadcový specialista hvozdík kartouzek hadcový (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*) (Kovařík et al. 2015).

Druhou významnou lokalitou je přírodní památka Chrastický hadec vyskytující se poblíž Starého Města pod Sněžníkem (Němec & Němcová 1982, Kolář & Vít 2008). Další již menší lokality spadající do ochranného pásma PR Na hadci se nachází na území Hanušovic, Komnátek, Raškova Dvora a Štědrákovy Lhoty (Anonymus 2015a).

9. Hadcoví specialisté na Šumpersku

Mezi hadcové specialisty, tedy obligátní serpentinoφυty, se na Šumpersku řadí sleziník nepravý, sleziník hadcový a hvozdík kartouzek hadcový.

Sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) je vytrvalá rostlina, která má oddenek vystoupavý, 4–5 cm dlouhý, černohnědý, hustě pokrytý bázemi řapíků odumřelých listů a plevinami; pleviny až 4 mm dlouhé, čárkovitě kopinaté, dlouze vláskovitě prodloužené a na okraji ± trásnitě. Listy v hustém trsu, většinou přezimující, živě až tmavě zelené, až 20(–22) cm dlouhé; listové vřeteno do 1/3 až 4/5 své délky tmavohnědé a ve zbývajících vrcholové části zelené; čepel jednoduše zpeřená, úzce čárkovitě kopinatá, cca 1,5 cm široká, krátce špičatá až přitupá; lístky vstřícné nebo střídavé, 4–6 mm dlouhé, okrouhlé až široce vejčité nebo kosníkovitě podlouhlé, krátce řapíčkaté, k řapíčku široce klínovitě zúžené, na okrajích mělce vroubkované, na spodní straně s roztroušenými drobnými žláznatými chlupy; řapík 2–6 cm dlouhý, kratší než čepel, lesklý, rezavě hnědý. Výtrusnicové kupky po (3–)6–8(–9) na jednom lístku, podlouhlé až čárkovité, zpravidla umístěné blíže ke středové žilce než k okraji a kryté čárkovitou, celokrajnou nebo mělce zoubkatou, světle hnědou ostěrou. Výtrusy světle hnědé, široce vejcovité, produkované v VII.–IX. měsíci (převzato a upraveno z Křísa 1988).

Vyskytuje se pouze ve štěrbinách hadcových skal na suchých polostinných i slunných stanovištích ve společenstvu svazu *Asplenion serpentini* (Křísa 1988). Podle Červeného seznamu z roku 2017 se řadí do kategorie kriticky ohrožených taxonů označovaných C1 (Grulich 2017).

Sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) je vytrvalá rostlina, která má oddenek silný, rozvětvený, bohatě kořenující a hustě porostlý plevinami; pleviny černohnědé, celokrajné, podlouhle kopinaté, 5–8 mm dlouhé. Listy hustě trsnaté, nepřezimující, 15–20(–25) cm dlouhé, 3–6(–8) cm široké; čepel v obrysu vejčité trojúhelníkovitá, nelesklá, se zeleným vřetenem, 2–4 x zpeřená; lístky střídavé, v obrysu vejčité, dolní krátce řapíčkaté, horní přisedlé, nejčastěji 2 x zpeřené; úkrojky posledního řádu klínovité až klínovitě vejčité, nejširší v horní polovině, 4–7 mm dlouhé, 3–4 mm široké, v dolní části celokrajné, v horní vroubkované; všechny úkrojky osinkatě zubaté; řapík ± tak dlouhý jako čepel nebo delší, hnědočerný, lesklý. Výtrusnicové kupky 2,0–3,5 mm dlouhé, po 2–4(–6) na jednom lístku, zakryté ± celokrajnou ostěrou. Výtrusy produkují v VIII.–IX. měsíci (převzato a upraveno z Křísa 1988).

Vyskytuje se pouze ve štěrbinách hadcových skal; ve společenstvech svazů *Asplenion serpentini* a *Asplenio cuneifolii* – *Armerion serpentini* (Křísa 1988). Podle červeného seznamu z roku 2017 se jedná o silně ohrožený taxon označený C2 (Grulich 2017).

Hvozdík kartouzek hadcový (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*) je vytrvalá, trsnatá bylina se ztlustlým, chudě větveným kořenem a mnohohlavým oddenkem. Lodyha přímá nebo krátce vystoupavá, (5–)12–25(–30) cm vysoká, nevětvená, alespoň v horní části hranatá, lysá nebo vzácně v dolní polovině krátce chlupatá, se 4–6 lodyžními články. Listy čárkovité až čárkovitě kopinaté, dolní lodyžní 2–8(–12) cm dlouhé, 1,2–2,5(–2,9) mm široké, na okraji drsné, na ploše lysé nebo vzácně krátce chlupaté, špičaté; pochvy 8–16 mm dlouhé. Květenství volné, často rozpuštěné, 2–5květé; listeny bylinné až blanité nebo kožovité, kopinaté, dlouze osinaté. Květy přisedlé nebo kratičce stopkaté, nevonné. Podkališní listénce vejčité nebo obvejčité, dlouze osinaté, kožovité, světle hnědé, zděli 3/2–2/3 kališní trubky. Kalich trubkovitý, 12–15(–16) mm dlouhý, lysý, aspoň z části zelený, jinak fialově naběhlý, s trojúhelníkovitými, špičatými zuby; čepel korunních lístků klínovitá, nahoře nepravidelně hrubě zubatá nebo vyhlodávaná, 7–9(–10) mm dlouhá, růžová, na líci ± chlupatá. Tobolka ± zděli kalicha nebo nepatrně delší. Semena 1,9–2,2 mm dlouhá. Kvete v VI. – IX. měsíci (převzato a upraveno z Kovanda 1990).

Vyskytuje se v borových lesích i travinných porostech na serpentinitech v jižních Čechách a na severní Moravě (Kovanda 1990). Podle Červeného seznamu z roku 2017 se *Dianthus*

carthusianorum subsp. *capillifrons* řadí do skupiny silně ohrožených taxonů označujících se C2 (Gulich 2017).

Obrázek 2: A – *Asplenium adulterinum* (© V. Nejeschleba, 2016), B – *Asplenium cuneifolium* (© V. Nejeschleba, 2016), C – *Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons* (© A. Zvára, 2015)



10. Charakteristika okresu Šumperk

10.1. Topografická charakteristika

Okres Šumperk je lokalizován na severu Moravy v Olomouckém kraji. Sousedí s pěti okresy spadajícími do Olomouckého, Moravskoslezského a Pardubického kraje. Severozápadní hranici sdílí s Polskem. Jedná se o druhý největší okres v Olomouckém kraji s rozlohou 1313 km² (Krajská správa ČSÚ v Olomouci 2015).

10.2. Geomorfologická charakteristika

Šumperský okres je tvořen několika oblastmi, které se ve většině případů řadí do provincie České vysočiny. Do provincie Západních Karpat se řadí jihovýchodní výběžek Hornomoravského úvalu. Vybrané hadcové lokality se nachází v Branenské vrchovině spadající do podcelku Hanušovická vrchovina, celku Mohelenská brázda, Jesenické oblasti a do provincie Česká vysočina (Melzer & Schulz 1993).

10.3. Geologická charakteristika

Šumperský okres je tvořen několika horninami různého typu. Jedná se o horniny vyvřelé a přeměněné, které tvoří srdce okresu a usazené horniny lemují okrajové oblasti. Vývoj těchto hornin na Šumpersku je zachycen již od starohor. Orlicko-kladské krystalinikum a staroměstské krystalinikum je tvořeno Rychlebskými horami a Králickým Sněžníkem. Ve staroměstském krystaliniku se nachází významné hadcové výchozy, které jsou tvořeny amfibolity i svory a nachází se u Rudy nad Moravou, Raškova a Starého Města. Šumperský okres je dále tvořen zábřežským krystalinikem a na východě přechází v silesikum (Melzer & Schulz 1993).

10.4. Pedologická charakteristika

Okres Šumperk je tvořen převážně neúrodnými půdami. Ve vyšších nadmořských výškách jsou zastoupeny podzoly, které v nižších nadmořských výškách přechází v kambizemě. Úrodné půdy jako černozemě se vyskytují jižněji v okrese Olomouc (Mlček 2012).

10.5. Klimatická charakteristika

Klima Šumperska je ovlivněno především kontinentalitou a západním prouděním vzduchu. Podnebí okresu Šumperk se dá rozdělit do tří podnebných oblastí podle nadmořské výšky. Chladná oblast je charakteristická pro místa s nadmořskou výškou vyšší než 500 metrů a tvoří většinu Šumperska. Do teplé oblasti jsou zahrnuty místa v okolí Mohelnice a Úsova. Zbytek okresu spadá do mírně teplé oblasti (Melzer & Schulz 1993).

10.6. Hydrologická charakteristika

V okrese Šumperk jsou vodní zdroje zastoupeny především řekami a z malé části vodními nádržemi.

Dominantní řekou okresu Šumperk je řeka Morava pramenící na Králickém Sněžníku. U Hanušovic se do ní z levé strany vlévají říčky Krupá a Branná. Dalším levostranným přítokem je řeka Desná, která se střetává s řekou Moravou u Postřelmova a výrazně ji

posiluje. Řeka Morava a její přítoky spadají k úmoří Černého moře, do kterého jsou odváděny řekou Dunajem od Děvína. (Melzer & Schulz 1993, Štefáček 2008).

Přírozené vodní nádrže se vyskytují na Šumpersku ojediněle. O něco významnější jsou umělé nádrže, tedy rybníky. Největším rybníkem je Polický, dalšími jsou Dolnolibinský, Velký rybník, Sudkovský a Brassův. Jedná se o menší rybníky dosahující maximálně 13 ha (Melzer & Schulz 1993). Dále je na Šumpersku důležitá horní a dolní nádrž vodní elektrárny Dlouhé Stráně a v neposlední řadě tři kilometry od Šumperka vzdálená nádrž Krásné (Mlček 2012).

10.7. Fytogeografická charakteristika

Flóra okresu Šumperk spadá do dvou fytogeografických oblastí, a to oreofytika a mezofytika. Na Šumpersku je oreofytikum zastoupeno fytogeografickými okresy 95. Orlické hory, 96. Králický Sněžník a 97. Hrubý Jeseník. Mezofytikum je zastoupeno fytogeografickými okresy 73. Hanušovicko-rychlebská vrchovina, 72. Zábřežsko-uničovský úval a na jihu okrajově také 71. Drahanská vrchovina (Skalický 1988).

Hadcové lokality, kterými se zabývám v této práci, leží převážně v mezofytiku, ve fytogeografickém okrese 73. Hanušovicko-rychlebská vrchovina, podokrese 73b. Hanušovická vrchovina, v menší míře také v oreofytiku ve fytogeografickém okrese 95. Orlické hory, podokrese 95b. Králická hornatina.

11. Charakteristika vybraných lokalit

11.1. Přírodní rezervace Na hadci

Lokalita Na hadci leží ve fytogeografickém okrese 73. Hanušovicko-rychlebská vrchovina, podokrese 73b. Hanušovická vrchovina (Skalický 1988). Nachází se přibližně 1500 metrů severozápadně od obce Raškov, střed území leží na souřadnicích 50°2'38.79"N, 16°53'11.29"E. Jedná se o lokalitu s rozlohou 52,26 ha, která byla vyhlášena 8. 11. 1990 za chráněnou přírodní rezervaci. Stala se chráněnou z důvodu výskytu společenstev hadcových skalek, borových lesů a bučin (Pecina et al. 2017).

Drobnější hadcové lokality nacházející se v blízkosti přírodní rezervace Na hadci spadají do jejího ochranného pásma s rozlohou přibližně 816 ha a zároveň do evropsky významné lokality Hadce a bučiny u Raškova. Ochranné pásmo zahrnuje katastrální území Hanušovice, Komňátka, Raškův Dvůr, Raškov ves a Štědrákova Lhota (Anonymus 2015a).

Přírodní rezervace je tvořena značně členitým územím hadcových hřebenů. Nejvyšším vrcholem těchto hřebenů je Modřínový vrch s nadmořskou výškou 625 metrů. Lokalita je předělána údolím, kterým protéká Raškovský potok. Toto údolí je položené přibližně ve 450 metrech a je významné z hlediska výskytu hadcových skalek (Kovařík et al. 2015).

Stromové patro této lokality je tvořeno původními druhy, a to eutrofními bučinami z asociace *Mercuriali perennis-Fagetum sylvaticae* a mezotrofními bučinami z asociace *Galio odorati-Fagetum sylvaticae* vyskytující se v nižších polohách lokality. Ve vyšších polohách se vyskytují acidofilní bučiny svazu *Luzulo-Fagion sylvaticae*. V místech výskytu hadců se nachází pozůstatky borů z asociace *Festuco-Pinetum sylvestris* společně s vegetací hadcových skalek svazu *Asplenietum cuneifolii*. Vyskytují se zde nepůvodní monokultury smrku ztepilého (*Picea abies*), které nahradily původní bory. Dále se zde vyskytuje jedle bělokorá (*Abies alba*) a podél Raškovského potoka porosty modřínu opadavého (*Larix decidua*). Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) z asociace *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* či *Carici remotae-Fraxinetum excelsioris* a dubohabřiny z asociace *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* se vyskytují v úpatí svahů (Kovařík et al. 2015, Hroneš & Dančák 2017).

Z bylinného patra nižších poloh lokality se zde vyskytují např. původní druhy jako vrbina hajní (*Lysimachia nemorum*), kakost hnědočervený (*Geranium phaeum*), krabilice chlupatá (*Chaerophyllum hirsutum*), kopytník evropský (*Asarum europaeum*), len počistivý (*Linum catharticum*), věsenka nachová (*Prenanthes purpurea*), růže převislá (*Rosa pendulina*) a prvosenka vyšší (*Primula elatior*). Ze vzácnějších původních taxonů se zde vyskytují rožec hajní (*Cerastium lucorum*), bradáček vejčitý (*Listera ovata*) a hlístník hnízdák (*Neottia nidus-avis*). Neofytní druhy jsou zde zastoupeny kolotočníkem ozdobným (*Telekia speciosa*) a vlčím bobem mnoholistým (*Lupinus polyphyllus*). Z původních travin se v nižších polohách lokality vyskytují např. ostřice lesní (*Carex sylvatica*), ostřice řídkoklasá (*Carex remota*), ostřice třeslicovitá (*Carex brizoides*), skřípina lesní (*Scirpus sylvaticus*), třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a další (Hroneš & Dančák 2017).

Z neofytních travin se zde vyskytuje sítina tenká (*Juncus tenuis*). Na jihovýchodním okraji lokality se vyskytuje archeofyt ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*) (Kovařík et al. 2015).

Ve vyšších nadmořských výškách na hřebenu Modřínového vrchu se vyskytují původní bylinné druhy jako rulík zlomocný (*Atropa bella-donna*), rožec rolní (*Cerastium arvense*), konvalinka vonná (*Convallaria majalis*), kyčelnice cibulkonosná (*Dentaria bulbifera*), kokořík vonný (*Polygonatum multiflorum*) a další. Ve vyšších polohách lokality se vyskytuje neofyt vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphyllus*) a archeofyt lnice květel (*Linaria vulgaris*). Z původních travin se zde vyskytují lipnice hajní (*Poa nemoralis*), strdivka nicí (*Melica nutans*), v borech kostřava ovčí (*Festuca ovina*), ostřice prstnatá (*Carex digitata*) a další (Kovařík et al. 2015, Hroneš & Dančák 2017).

Na hadcové výstupy vyskytující se podél Raškovského potoka a na Modřínovém vrchu se váže výskyt obligátních serpentiofytů. Jedná se o hvozdík kartouzek hadcový (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*) a bohaté populace sleziníku nepravého (*Asplenium adulterinum*) a sleziníku hadcového (*Asplenium cuneifolium*) (Kovařík et al. 2015).

11.2. Přírodní památka Žďár

Hadcová lokalita Žďár se vyskytuje ve fytogeografickém okrese 73. Hanušovicko-rychlebská vrchovina, podokrese 73b. Hanušovická vrchovina (Skalický 1988). Nachází se přibližně kilometr západně od Rudy nad Moravou, střed území leží na souřadnicích 49°59'27.00"N, 16°52'1.00"E. Rozloha této lokality je 19 ha a zaujímá hřbet a přilehlé svahy návrší Žďár v nadmořské výšce v rozmezí 460–547 metrů (Anonymus 2015c, AOPK ČR 2018).

Jedná se o menší přírodní útvar, který byl vyhlášen za přírodní památku z důvodu výskytu ohrožených druhů. Klade důraz na ochranu hadcových borů, bučin a společenstev vyskytujících se na hadcových skalkách. Nalezneme zde početné populace sleziníku nepravého (*Asplenium adulterinum*) a sleziníku hadcového (*Asplenium cuneifolium*) (Anonymus 2010c, AOPK ČR 2018).

Stromové patro je v nižších nadmořských výškách tvořeno bučinami svazu *Fagion sylvaticae*. Ve vyšších nadmořských výškách nalezneme hadcový bor společně s dubem

zimním (*Quercus petraea*) a příměsí modřínu opadavého (*Larix decidua*) a jedle bělokoré (*Abies alba*). Smrk ztepilý (*Picea abies*) se na této lokalitě téměř nevyskytuje. (Anonymus 2015c, Hroneš & Dančák 2017).

Z původních druhů bylinného patra se na lokalitě vyskytuje např. zvonek okrouhlolistý (*Campanula rotundifolia*), silenka nadmutá (*Silene vulgaris*), zvonek broskvolistý (*Campanula persicifolia*), svízel okrouhlolistý (*Galium rotundifolium*), hrachor jarní (*Lathyrus vernus*), černýš luční (*Melampyrum pratense*) a v podrostu brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*). Z původních travin se na lokalitě vyskytují třtina rákosovitá (*Calamagrostis arundinacea*), třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), bojínek hlíznatý (*Phleum nodosum*) a další (Hroneš & Dančák 2017).

11.3. Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty

Hadcová lokalita v blízkosti Štědrákovy Lhoty se vyskytuje ve fytogeografickém okrese 95. Orlické hory, podokrese 95b. Králická hornatina (Skalický 1988). Nachází se přibližně 3,5 kilometru severozápadně od Štědrákovy Lhoty a nedaleko vrcholu Paramuť, který leží v nadmořské výšce 820 metrů. Lokalita se rozkládá v nadmořské výšce v rozmezí 800–900 metrů a je dána souřadnicemi 50°2'18.76"N, 16°50'40.16"E.

Bohužel tato lokalita není botanicky prozkoumaná a nejsou k ní dostupné informace ohledně rostoucích druhů cévnatých rostlin. Staněk (2010) zde při geologickém průzkumu nepotvrdil výskyt tří malých čoček serpentinitu, a to ani přesto, že jsou uváděné v geologické literatuře.

11.4. Hadcová lokalita u Hanušovic

Hadcová lokalita v blízkosti Hanušovic se vyskytuje ve fytogeografickém okrese 73. Hanušovicko-rychlebská vrchovina, podokrese 73b. Hanušovická vrchovina (Skalický 1988). Vyskytuje se přibližně 2 kilometry jihozápadně od železniční stanice v Hanušovicích v nadmořské výšce okolo 609 metrů se souřadnicemi 50°4'8.26"N, 16°55'13.73"E. Jak již bylo zmíněno v kapitole 11.1., lokalita spadá do ochranného pásma přírodní rezervace Na hadci (Anonymus 2015a).

K této lokalitě jsem nenalezla žádné informace ohledně rostoucích druhů. Při geologickém průzkumu této lokality Staněk (2010) uvádí, že našel serpentinity pouze v úlomcích na cestě.

11.5. Přírodní památka Chrastický hadec

Hadcová lokalita Chrastický hadec se vyskytuje ve fytogeografickém okrese 73. Hanušovicko-rychlebská vrchovina, podokrese 73b. Hanušovická vrchovina (Skalický 1988). Nachází se východně od obce Chrastice a její střed leží na souřadnicích 50°7'56.67"N, 16°56'42.55"E. Rozkládá se v nadmořské výšce 530–554 metrů. Lokalita je tvořena dvěma skalnatými ostrůvky a lomem, který je na dně vyplněn jezírkem. Kolem jezírka se vyskytují skalní výchozy, kde roste sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*). Tato lokalita patří mezi nejbohatší lokality výskytu sleziníku nepravého (*Asplenium adulterinum*) na Moravě, proto byla vyhlášena za přírodní památku. Přírodní památka má rozlohu přibližně 2,9 ha, zatímco ložisko této horniny se vyskytuje na ploše o rozloze 4 ha (Staněk 2010, Skácel et al. 2011, Anonymus 2015b).

Z dalších původních druhů zde byly zjištěny krušík široolistý (*Epipactis helleborine*), ohrožená hrušnice jednostranná (*Orthilia secunda*) a vzácná kapradina laločnatá (*Polystichum aculeatum*) (Anonymus 2015b).

12. Výsledky

Na třech z pěti hadcových lokalit jsem našla alespoň jeden ze tří serpentinfoytických druhů vyskytujících se na Šumpersku. Většina ostatních druhů, které jsem na lokalitách zaznamenala, patří mezi druhy v ČR původní či archeofytí, jen dva druhy, netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) a janovec metlatý (*Cytisus scoparius*), jsou neofyty. Rostlinné druhy, které jsem na lokalitách zaznamenala, se většinou shodovaly se soupisy druhů získaných z dostupné literatury.

12.1. Přírodní rezervace Na hadci

Na této lokalitě jsem našla 75 druhů, jejichž úplný výčet je uveden v kapitole 15.1. Dominantními druhy stromového patra byly buk lesní (*Fagus sylvatica*) a smrk ztepilý

(*Picea abies*). Dominantními druhy bylinného patra byly brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), silenka nadmutá (*Silene vulgaris*), pomněnka lesní (*Myosotis sylvatica*), kyčelnice cibulkonosná (*Dentaria bulbifera*) a mařinka vonná (*Galium odoratum*).

Při vstupu na jihovýchodním okraji lokality jsem zaznamenala původní druhy jako kakost hnědočervený (*Geranium phaeum*), krabilici chlupatou (*Chaerophyllum hirsutum*) a ptačinec hajní (*Stellaria nemorum*). Podél cesty vedoucí středem lokality se vyskytovaly ptačinec velkokvětý (*Stellaria holostea*), dva druhy pryskyřníků, a to pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*) a pryskyřník kosmatý (*Ranunculus lanuginosus*). Z významných druhů jsem na této lokalitě zaznamenala kokořík přeslenitý (*Polygonatum verticillatum*) a kokořík mnohokvětý (*Polygonatum multiflorum*), který se vyskytoval nejen podél cesty, ale i na Modřínovém vrchu. Z neofytních druhů jsem zde zaznamenala janovec metlatý (*Cytisus scoparius*) a netýkavku malokvětou (*Impatiens parviflora*).

Při výstupu na Modřínový vrch jsem našla několik rostlin původního druhu sedmikvítku evropského (*Trientalis europaea*). Na hadcových výchozech jsem zaznamenala sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) i sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*), vyskytovaly se jak v údolí Raškovského potoka, tak i na vrcholu hřebenu Modřínového vrchu. Sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) se na lokalitě vyskytoval hojněji než sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*), našla jsem ho téměř na každém výchozu hadce. Sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) se na lokalitě vyskytoval přibližně v počtu deseti trsů, které rostly především na výchozu hadce na Modřínovém vrchu. Kolem hadcových výchozů na této lokalitě jsem zaznamenala výskyt brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*). Na lokalitě se má dále nacházet původní hvozdík kartouzek hadcový (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*) (Vinter et al. 2001), taktéž vázaný na výchozy hadce, ten jsem ale nenalezla ani při jedné z návštěv lokality.

Hroneš & Dančák (2017) zde zaznamenali ze vzácnějších původních druhů bradáček vejčitý (*Listera ovata*) a hlístník hnízdák (*Neottia nidus-avis*), při vlastní návštěvě lokality jsem ovšem tyto druhy nenalezla. Nenalezla jsem zde ani neofytní nebo archeofytní druhy uvedené v kapitole 11.1.

12.2. Přírodní památka Žďár

Druhové složení bylo velmi podobné jako v PR Na hadci, avšak o něco chudší. Nalezla jsem zde 49 druhů. Ze stromového patra zde dominoval dub zimní (*Quercus petraea*). Dominantním bylinným druhem této lokality byl ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus* agg.) společně s hasivkou orličí (*Pteridium aquilinum*) a pomněnkou lesní (*Myosotis sylvatica*).

Při výstupu k rozcestí Šošola jsem zaznamenala původní druhy jako hasivku orličí (*Pteridium aquilinum*), která tvořila až metrové souvislé porosty na úseku lokality. Zaznamenala jsem výskyt černýše lučního (*Melampyrum pratense*), který se na lokalitě vyskytoval na stráni pod hadcovým borem. Dále jsem našla žinčavu evropskou (*Sanicula europaea*), mléčku zední (*Mycelis muralis*) a svízel okrouhlolistý (*Galium rotundifolium*), který rostl podél lesní cesty společně se zvonkem okrouhlolistým (*Campanula rotundifolia*) a dalšími druhy. Z dalších původních druhů jsem na lokalitě zaznamenala z čeledi hvozdíkovitých silenku dvoudomou (*Silene dioica*) a smolničku obecnou (*Viscaria vulgaris*). Z travin jsem zaznamenala sítinu rozkladitou (*Juncus effusus*), biku bělavou (*Luzula luzuloides*) a další. Z neofytních druhů jsem zaznamenala janovec metlatý (*Cytisus scoparius*) a netýkavku malokvětou (*Impatiens parviflora*).

Na výchozech hadců jsem zaznamenala oba sleziníky. Sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) se na lokalitě vyskytoval hojně nejen na hadcových skalkách, ale i mimo ně. Sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) se zde téměř nevyskytoval. Zaznamenala jsem pouze dva trsy, které se vyskytovaly na slunném stanovišti.

Dále byl na lokalitě v minulosti zaznamenán výskyt hrachoru jarního (*Lathyrus vernus*) a bojínku hlíznatého (*Phleum nodosum*) (Hroneš & Dančák 2017), výskyt těchto druhů jsem nepotvrdila.

12.3. Hadcová lokalita u Štědrákoy Lhoty

Na této lokalitě jsem zaznamenala 59 rostlinných druhů. Dominantními druhy stromového patra byly buk lesní (*Fagus sylvatica*) a smrk ztepilý (*Picea abies*). Početnými bylinnými druhy této lokality byly kapradiny, netýkavka nedůtklivá (*Impatiens noli-tangere*) a ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus* agg.). Z neofytních druhů lokality jsem zde

zaznamenala pouze netýkavku malokvětou (*Impatiens parviflora*), která byla také dominantním druhem.

Na okraji cyklistické trasy vedoucí skrze lokalitu jsem našla krtičník hlíznatý (*Scrophularia nodosa*) a čísteček lesní (*Stachys sylvatica*). Dále jsem zaznamenala šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*), který se vyskytoval po celé lokalitě. Ze zajímavých druhů jsem narazila na česnek medvědí (*Allium ursinum*), vraní oko čtyřlísté (*Paris quadrifolia*) a pstroček dvoulistý (*Maianthemum bifolium*), který se vyskytoval poblíž drobných výchozů hadce.

Na výchozech hadců jsem na této lokalitě nezaznamenala obligátní serpentinofyty. V blízkosti výchozů se zde vyskytovaly pouze kapradiny, jako jsou kapraď samec (*Dryopteris filix-mas*), papratka samičí (*Athyrium filix-femina*) a bukovinec osladičovitý (*Phegopteris connectilis*).

Ze vzácných druhů jsem zde zaznamenala výskyt hlístníku hnízdáku (*Neottia nidus-avis*), který rostl v blízkosti porostu neofytu netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*) a netýkavky nedůtklivé (*Impatiens noli-tangere*). Z archeofytních druhů jsem zde zaznamenala řeřišnici srstnatou (*Cardamine hirsuta*).

12.4. Hadcová lokalita u Hanušovic

Tato lokalita byla druhově nejchudší, zaznamenala jsem pouze 30 druhů, které se shodovaly s druhy na ostatních hadcových lokalitách. Dominantními druhy lokality byly smrk ztepilý (*Picea abies*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus* agg.).

Na hadcové lokalitě u Hanušovic jsem zaznamenala např. zběhovec plazivý (*Ajuga reptans*) a vrbinu hajní (*Lysimachia nemorum*), tyto druhy se vyskytovaly v lemech lesní cesty. Dále jsem našla po celé lokalitě roztroušenou kyčelnici cibulkonosnou (*Dentaria bulbifera*), mařinku vonnou (*Galium odoratum*) a vraní oko čtyřlísté (*Paris quadrifolia*). Z travin jsem zaznamenala např. ostřici lesní (*Carex sylvatica*) a ze zajímavých kapradin osladič obecný (*Polypodium vulgare*). Z neofytních druhů jsem zde našla, stejně jako na předešlé lokalitě, netýkavku malokvětou (*Impatiens parviflora*).

Na lokalitě se vyskytovalo pár malých výchozů, na nichž jsem nezaznamenala výskyt serpentinoφυtních sleziníků. Větší skalní výchoz jsem našla na souřadnicích 50°4'29.60"N, 16°54'45.80"E, který již leží podle geologických map mimo hadcovou lokalitu. Ani zde jsem nezaznamenala výskyt serpentinoφυtních sleziníků, zaznamenala jsem zde pouze běžné kapradiny.

12.5. Přírodní rezervace Chrastický hadec

Na této lokalitě jsem zaznamenala 48 původních druhů, mezi které ale nepatřily významné druhy této lokality uvedené v kapitole 11.5. Dominantními druhy této lokality byly smrk ztepilý (*Picea abies*) a černýš lesní (*Melampyrum sylvaticum*).

Z bylinného patra uvnitř lesního porostu jsem zaznamenala menší porost pstročku dvoulistého (*Maianthemum bifolium*), kolem kterého rostlo vraní oko čtyřlisté (*Paris quadrifolia*), kyčelnice devítilistá (*Dentaria enneaphyllos*), kyčelnice cibulkonosná (*Dentaria bulbifera*), kokořík mnohokvětý (*Polygonatum multiflorum*) a kakost hnědočervený (*Geranium phaeum*).

Kolem lomového jezírka se vyskytovaly výchozy hadců se serpentinoφυtním sleziníkem nepravým (*Asplenium adulterinum*), který zde byl zastoupen v největším počtu ze všech vybraných lokalit. Rostl ve společnosti osladiče obecného (*Polypodium vulgare*) a dalších kapradin. Při pobřeží jezírka rostla silenka dvoudomá (*Silene dioica*), třezalka skvrnitá (*Hypericum maculatum*) a další.

Na západ od jezírka jsem zaznamenala hustý porost černýše lesního (*Melampyrum sylvaticum*) s příměsí pryskyřníku zlatožlutého (*Ranunculus auricomus*), mochny nátržník (*Potentilla erecta*) a rožce rolního (*Cerastium arvense*). Dále jsem při západním okraji lokality zaznamenala např. svízel bílý (*Galium album*), kostival lékařský (*Symphytum officinale*) a hrachor luční (*Lathyrus pratensis*).

13. Diskuze a závěr

Průzkumem flóry hadcových výchozů na severní Moravě, v okolí města Šumperk, jsem zjistila, že obligátní serpentinofyty striktně vázané na hadcové podloží ve formě hadcových skalek se nevyskytují na všech vybraných lokalitách, které jsem navštívila. Na hadcových lokalitách u Hanušovic a Štědrákovy Lhoty jsem na hadcových výchozech nezaznamenala žádné obligátní serpentinofyty. Tyto dvě lokality nebyly dříve botanicky prozkoumané, tudíž jsem nemohla porovnat výskyt současných druhů s literaturou.

Lokalita s nejhojnějším výskytem sleziníku nepravého (*Asplenium adulterinum*), kde jsem ani nedokázala odhadnout množství, byla PP Chrastický hadec. Jedná se o jednu ze tří hadcových lokalit na severní Moravě, kde se sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) vyskytuje. Dalšími hadcovými lokalitami, kde se vyskytuje, jsou PR Na hadci a PP Žďár. Odhaduje se, že na těchto lokalitách se sleziník nepravý (*Asplenium adulterinum*) vyskytuje v počtu 500 trsů (Anonymus 2015a). Na základě terénního pozorování na lokalitách nedokáži tento odhad potvrdit ani vyvrátit. Dále se v PP Chrastický hadec mají vyskytovat významné druhy jako hrušnice jednostranná (*Orthilia secunda*), kapradina laločnatá (*Polystichum aculeatum*) a krušík širolistý (*Epipactis helleborine*) (Anonymus 2015b), tyto druhy jsem na lokalitě nezaznamenala.

Další lokalita s hojným výskytem sleziníku nepravého (*Asplenium adulterinum*) byla PR Na hadci, kde se druh vyskytoval především na hadcových výchozech kolem cesty dělící tuto lokalitu a na velkých výchozech hadce na Modřínovém vrchu. Zde jsem našla i sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) v počtu kolem deseti trsů. Dalším obligátním serpentinofytem vyskytujícím se v PR Na hadci je hvozdík kartouzek hadcový (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*). Jak uvádí Vinter et al. (2001), měl by se vyskytovat podél cesty procházející středem lokality a na Modřínovém vrchu, vždy vázaný na hadcové výchozy. Při návštěvě lokality jsem jej nenalezla. Při výstupu lesní cestou na Modřínový vrch jsem zaznamenala sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea*), který na této lokalitě doposud nebyl zdokumentován (cf. Pladias 2014-2018).

V PP Žďár jsem zaznamenala pouze dva trsy sleziníku nepravého (*Asplenium adulterinum*) a nespočetné množství sleziníku hadcového (*Asplenium cuneifolium*). Dále jsem zde

potvrdila výskyt např. silenky nadmuté (*Silene vulgaris*), černýše lučního (*Melampyrum pratense*) a zvonku okrouhloлистého (*Campanula rotundifolia*).

Hroneš & Dančák (2017) uvádí, že na lokalitě zaznamenali bojínek hlíznatý (*Phleum nodosum*) a hrachor jarní (*Lathyrus vernus*). Výskyt těchto druhů jsem při návštěvě lokality nepotvrdila.

14. Seznam použité literatury a internetových zdrojů

Anonymus (2015a): Hadce a bučiny u Raškova. – Dostupné z: <https://www.kr-olomoucky.cz/hadce-a-buciny-u-raskova-cl-3007.html>, cit. 2018-03-29.

Anonymus (2015b): Chrastický hadec. – Dostupné z: <https://www.kr-olomoucky.cz/chrasticky-hadec-cl-2932.html>, cit. 2018-04-06.

Anonymus (2015c): Žďár. – Dostupné z: <https://www.kr-olomoucky.cz/zdar-cl-2933.html>, cit. 2018-07-14.

AOPK ČR (2018): Národní přírodní rezervace Mohelenská hadcová step. – Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/lokality/?idlokality=249>, cit. 2018-03-29.

AOPK ČR (2018): PP Žďár. – Dostupné z: http://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?frame&SHOW_ONE=1&ID=13810, cit. 2018-07-14.

Bini C. & Maleci L. (2014): The „Serpentine syndrome“(H. Jenny, 1980): A proxy for soil remediation. – *EQA-International Journal of Environmental Quality* 15:1–13.

Brady K. U., Kruckeberg A. R. & Bradshaw H. D. (2005): Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. – *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36:243–266.

David J. (2017): Vznik lokální adaptace na hadcový substrát v rostlinných populacích. – Ms. [PhD thesis, depon. in Univerzita Karlova, Praha].

Doležal J. (2016): Rostliny jako indikátory půdních vlastností. – Ms. [PhD thesis, depon. in Univerzita Karlova, Praha].

Dudić B., Rakić T., Šinžar-Sekulić J., Atanacković V. & Stevanović B. (2007): Differences of metal concentrations and morpho-anatomical adaptations between obligate and facultative serpentinophytes from Western Serbia. – *Archives of Biological Sciences* 59:341–349.

Dvořák V. (2014): Biskoupská hadcová step - Přírodní památka. – Dostupné z: <http://www.naturabohemica.cz/biskoupska-hadcova-step/>, cit. 2018-07-13.

Ekrt L. (2015): Revize populace podmrvky hadcové (*Notholaena marantae*) na Mohelenské hadcové stepi: rozšíření, početnost, stanovištní preference. – *Acta rerum naturalium* 18:21–28.

Euro+Med PlantBase (2011): The information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. – Dostupné z: <http://www.emplantbase.org/home.html>, cit. 2018-06-29.

Gabbrielli R. & Pandolfini T. (1984): Effect of Mg^{2+} and Ca^{2+} on the response to nickel toxicity in a serpentine endemic and nickel-accumulating species. – *Physiologia Plantarum* 62:540–544.

Grime J. P. (1979): *Plant Strategies and Vegetation Processes*. – John Wiley & Son, Toronto.

Grulich V. (2017): Červený seznam cévnatých rostlin ČR. – *Příroda* 35:72–132.

Hroneš M. & Dančák M. (2017): Exkurze na hadce v okolí Raškova a Rudy nad Moravou. – *Zprávy Moravskoslezské pobočky ČBS* 6:39–42.

Chytrý M. (2012): Vegetation of the Czech Republic: diversity, ecology, history and dynamics. – *Preslia* 84:427–504.

Chytrý M. [ed.] (2013): *Vegetace České republiky 4. Lesní a křovinná vegetace*. – Academia, Praha.

Jirková P., Gürtlerová P., Buriánek D. & Kukal Z. (2017): Dukovanský mlýn. – Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/1789>, cit. 2018-07-13.

Jirková P., Štěpánek P. & Kukal Z. (2012): Borecká skalka. – Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/d.pl?item=7&id=1782&Okres=HB&vyb=1&text=Lokality%20v%20okresu>, cit. 2018-07-13.

Karataglis S., Babalonas D. & Kabasakalis B. (1982): The Ecology of Plant Populations Growing on Serpentine Soils. – *Phyton* 22:317–327.

Kazakou E., Dimitrakopoulos P. G., Baker A. J. M., Reeves R. D. & Troumbis A. Y. (2008): Hypotheses, mechanisms and trade-offs of tolerance and adaptation to serpentine soils: from species to ecosystem level. – *Biological Reviews* 83:495–508.

Kolář F. (2007): Metodické přístupy ke studiu evoluční historie reliktních hadcových populací *Knautia arvensis*. – Ms. [PhD thesis, depon. in Jihočeská univerzita, České Budějovice].

Kolář V. & Vít P. (2008): Endemické rostliny českých hadců: 1. Zvláštnosti hadcových ostrovů. – *Živa* 1:14–17.

Kovanda M. (1990): *Dianthus* L. – hvozdík. – In: Hejný S., Slavík B., Hrouda L. & Skalický V. (eds), *Květena České republiky* 2:200–213, Academia, Praha.

Kovařík P., Kleinová H. & Polášek V. (2015): Souhrn doporučených opatření pro evropsky významnou lokalitu Hadce a bučiny u Raškova. – Dostupné z: <http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/res/archive/258/032222.pdf?seek=1448528795>, cit. 2018-04-05.

Krajská správa ČSÚ v Olomouci (2015): Charakteristika okresu Šumperk. – Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/11276/17843188/okres_Sumperk.pdf/5bcf66b0-f0e9-4e9e-bde0-c04bb737f6fe?version=1.1, cit. 2018-03-29.

Krám P., Oulehle F., Štědrá V., Hruška J., Shanley J. B., Minocha R. & Traister E. (2009): Geocology of a Forest Watershed Underlain by Serpentine in Central Europe. – *Northeastern Naturalist* 16:309–328.

Křísa B. (1988): *Asplenium* L. – sleziník. – In: Hejný S., Slavík B., Chrtek J., Tomšovic P. & Kovanda M. [eds], *Květena České socialistické republiky* 1:242–249, Academia, Praha.

Marin P. D. & Tatić B. (2001): Serpentine soil and plant diversity, with emphasis Balkan Peninsula. – *Bocconeia* 13:145–150.

Martišek J. & Martišková K. (2011): Nad řekami. – Dostupné z: https://www.kr-jihomoravsky.cz/archiv/ozp/publikace/nad_rekami.pdf, cit. 2018-07-13.

Melzer M. & Schulz J. (1993): Vlastivěda šumperského okresu. – Okresní vlastivědné muzeum, Šumperk.

Millaku F., Heiselmayer P., Rexhepi F., Krasniqi E., Eichberger Ch. & Haziri A. (2008): Endemic, steno-endemic and relict plants in serpentines of Kosova. – *Sauteria* 16:149–162.

Mlček L. (2012): Šumpersko – návrh geografické vzdělávací expedice. – Ms. [PhD thesis, depon. in Masarykova univerzita, Brno].

Němec F. & Němcová J. (1982): Serpentinity šumperského okresu. – Severní Morava: vlastivědný sborník 43:36–41, Okresní vlastivědné muzeum Šumperk.

Pecina V., Gürtlerová P., Kukal Z. (2017): Na hadci. – Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/d.pl?item=7&id=1937&Okres=SU&vyb=1&text=Lokality%20v%20okresu>, cit. 2018-04-05.

Pérez-Latorre A. V., Hidalgo-Triana N. & Cabezudo B. (2013): Composition, ecology and conservation of the south-Iberian serpentine flora in the context of the Mediterranean basin. – *Anales Del Jardín Botánico De Madrid* 70:62–71.

Pladias (2014–2018): Databáze české flóry a vegetace. – Dostupné z: <http://www.pladias.cz/>, cit. 2018-06-20.

Selvi F. (2007): Diversity, geographic variation and conservation of the serpentine flora of Tuscany (Italy). – *Biodiversity and Conservation* 16:1423–1439.

Skácel J. Gürtlerová P., Pecina V. (2011): Chrastický hadec. – Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/611>, cit. 2018-04-06.

Skalický V. (1988): Regionálně fytogeografické členění. – In: Hejný S. & Slavík B. [eds], *Květena České socialistické republiky* 1:103–121, Academia, Praha.

Staněk S. (2010): Serpentinity Rychlebských hor a Staroměstské vrchoviny jako zdroj hrubé a ušlechtilé kamenické výroby. – Dostupné z: http://slon.diamo.cz/hpvt/2010/tradice/T_18.pdf, cit. 2018-04-06.

Štefáček S. (2008): *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska*. – Baset, Praha.

The International Plant Names Index (2015): The International Plant Names Index. – Dostupné z: <https://www.ipni.org/>, cit. 2018-06-29.

Vinter V., Mikulík J. & Blahoušek O. (2001): Hvozdík kartouzek hadcový u Raškova. – Živa 6:255–256.

15. Přílohy

15.1. Seznam nalezených taxonů

SEZNAM LOKALIT

1. Přírodní rezervace Na hadci
2. Přírodní památka Žďár
3. Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty
4. Hadcová lokalita u Hanušovic
5. Přírodní památka Chrastický hadec

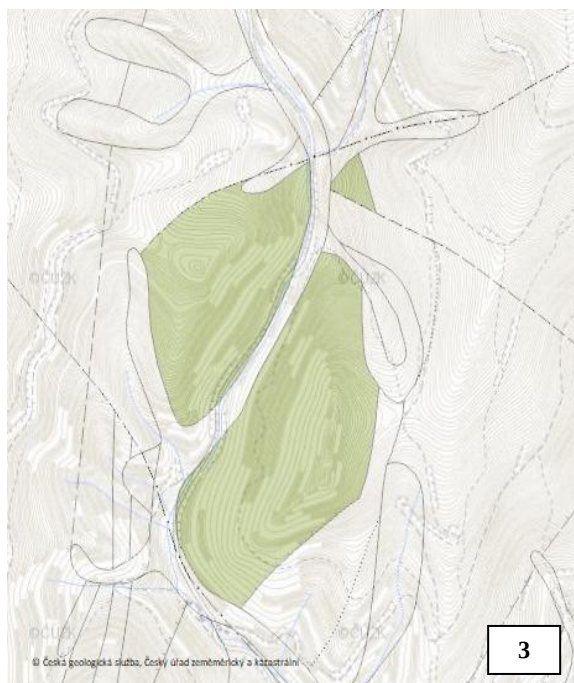
Acer platanooides: 3; *Acer pseudoplatanus*: 1, 4, 5; *Actaea spicata*: 1; *Aegopodium podagraria*: 1, 4, 5; *Agrostis capillaris*: 2, 3, 5; *Achillea millefolium*: 1, 2, 5; *Ajuga reptans*: 1, 2, 3, 4; *Alchemilla glabra*: 1; *Alchemilla vulgaris*: 3, 5; *Allium ursinum*: 3; *Alopecurus pratensis*: 5; *Anthriscus sylvestris*: 1, 2, 3, 5; *Asplenium adulterinum*: 1, 2, 5; *Asplenium cuneifolium*: 1, 2; *Athyrium filix-femina*: 1, 2, 3, 4; *Barbarea vulgaris*: 1; *Betula pendula*: 3, 4, 5; *Calamagrostis arundinacea*: 1; *Calamagrostis epigejos*: 1, 2, 3; *Campanula rotundifolia*: 1, 2; *Cardamine hirsuta*: 3; *Cardamine impatiens*: 1, 4; *Carex brizoides*: 1, 3; *Carex canescens*: 3; *Carex digitata*: 1; *Carex pallescens*: 3; *Carex sylvatica*: 1, 3, 4; *Carpinus betulus*: 1, 4, 5; *Cerastium arvense*: 1, 5; *Corylus avellana*: 5; *Cystopteris fragilis*: 5; *Cytisus scoparius*: 1, 2; *Dentaria bulbifera*: 1, 3, 4, 5; *Dentaria enneaphyllos*: 1, 3, 5; *Dryopteris carthusiana*: 5; *Dryopteris filix-mas*: 1, 2, 3, 4; *Epilobium montanum*: 1, 2, 3; *Equisetum sylvaticum*: 1, 4, 5; *Euphorbia cyparissias*: 1, 2, 3, 4; *Euphorbia dulcis*: 1; *Fagus sylvatica*: 1, 2, 3, 4; *Fragaria vesca*: 1, 2, 3, 4, 5; *Galeobdolon montanum*: 1; *Galeopsis pubescens*: 2; *Galium album*: 5; *Galium aparine*: 2; *Galium odoratum*: 1, 2, 3, 4; *Galium rotundifolium*: 2; *Geranium phaeum*: 1, 5; *Geranium robertianum*: 1, 2, 3, 4; *Glechoma hederacea*: 5; *Hieracium murorum*: 1, 2, 3, 4, 5; *Hypericum maculatum*: 1, 2, 3, 5; *Chaerophyllum hirsutum*: 1; *Chrysosplenium alternifolium*: 3;

Impatiens noli-tangere: 3; *Impatiens parviflora*: 1, 2, 3, 4;
Juncus effusus: 2, 3;
Larix decidua: 1, 2, 3, 5; *Lathyrus pratensis*: 5; *Luzula luzuloides*: 2,3; *Lysimachia nemorum*: 1, 3, 4;
Maianthemum bifolium: 3, 5; *Melampyrum pratense*: 2; *Melampyrum sylvaticum*: 5;
Melica nutans: 1; *Mercurialis perennis*: 1; *Milium effusum*: 3; *Moehringia trinervia*: 1; *Mycelis muralis*: 1, 2, 3, 5; *Myosotis sylvatica*: 1, 2, 3, 5;
Neottia nidus-avis: 3;
Oxalis acetosella: 1, 2, 3, 4;
Paris quadrifolia: 3, 4, 5; *Petasites albus*: 1, 3; *Phegopteris connectilis*: 3; *Phleum pratense*: 5; *Phyteuma spicatum*: 1; *Picea abies*: 1, 2, 3, 4, 5; *Pinus sylvestris*: 1, 2, 4;
Plantago lanceolata: 1, 3; *Plantago major*: 2, 3, 5; *Platanthera* sp.: 5; *Poa nemoralis*: 3; *Polygonatum multiflorum*: 1, 5; *Polygonatum verticillatum*: 1;
Polypodium vulgare: 1, 4, 5; *Potentilla anserina*: 2, 5; *Potentilla erecta*: 5; *Prunella vulgaris*: 2; *Pteridium aquilinum*: 1, 2, 4;
Quercus petraea: 1, 2;
Ranunculus acris: 1, 3; *Ranunculus auricomus*: 5; *Ranunculus lanuginosus*: 1; *Ranunculus repens*: 2, 4, 5; *Rubus fruticosus* agg.: 1, 2, 3, 4, 5; *Rumex acetosa*: 3; *Rumex acetosella*: 3, 4;
Sanicula europaea: 2; *Scirpus sylvaticus*: 1; *Scrophularia nodosa*: 3; *Senecio sylvaticus*: 1, 2, 3; *Silene dioica*: 5; *Silene vulgaris*: 1, 2; *Sorbus aucuparia*: 2, 3, 5; *Stachys sylvatica*: 1, 2, 3; *Stellaria holostea*: 1; *Stellaria media*: 4, 5; *Stellaria nemorum*: 1, 3; *Symphytum officinale*: 1, 5;
Tilia cordata: 1; *Trientalis europaea*: 1; *Trifolium pratense*: 1, 3;
Urtica dioica: 1, 3, 5;
Vaccinium myrtillus: 1, 2, 3, 5; *Vaccinium vitis-idaea*: 1, 5; *Veronica beccabunga*: 3; *Veronica chamaedrys*: 1, 2, 4, 5; *Veronica serpyllifolia*: 2; *Vicia sepium*: 1; *Viola arvensis*: 1; *Viola reichenbachiana*: 2, 3, 5; *Viscaria vulgaris*: 2.

15.2. Obrázky

Obrázek 3: Geologická mapa hadcové lokality PR Na hadci

Obrázek 4: Turistická mapa hadcové lokality PR Na hadci



Obrázek 5: Hadcová lokalita PR Na hadci (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 6: Výchoz hadce na Modřínovém vrchu v PR Na hadci (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 7: *Asplenium adulterinum* na lokalitě Na hadci (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 8: *Asplenium cuneifolium* na lokalitě Na hadci (© M. Fojtlová, 2018)



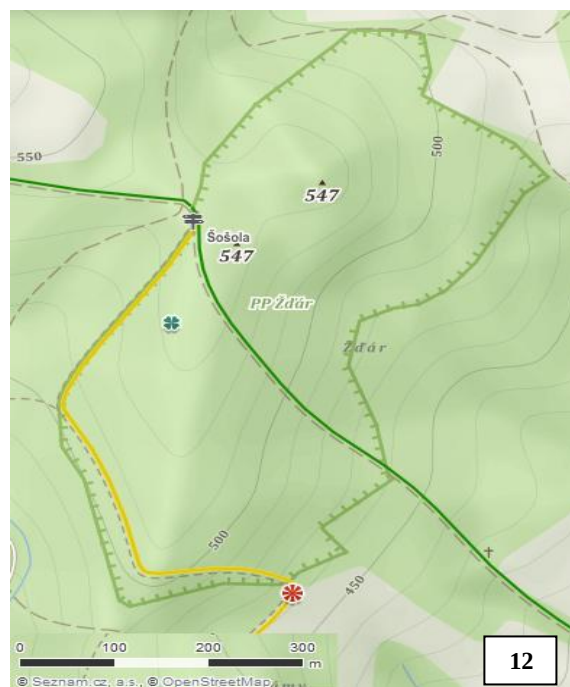
Obrázek 9: *Trientalis europaea* v PR Na hadci (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 10: *Lysimachia nemorum* v PR Na hadci (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 11: Geologická mapa hadce zasahujícího do PP Žďár

Obrázek 12: Turistická mapa hadcové lokality PP Žďár



Obrázek 13: Výchoz hadce v PP Žďár (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 14: Hadcová lokalita PP Žďár (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 15: *Asplenium cuneifolium* na lokalitě Žďár (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 16: *Asplenium adulterinum* na lokalitě Žďár (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 17: *Viscaria vulgaris* na lokalitě Žďár (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 18: *Silene vulgaris* na lokalitě Žďár (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 19: Geologická mapa hadcové lokality u Štědrákovy Lhoty

Obrázek 20: Turistická mapa hadcové lokality u Štědrákovy Lhoty



Obrázek 21: Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 22: Hadcová lokalita u Štědrákovy Lhoty (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 23: *Myosotis sylvatica* na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 24: *Neottia nidus-avis* na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty (© M. Fojtlová, 2018)



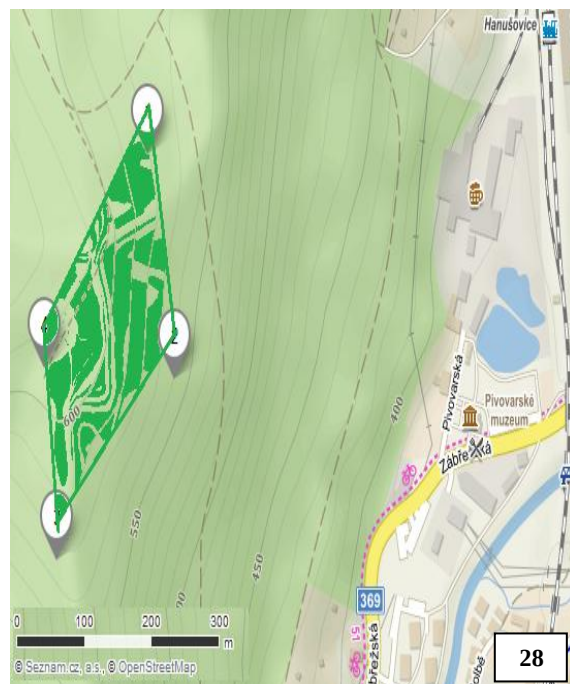
Obrázek 25: *Impatiens parviflora* na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 26: *Impatiens noli-tangere* na hadcové lokalitě u Štědrákovy Lhoty (© M. Fojtlová, 2018)



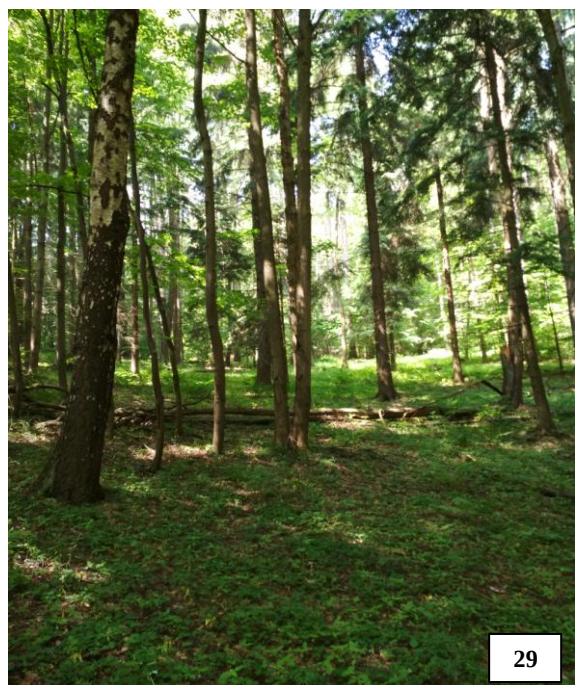
Obrázek 27: Geologická mapa hadcové lokality u Hanušovic

Obrázek 28: Turistická mapa hadcové lokality u Hanušovic



Obrázek 29: Hadcová lokalita u Hanušovic (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 30: Výchoz hadce u Hanušovic (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 31: *Polypodium vulgare* na výchozech hadců u Hanušovic (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 32: *Paris quadrifolia* na hadcové lokalitě u Hanušovic (© M. Fojtlová, 2018)



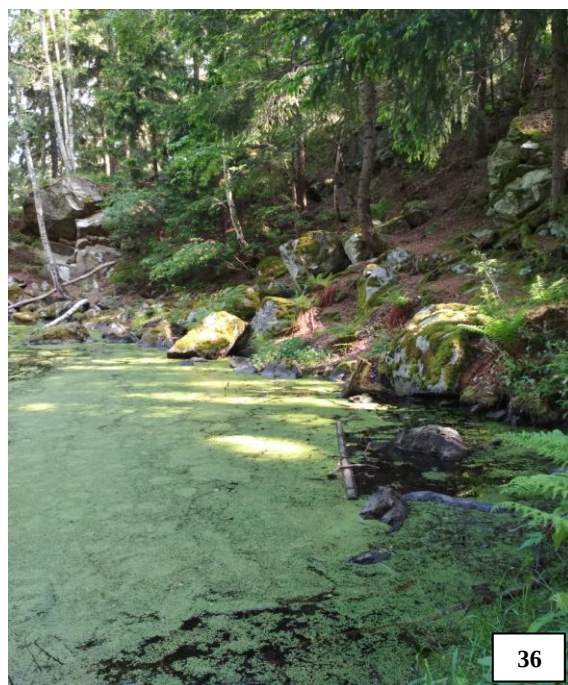
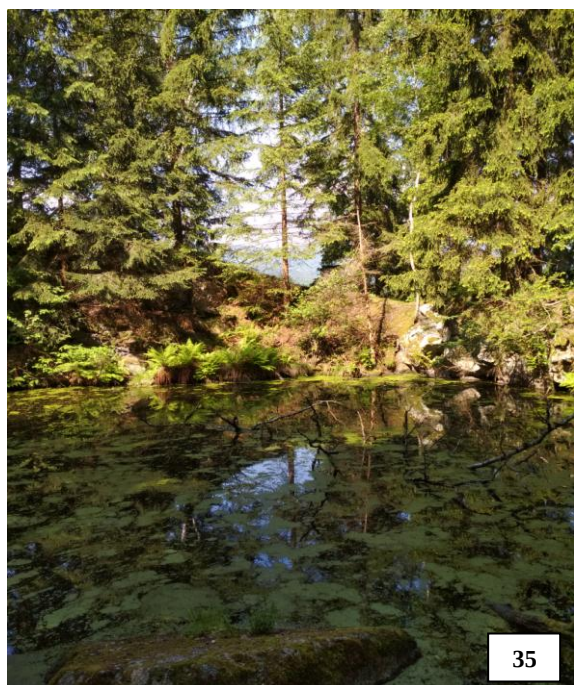
Obrázek 33: Geologická mapa hadce zasahujícího do PP Chrastický hadec

Obrázek 34: Turistická mapa hadcové lokality PP Chrastický hadec



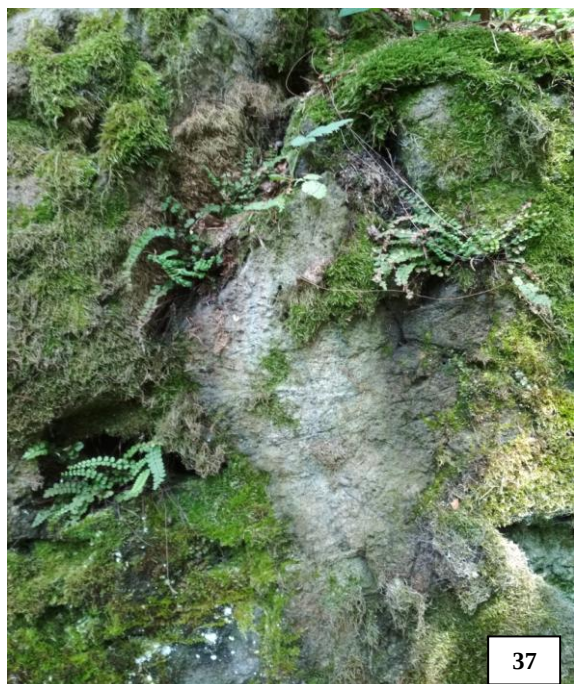
Obrázek 35: Lomové jezírko v PP Chrastický hadec (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 36: Lomové jezírko v PP Chrastický hadec (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 37: *Asplenium adulterinum* na výchozu hadce v PP Chrastický hadec (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 38: *Asplenium adulterinum* na výchozu hadce v PP Chrastický hadec (© M. Fojtlová, 2018)



Obrázek 39: *Silene dioica* v PP Chrastický hadec (© M. Fojtlová, 2018)

Obrázek 40: *Melampyrum sylvaticum* v PP Chrastický hadec (© M. Fojtlová, 2018)

