

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta

Bakalářská práce

Olomouc 2010

Veronika Nývltová



Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra botaniky

Charakteristika skupiny vrby bobkolisté (*Salix phylicifolia*
agg.) ve Střední Evropě s důrazem na *Salix bicolor*
v Česku.

Bakalářská práce

Studijní program: Biologie
Studijní obor: Systematická biologie a ekologie
Forma studia: Prezenční

Autor: **Veronika Nývltová**
Vedoucí práce: **RNDr. Radim J. Vašut, Ph.D.**
Konzultant práce: **Mgr. Martin Dančák, Ph.D.**

Olomouc 2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Radima J. Vašuta Ph.D. Uvedla jsem veškerou literaturu, ze které jsem čerpala.

V Olomouci dne 12. 8. 2010

Podpis:

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svému školiteli Radimovi J. Vašutovi za trpělivost a ochotu.

Dále děkuji Michalovi Hronešovi za pomoc při terénním průzkumu.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Veronika Nývltová

Název práce: Charakteristika skupiny vrby bobkolisté (*Salix phylicifolia* agg.) ve Střední Evropě s důrazem na *Salix bicolor* v Česku

Typ práce: bakalářská práce

Pracoviště: Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta UP

Vedoucí práce: RNDr. Radim J. Vašut Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2010

Abstrakt: Vrby (*Salix* spp.) patří k taxonomicky značně problematickým skupinám rostlin, ale právě tím jsou zajímavé a poskytují v tomto směru stále nové objevy.

V naší květeně náleží vysokohorské druhy vrb mezi vzácné taxony. Jedním z důvodů jejich vzácnosti je v mnoha případech reliktní charakter druhů. Takovým příkladem je i vrba dvoubarvá (*Salix bicolor*), již se věnuje předložená práce. Vrba dvoubarvá je spolu s dalšími blízkými příbuznými taxony zahrnuta do skupiny vrby bobkolisté (*Salix phylicifolia* agg.) Celkový areál vrby dvoubarvé je silně fragmentovaný a omezuje se na izolované lokality v horách střední (Krkonose, Harz a Vogézy) a jihozápadní Evropy (Francouzské středohoří a Pyreneje). V Krkonoších se nachází jediná přirozená populace ve Sněhovém žlabu v Úpské jámě. Vrba dvoubarvá zde vytváří chudý porost s několika desítkami jedinců. Všechny keře jsou samičího pohlaví a podle izoenzymových analýz jde o výhradně klony jednoho prapůvodního exempláře. Populace prospívala do roku 1986, v následujících letech však byla zdecimována jelení zvěří. Poškození způsobují také laviny a účinky plazivého sněhu. Správa KRNAPu populaci posiluje výsadbami a založila také náhradní populaci vrby dvoubarvé mimo území původního výskytu u Dolního Úpského vodopádu. Revizí herbářových materiálů a studiem botanické literatury se potvrdilo, že se vrba dvoubarvá jinde v České republice nevyskytuje. Tyto mylné údaje vznikly převážně záměnou s morfologicky velice podobnou vrbou Schraderovou, která je patrně pouze samčím kultivarem vrby dvoubarvé, pěstovaným občas v zahradách a parcích. Křížení jedinců na lokalitě nebylo potvrzeno, přesto existují indicie, že by se druh velmi vzácně křížil v Krkonoších mohl. Práce rovněž přináší rešerši k problematice studia *Salix phylicifolia* agg. V Evropě.

Klíčová slova: *Salix bicolor*, okruh vrby bobkolisté, vrba Schraderova, hybridizace, reliktní, Krkonose

Počet stran: 50

Počet příloh: 2

Jazyk: český

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Veronika Nývltová

Title: Characteristics of the Tea-leaved willow group (*Salix phylicifolia* agg.) in Central Europe with special emphasis on *Salix bicolor* in Czech republic.

Type of thesis: bachelor thesis

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacky University

Supervisor: RNDr. Radim J. Vašut Ph.D.

The year of presentation: 2010

Abstract: The genus willow (*Salix* spp.) is rather intriguing taxonomic group in higher plants. Therefore it is also attractive to the taxonomists providing chance of new interesting discoveries. The high-mountainous willow species of the Czech Republic are endangered plant taxa. The main reason of that fact is relict character of distribution of the most of the species. Such an example is *Salix bicolor* discussed in this work. *Salix bicolor* belongs to a Tea-leaved willow group (*Salix phylicifolia* agg.) with other closely related taxa. The distribution range rather fragmented and is consisted of small isolated localities in mountains of central (Krkonoše Mts, Harz and Vosges) and southwestern Europe (French Central Massif and Pyrenees). There is a single natural population in Krkonoše Mts in Sněhový žlab, Úpská jáma. The population is rather low in number of individuals. Furthermore, all individuals are only female plants. The population prospered until 1986 but then was damaged by deers. Avalanches and effects of snow are also destroying. KRNAP administration recruited this population and also founded another one near the waterfall Dolní Úpský vodopád. No other localities with *Salix bicolor* in the Czech Republic were confirm by revision of herbarium material and botanical literature. There were only mistakes caused by morphologically similar *Salix schraderiana* which is probably a male cultivar of hybrid origin, grown in gardens and parks. Hybridization with other taxa was not confirmed with certainty yet, but is plausible.

Keywords: *Salix bicolor*, Tea-leaved willow group, *Salix Schraderiana*, hybridization, relict, Krkonoše Mts.

Number of pages: 50

Number of appendices: 2

Language: Czech

Obsah

Obsah	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
Seznam příloh	12
1 Úvod	13
1.1 Čeleď <i>Salicaceae</i>	13
1.2 Rod <i>Salix</i>	14
1.3 Charakteristika skupiny vrby bobkolisté (<i>Salix phylicifolia</i> agg.).....	18
1.4 Úvod do problematiky <i>Salix bicolor</i>	20
1.5 Charakteristika lokality Úpské jámy v Krkonoších.....	21
1.6 Problematika taxonu <i>Salix schraderiana</i>	22
2 Cíle práce	24
3 Materiál a metody	25
3.1 Rostlinný materiál	25
3.2 Studium rozšíření	26
3.3 Zhodnocení současného stavu populace v Krkonoších.....	26
4 Výsledky	28
4.1 Rozšíření v ČR	28
4.2 Rozšíření v Evropě.....	31
4.3 Hybridizace	32
5 Diskuze	34
5.1 Rozšíření v ČR	34
5.2 Rozšíření v Evropě.....	35
5.3 Hybridizace	36
6 Závěr	38
7 Literatura	39
8 Přílohy	46

Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozšíření čeledi vrbovítých (<i>Salicaceae</i>) ve světě (podle Stevens 2001).....	14
Obrázek 2 Rozšíření taxonů okruhu vrby bobkolisté (<i>Salix phylicifolia</i> agg.) v Evropě. Červeně je znázorněný výskyt <i>Salix bicolor</i> , oranžově <i>Salix basaltica</i> , modře <i>Salix hegetschweileri</i> , zeleně <i>Salix hibernica</i> a černě <i>Salix phylicifolia</i> (upraveno podle Jalas et Suominen 1972).....	19
Obrázek 3 Úpská jáma. Přirozené populace vrby dvoubarvé se nacházejí ve Sněhovém žlabu, označeném na mapě červenou šípkou (podle Šourka 1969).....	22
Obrázek 4 Současný výskyt vrby dvoubarvé v Úpské jámě s populacemi ve Sněhovém žlabu a s vysazenou populací pod Dolním Úpským vodopádem.....	31
Obrázek 5 Sněhový žlab v Úpské jámě.....	46
Obrázek 6 Polykormon vrby dvoubarvé ve Sněhovém žlabu.....	46
Obrázek 7 Malý keřík vrby dvoubarvé na prameništi ve Sněhovém žlabu.....	47
Obrázek 8 Výsadba vrby dvoubarvé pod Dolním Úpským vodopádem.....	47
Obrázek 9 Herbářová položka <i>Salix bicolor</i>	48
Obrázek 10 Herbářová položka <i>Salix schraderiana</i>	49
Obrázek 11 Herbářová položka <i>Salix basaltica</i>	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání znaků odlišujících taxony okruhu <i>Salix phylicifolia</i> agg. (podle Chmelař & Koblížek 1990, Newsholme 1992, Rechinger 1964).	20
---	----

Seznam příloh

Příloha 1 Ukázka biotopů vrby dvoubarevé (<i>Salix bicolor</i>) v Krkonoších.....	46
Příloha 2 Srovnání morfologie <i>Salix bicolor</i> , <i>Salix schraderiana</i> a <i>Salix basaltica</i>	48

1 Úvod

1.1 Čeleď *Salicaceae*

Čeleď vrbovité (*Salicaceae* Mirbel) je široce rozšířená skupina osídlující téměř celou zeměkouli (Newsholme 1992). Předpokládá se, že místo jejího vzniku leželo v subtropích na území dnešní východní Asie, odkud se postupně začala šířit dál (Newsholme 1992). Nejvíce rozšířená byla čeleď *Salicaceae* v pleistocénu, zejména v oblasti boreálu. Recentní zástupci tropů a subtropů představují už pouze přežívající pozůstatky z někdejších období, kdy panovalo mnohem teplejší klima. Pozdější změny klimatu měly za následek přesun spíše do temperátních zón severní polokoule, které jsou těžištěm současného výskytu (Penhallow 1905).

Čeleď vrbovité je skupinou dvouděložných rostlin, dříve klasifikována jako jediná čeleď v řádu *Salicales* (Leskinen & Alström-Rapaport 1999), dnes řazena do řádu *Malpighiales* Martius (Chase et al. 2002, Chase & Reveal 2009, APG III 2009) a má celosvětové rozšíření (Stevens 2001). Za nejbližší příbuzné vrbovitých je považována čeleď *Flacourtiaceae*, se kterou sdílejí společné znaky například v anatomii dřeva a morfologii květů (Leskinen & Alström-Rapaport 1999). Ovšem na základě nových studií byla část rodů z *Flacourtiaceae* přerazena do čeledi *Salicaceae*, která se tak stala čeledí s přibližně 50 druhy (Zmarzty 2007). V původním pojetí vrbovité zahrnují pouze 2–4 rody, podle různých se názorů na jejich členění. Jsou to rody topol (*Populus* L.), vrba (*Salix* L.), *Chosenia* Nakai a *Toisusu* Kimura. Rody *Chosenia* a *Toisusu* jsou často považovány za samostatné, odlišované od rodu *Salix* na základě toho, že mají například převislé jehnědy a pupeny s taškovitě uspořádanými šupinami, jako je tomu u rodu *Populus*. Ovšem molekulární analýzy potvrdily jejich zařazení do rodu *Salix*, ze kterého by neměly být vyčleňovány (Azuma et al. 2000). V Evropě jsou přirozeně zastoupeny pouze rody *Populus* a *Salix* (Chmelař & Koblížek 1990). Jsou to dvoudomé dřeviny různého vzrůstu s měkkým dřevem. Jejich listy jsou jednoduché, střídavé, vzácně i vstřícné. Silně redukované bezobalné květy jsou uspořádány v jehnědovité květenství. Samčí květy mají dvě až mnoho tyčinek, samičí jsou tvořeny parakarpním gynecem, srostlým ze 2(–4) plodolistů. Plodem jsou tobolky, které se otvírají 2–4 chlopněmi. Semena s krátkou dobou klíčivosti postrádají endosperm a na bázi mají svazek chlupů (Chmelař & Koblížek 1990, Stevens 2001).

Obrázek 1 Rozšíření čeledi vrbovitých (*Salicaceae*) ve světě (podle Stevens 2001).



1.2 Rod *Salix*

Z celé čeledi *Salicaceae* má rod *Salix* zdaleka nejbohatší zastoupení (Azuma et al. 2000). Uvádí se kolem 300–600 druhů (Argus 1986, Chmelař & Koblížek 1990), které jsou rozšířeny téměř po celém světě, s těžištěm výskytu na severní polokouli. Nejpočetněji je rod zastoupen v Číně s asi 270 druhy a na území bývalého Sovětského svazu s přibližně 120 druhy. Přes 100 druhů se vyskytuje i v Severní Americe (Argus 1997), v Evropě jich pak roste 65 (Myklestad & Birks 1993, Argus 1997). Rod *Salix* dále najdeme v Japonsku, Střední a Jižní Americe, Africe a také na Středním Východě. V Oceánii jsou vrby pouze introdukované a některé zde zplaněly (Argus 1997). S výjimkou asi 2 % je charakter výskytu kontinentální, ovšem existují i silně izolované druhy, omezené pouze na Kanárské ostrovy, Jávou, Sumatru a Madagaskar (Penhallow 1905).

Rod *Salix* zahrnuje opadavé dřeviny stromovitého i keřovitého vzrůstu s mohutným kořenovým systémem. Pupeny mají zpravidla jednu šupinu, vzácně dvě. Listy jsou ve střídavém postavení, zřídka mohou být i vstřícné, většinou s vyvinutými palisty. Drobné jednopohlavné květy s obvykle 1–2 nektarií jsou entomogamní a uspořádané ve vzpřímených jehnědách. Gyneceum srůstá ze dvou plodolistů. Tobolky pukají dvěma chlopněmi. Semena opatřená chmýrem jsou drobná, početná a lysá a jsou rozšiřována větrem (Rechinger 1964, Chmelař & Koblížek 1990, Newsholme 1992).

Klasifikací vrb a jejich rozdělením do přirozených skupin se vědci zabývají již téměř dvě století, nicméně díky značné variabilitě a komplexitě rodu se tento záměr stále nedaří. Různí autoři v rámci rodu rozlišují různé podrody, které se dále dělí na množství sekcí. Dosud nejuznávanější a obecně přijímané pojetí navrhl Skvortsov, který členil rod *Salix* na tři podrody; *Salix* subgenus *Salix*, *Salix* subgen. *Vetrix* Dumort. a *Salix* subgen. *Chamaetia* (Dumort.) Nasarov., a ty dále na 15 sekcí (Argus 1997, Azuma et al. 2000). Ovšem jak sám autor upozorňoval, postavení podrodů *Vetrix* a *Chamaetia* je nejasné, a proto jsou tyto některými autory spojovány do jediného podrodu (Leskinen & Alström-Rapaport 1999).

Nejstarší vrby jsou známy z eocénu, tedy z doby před 55-65 miliony let. Tyto fosílie vrb patří k podrodu *Salix*. Podrod *Vetrix* se objevil až v oligocénu, před 38-55 miliony let a je odvozenější skupinou. (Leskinen & Alström-Rapaport 1999).

Zástupci podrodu *Salix*, tzv. pravé vrby, jsou stromy či vysoké keře s úzkými špičatými listy. Kvetou zpravidla zároveň s olistěním nebo po olistění. Samčí květy jsou charakteristické přítomností dvou a více tyčinek. Tyto znaky jsou považovány za vývojově původnější. Mezi typické zástupce se řadí vrba křehká (*Salix fragilis* L.), vrba bílá (*S. alba* L.) nebo vrba pětimužná (*S. pentandra* L.) (Newsholme 1992). Pokročilejší podrod *Vetrix* zahrnuje většinou keře nebo malé stromy s širokou variabilitou ve tvaru listů od úzkých, podlouhlých až k téměř kulatým. Listy mohou být celokrajné, vroubkované až hrubě pilovité. Jehnědy se často objevují ještě před olistěním. Samičí květy mají pouze jedno nektarium. Podrod je reprezentován mnoha zástupci, kteří mají dvě tyčinky a pupeny kryté jedinou šupinou. Jmenovitě jsou to např. vrba jíva (*S. caprea* L.), vrba ušatá (*S. aurita* L.) a okruh vrby bobkolisté (*S. phylicifolia* agg.) (Argus 1986, Newsholme 1992). Podrod *Chamaetia* představuje rovněž odvozenou skupinu, s nízkým až plazivým vzrůstem, přizpůsobeným drsným arktickým a alpským podmínkám (Azuma et al. 2000). Listy jsou malé, okrouhlé. Jehnědy rozkvétají po obvykle po vyrašení listů. Mezi typické zástupce patří vrba síťanata (*S. reticulata* L.), vrba bylinná (*S. herbacea* L.) nebo vrba uťatá (*S. retusa* L.) (Newsholme 1992).

Vrby jsou obecně považovány za nesnadno determinovatelné rostliny, jejichž určování je často problematické i pro odborníky. Mezi jevy, které značně komplikují jejich determinaci a klasifikaci, patří zejména vysoký stupeň hybridizace (*i*), značná genetická variabilita odrážející se následně ve vysoké morfoloické variabilitě (*ii*), možná apomixie (*iii*) a redukce morfoloických znaků na květech (*iv*) (Brunnsfeld et al. 1991).

Ad (i) K hybridizaci u vrb dochází poměrně snadno, nezřídka vznikají i celé hybridní roje, vícenásobní či zpětní kříženci, což determinaci velmi ztěžuje. Rod *Salix* představuje jeden z několika druhů dřevin s velkým počtem polyploidních taxonů. Základní chromozómové číslo je 19. Od něj jsou odvozovány další stupně ploidie od diploidů (2n) až po dodekaploidy (12n) (Argus 1986). Podle vysokých počtů chromozómů lze usuzovat, že se v evoluci vrb pravděpodobně uplatňovala také aneuploidie (Leskinen & Alström-Rapaport 1999). U diploidních taxonů navíc nejsou dostatečně rozvinuté postzygotické reprodukčně izolační bariéry a tyto se tedy mohou snadno křížit tam, kde jsou jejich rodičovské druhy v kontaktu. Dokazují to i úspěšně provedené experimentální hybridizace mezi vzdáleně příbuznými druhy vrb (Brunnsfeld et al. 1991). Rozlišovat můžeme dva typy kříženců:

- a) Běžné křížence, kteří se vyskytují v obou pohlavích se stejnou četností a navzájem se dobře opylují. Následně se mohou snadno zpětně zkřížit se svými rodičovskými druhy případně i s jiným dalším druhem, čímž dojde ke vzniku trojnásobného hybridu. Díky velké znakové proměnlivosti u takovýchto kříženců je pak určování velmi nesnadné. Příkladem tohoto typu hybridů je u nás hojně se vyskytující *Salix* × *rubens* Schrank (*Salix alba* × *Salix fragilis*) nebo *Salix* × *subcapraea* N. J. Andersson (*Salix capraea* × *Salix silesiaca*).
- b) Křížence vzácné s výskytem omezeným pouze tam, kde rodičovské druhy rostou ve větším množství. Tito hybridy se již nekříží s dalšími druhy, ani u nich nedochází k introgresi, tudíž jsou jejich znaky intermediární bez přechodných typů a determinace u nich není tak komplikovaná. Mezi tento typ kříženců náleží například *Salix* × *paxii* Woloszczak (*Salix bicolor* × *Salix silesiaca*) nebo *Salix* × *nepetifolia* J. et C. Presl (*Salix lapponum* × *Salix silesiaca*) (Chmelař & Koblížek 1990).

Hybridizace a introgrese společně s polyploidíí měly v evoluci vrb velký význam (Argus 1986).

Ad (ii) K faktorům, které přispívají ke zvyšování genetické variability vrb, patří jednak dvoudomost, šíření semen větrem na značné vzdálenosti, vysoký stupeň fekundity a také dlouholetý klonální životní cyklus. Svůj vliv na genetickou diverzitu mají i velikost areálu, podmínky daného biotopu a události v životní historii druhu. Vysokou variabilitu vykazují zejména druhy s širokým areálem nebo ty, které tvoří malé ostrůvkovité populace například v horských oblastech, kde jsou geograficky izolované. Naopak málo variabilní mohou být menší populace vyskytující se peripatricky na okrajích areálu, ve kterých se uplatňuje role genetického driftu působící pravděpodobně s efektem zakladatele (*founder effect*) či efektem hrdla láhve (*genetic bottleneck*) (Brunnsfeld et al. 1991).

Uvedené faktory, ovlivňující genetickou variabilitu, se následně projevují v bohaté morfologické variabilitě, na kterou působí také částečně vlivy vnějšího prostředí. Bylo zjištěno, že některé hlavní morfologické rozlišovací znaky vrb jsou pod kontrolou několika dominantních genů, jejichž změnou pak může dojít ke značným změnám v morfologii (Hardig et al. 2000).

Ad (iii) Rostliny obvykle střídají pohlavní způsob reprodukce s nepohlavními způsoby. Druhy s takovými kombinovanými reprodukčními systémy čerpají výhody obou strategií. Klonální rozmnožování zvyšuje životnost jedinců a udržuje dobře adaptované genotypy, zatímco sexuální reprodukce zajišťuje adaptace na měnící se podmínky prostředí a kolonizaci nových míst. Obecně se předpokládá, že význam klonálního rozmnožování roste se zvyšující se nadmořskou výškou. Pro celou řadu vysokohorských druhů je klonální růst charakteristický. Nepříznivé podmínky ve vysokých nadmořských výškách jako krátká vegetační doba, silný vítr či dlouho přetrvávající sněhová pokrývka pak mají za následek, že produkce semen se pro rostliny stává riskantní. Klonální rozmnožování je jedním ze způsobů, jak se lze s tímto omezením vyrovnat (Reisch et al. 2007). Mimo jiné může klonalita hrát důležitou roli také při mezidruhové hybridizaci, kdy vzniklé potomstvo může být částečně sterilní. Díky klonálnímu rozmnožování se ale hybridy mohou udržet do té doby, než pro ně nastanou vhodné podmínky pro sexuální reprodukci (Salick et Pfeffer 1999).

Ad (iv) Ačkoliv mnoho důležitých znaků pro systematiku krytosemenných rostlin je získáváno zejména na květech, u vrb jsou tyto znaky díky extrémně redukovaným květům značně limitované. Samčí jehnědy většinou neposkytují téměř žádné diagnostické znaky, samičí jen několik málo (Hardig et al. 2000). Komplikace ztěžující determinaci přináší také fakt, že většina vrb kvete ještě před vyrašením listů a jsou

dvoudomé. Určovací klíče tedy sestávají z několika částí: podle olistěných větví, podle samčích či samičích květů. Někdy je třeba využít i některých speciálních morfologických znaků jako jsou lišty na dřevě po oloupaní kůry, katafyly (tj. primární listy umístěné nejnižší na prýtu) nebo nektariové žlázy (Chmelař & Koblížek 1990).

V České republice se přirozeně vyskytuje 22 druhů vrby, což je poměrně vysoké číslo na relativně malou plochu území našeho státu. Zarážejícím faktem však je, že celá polovina druhů je zařazena do Červeného seznamu jako zvláště chráněné a z toho 5 druhů je ohrožených dokonce kriticky (Koblížek 2007).

Tato nepříliš příznivá situace se týká především našich horských druhů, které jsou v různém stupni ohrožení téměř bez výjimky. Příčiny této smutné bilance spočívají v tom, že jsou narušována především jejich přirozená stanoviště, ať již jde o nadměrnou imisní zátěž, intenzivní stavební činnost, nevhodné výsadby nebo sešlap turisty a podobně (Štursa et al. 2009).

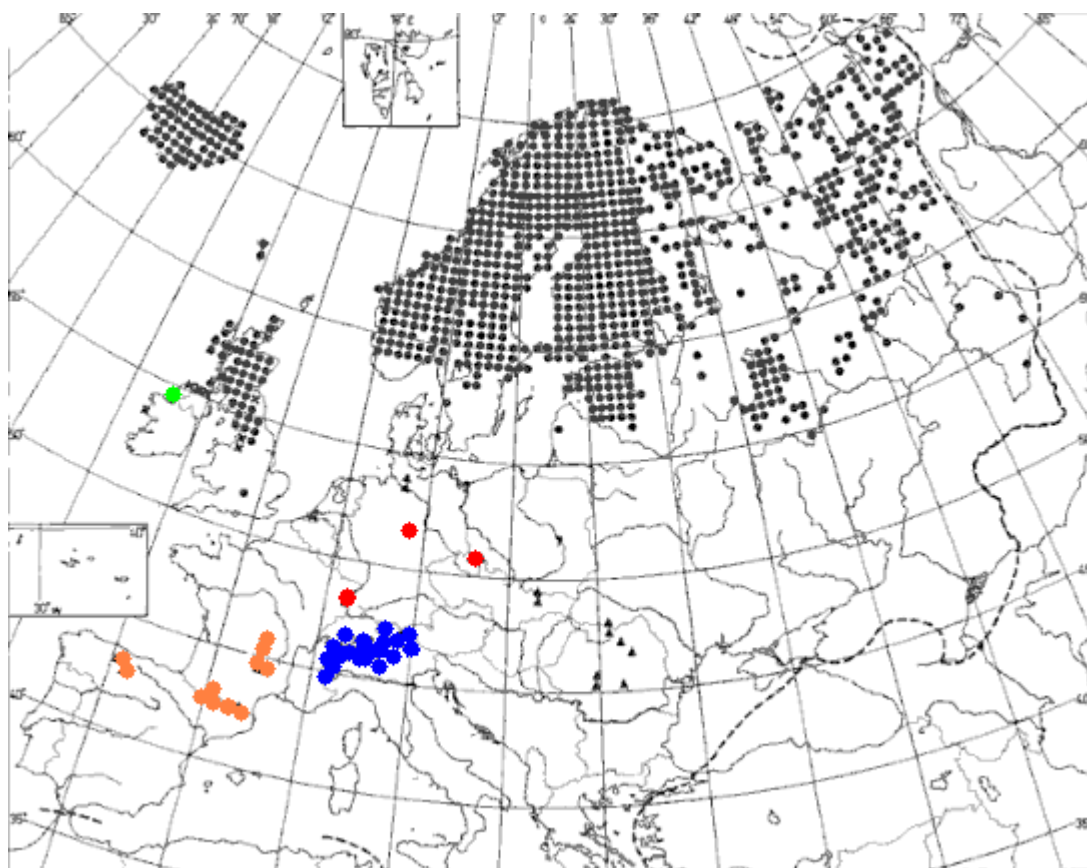
V Krkonoších roste 13 druhů vrby. Z těch vzácnějších až velmi vzácných s omezeným výskytem, které vystupují nad alpínskou hranici lesa, lze uvést kriticky ohrožené (C1) vrbu dvoubarvou (*Salix bicolor*), vrbu plazivou (*Salix repens* L.), vrbu bylinnou (*Salix herbacea*) a silně ohroženou (C2) vrbu laponskou (*Salix lapponum*) (Procházka 1989, Koblížek 2007). Poměrně hojně se v Krkonoších setkáme s vrbou slezskou (*Salix silesiaca*), vrbou jívou (*Salix capraea*) nebo vrbou ušatou (*Salix aurita*). V minulosti byly v nižších polohách vysazované i některé druhy jako například vrba košařská (*Salix viminalis*) a vrba křehká (*Salix fragilis*) (Procházka 1989).

1.3 Charakteristika skupiny vrby bobkolisté (*Salix phylicifolia* agg.)

Okruh vrby bobkolisté (*Salix phylicifolia* agg.) patří ke značně problematickým skupinám vrby. Komplikace při určování navíc přináší hybridizace s vrbou černající (*S. nigricans* Sm.), s druhy sekce *Capraea* a skupiny *S. glauca* (Rechinger 1964). Společně s dalšími druhy, například u nás rostoucí *S. nigricans*, náleží okruh vrby bobkolisté do sekce *Arbuscella* Ser. ex Duby (*Phylicifoliae* Dumort.) (Newsholme 1992). Okruh zahrnuje úzce příbuzné taxony s výskytem v Severní Americe, Evropě i Asii (Chmelař 1972, Chmelař 1985, Procházka 1989). Jejich taxonomická hodnota je ovšem stále nejasná a vztahy v rámci agregátu nejsou dořešené. V Evropské části areálu jsou v rámci okruhu rozšířeny vrba bobkolistá (*Salix phylicifolia* L.) vyskytující se v severní

a severovýchodní Evropě, vrba dvoubarvá (*S. bicolor* Ehrh.) s ostrůvkovitým výskytem v horách střední Evropy, vrba Hegetschweilera (*S. hegetschweileri* Heer.) rostoucí v Alpách a *Salix hibernica* Rech. f., která je endemitem Severního Irsku (Chmelař 1972, Chmelař 1985). Nejisté je postavení taxonu *S. basaltica* Coste, který navazuje na rozšíření vrby dvoubarvé v západní Evropě v Pyrenejích a je s ní prakticky identický (Chmelař 1972, Chmelař 1985, Zahradníková & Vašina 1996).

Obrázek 2 Rozšíření taxonů okruhu vrby bobkolisté (*Salix phylicifolia* agg.) v Evropě. Červeně je znázorněný výskyt *Salix bicolor*, oranžově *Salix basaltica*, modře *Salix hegetschweileri*, zeleně *Salix hibernica* a černě *Salix phylicifolia* (upraveno podle Jalas et Suominen 1972).



Skupina vrby bobkolisté zahrnuje keře s výškou do 4 metrů. Společnými znaky jsou lysé, případně olysalé větve; lysé plně vyvinuté listy, které jsou na lici více či méně lesklé, na rubové straně sivé a sušením nečernají. Jehnědy jsou téměř přisedlé nebo krátce stopkaté, semeníky hedvábitě chlupaté (Rechiger 1964). Všechny výše uvedené taxony si jsou morfologicky velice podobné. Drobné rozdíly, kterými se navzájem odlišují, shrnuje tabulka níže.

Tabulka 1 Porovnání znaků odlišujících taxony okruhu *Salix phylicifolia* agg. (podle Chmelař & Koblížek 1990, Newsholme 1992, Rechinger 1964).

	<i>S. phylicifolia</i>	<i>S. bicolor</i>	<i>S. hegetschweileri</i>	<i>S. hibernica</i>
větve	tmavé	zelenavě žlutohnědé	kaštanové až tmavě hnědé	žlutozelené
pupeny	tmavě hnědé, na vrcholu smáčklé a zašpičatělé	žlutě oranžové, vejčité, oblé, přítupé	kaštanově hnědé	žluté
lišty	ne	ano (krátké)	ne	ne
výskyt	severní Evropa, Eurasie	Vogézy, Harz, Krkonoše (Pyreneje)	Alpy	Severní Irsko

1.4 Úvod do problematiky *Salix bicolor*

Ze všech druhů horských vrby, které v Krkonoších rostou, některé patří k nejvýznamnějším složkám zdejší květeny. Bezesporu jednu z nejpozoruhodnějších představuje vrba dvoubarvá, pojmenovaná podle charakteristického výrazného rozdílu ve zbarvení svrchní a spodní strany listů, které jsou na líci lesklé, tmavě zelené a na rubu sivé. Její výjimečnost spočívá v tom, že v Krkonoších roste na jediném místě v Úpské jámě v počtu několika málo jedinců a to pouze jako samičí pohlaví. Všechny rostliny pravděpodobně mají původ v jediném exempláři, podobně jako tomu je u vrby laponské na Pradědu (Chmelař 1972). Vrba dvoubarvá je tedy velice vzácná a proto byla zákonem zařazena do kategorie kriticky ohrožených druhů. Ve stejné kategorii (C1) je uvedena také v Červeném seznamu (Zahradníková & Vašina 1996).

Celkový areál druhu je rovněž velmi omezený a mimo již jmenované Krkonoše zaujímá pouze další dvě středoevropská pohoří: Vogézy a Harz. Jde tedy o významný endemit hor střední Evropy. Výskyt vrby dvoubarvé v karpatské oblasti udávaný v minulosti byl zpochybněn a nyní se přiřazuje k blízké příbuzné vrbě bobkolisté. Problematickým zůstává zařazení taxonu *Salix basaltica*, rostoucího v Pyrenejích a ve Francouzském

středohoří, který je s vrbou dvoubarvou prakticky identický, někteří autoři jej však vyčleňují jako samostatný taxon (Chmelař 1972).

Reliktní charakter výskytu vrby dvoubarvé představuje nenahraditelný doklad toho, jak se naše příroda vyvíjela v poledové době (Zahradníková & Vašina 1996, Procházka et al. 1999).

1.5 Charakteristika lokality Úpské jámy v Krkonoších

Vysoko položené horské hřbety a ledovcové kary v době poledové, kdy došlo k výraznému oteplení klimatu, unikly zalesnění a staly se tak významnými refugii (Hadač 1983). Na těchto místech navíc vlivem příhodného směru proudění větru v kombinaci s daným reliéfem dochází k tvorbě vhodných podmínek pro vznik lavin. Lavinové dráhy zabraňují sukcesi stromové vegetace, čímž je naopak podpořen růst reliktních druhů, které by jinak v konkurenci stromů neobstály. Právě proto se v ledovcových karech nachází nejvzácnější květena (Jeník 1997).

Krkonošské kary neboli těž jámy jsou floristicky nejbohatšími územími v subalpínských polohách. Bohaté zastoupení jejich flóry se odráží především v různorodosti ekologických aspektů (najdeme zde prameniště a potoky, sutě, loukami porostlé svahy, vlhké skály apod.) dále v rozmanitém minerálním podkladě (který může být tvořen zejména žulou, rulou ale i vápencem) a také v hojném zásobení srážkami společně s velkou dávkou slunečního osvětlení, který poskytují svahy s východní expozicí.

Úpská jáma je rozlehlým karem, který svojí velikostí a hloubkou 350–550 m překonává i Malou a Velkou Sněžnou jámu. Bezkonkurenční je také co do počtu rostlinných druhů s výskytem 220 taxonů. Jeho osa má jihovýchodní orientaci a dno karu leží ve výšce 1050 m n. m. Jižní hranici karu tvoří v nadmořské výšce 1000–1400 m ostrý a skalnatý Čertův hřebínek, na západní straně je ohraničen strmou Studniční stěnou ve výšce 1500 m a Úpskou hranou ve 1400 m, na severu pak pokračováním Úpské hrany až k Obří boudě a východní stranu lemují skalnaté svahy Sněžky. Kar je převážně tvořen žulou, v menší míře ale i svorovými rulami, které se nacházejí např. pod Krakonošovou zahrádkou, s čočkami vápence. Úpskou jámou probíhají četné rokle a žlaby, z nichž nejznámější je jen místy skalnatý Sněhový žlab se Sněhovým potokem. Někdy se přičítá ke Krakonošově zahrádce, jež představuje širokou travnatou terasu pod Studniční stěnou a Úpskou hranou. Krakonošova zahrádka leží v nadmořské výšce 1300–1400 m. Tvoří ji alpínské louky a nivy s mnohými význačnými druhy jako například *Anemone*

narcissiflora nebo *Gentiana asclepiadea*. O něco níže položený Sněhový žlab je místem, kde se setkáme s keřky *Salix bicolor* a *Salix lapponum* a další mi druhy jako jsou *Primula minima*, *Carex vaginata* a *Carex capillaris* (Šourek 1969).

Obrázek 3 Úpská jáma. Přirozené populace vrby dvoubarvé se nacházejí ve Sněhovém žlabu, označeném na mapě červenou šipkou (podle Šourka 1969).



1.6 Problematika taxonu *Salix schraderiana*

Taxon vzhledově velmi podobný vrbě dvoubarvé, který je označován jako vrba Schraderova (*Salix schraderiana* Willd., syn.: *Salix bicolor* Hort. non Willd.), způsobil mnohé nesrovnalosti v nomenklatorice *Salix bicolor*. Jedná se o zahradní kultivar s jasně žlutými větvemi, který se v přírodě spontánně nevyskytuje (Chmelař & Koblížek 1990). Jde o křížence vrby dvoubarvé s vrbou plazivou (*Salix repens* L.), známého vždy

jen v exemplářích samčího pohlaví. Výsadby vrby Schraderovy u Nových Hradů, v poříčí Sázavy či v okolí Prahy byly v minulosti mylně přiřazované vrbě dvoubarvé, jejíž jediná přirozená lokalita však u nás leží pouze v Krkonoších (Chmelař 1968, Chmelař 1972, Procházka et al. 1999).

2 Cíle práce

Jak již bylo řečeno, je vrba dvoubarvá kriticky ohroženým taxonem s jedinou přirozenou lokalitou v Krkonoších, na které se vyskytuje v nízkém počtu. Jedním z cílů této práce je zhodnocení současného stavu jejích populací v ČR a ve střední Evropě a na základě studia herbářových dokladů a literatury také ověřit historické rozšíření druhu u nás.

V Úpské jámě se společně s vrbou dvoubarvou vyskytují i dva další horské druhy, vrba laponská a vrba slezská. Jaká je míra jejich hybridizace s vrbou dvoubarvou by měla být další otázkou pro tuto studii.

Práce by měla shrnout dostupné informace o biologii a ekologii vrby dvoubarvé a podat základní přehled o problematice okruhu vrby bobkolisté. Tyto poznatky následně poslouží k navazujícímu dalšímu studiu.

3 Materiál a metody

3.1 Rostlinný materiál

Popis

Vrba dvoubarvá je nižší až středně vysoký keř kulovitého vzrůstu s výškou do 1,5 m. Letorosty mají žlutohnědou barvu s nádechem do zelena, borka na kmíncích je hladká, hnědozelená. Sloupnutá kůra odhalí krátké ale zřetelné lišty na dřevě. Přítupé pupeny, dlouhé 2,5–3 mm mají vejčitý tvar (Chmelař & Koblížek 1985) a žlutooranžovou barvu (Rechinger 1964). Listy jsou eliptické, jejich čepel dosahuje 3,5–5 cm na délku a kolem 1,5–2,5 cm na šířku, je téměř celokrajná, jen zřídka s oddálenými zuby. Na líci jsou listy tmavě zelené, lesklé a zcela lysé, zbarvení rubové strany je sivozelené a někdy se mohou objevit i ojedinělé přitisklé chlupy, směřující ke špičce. Čepel je na vrcholu tupě zašpičatělá, na bázi klínovitá, řapík měří 3–4 mm. Drobné palisty polosrdčitého tvaru záhy opadávají. Válcovité jehnědy jsou přisedlé, s šupinovitými listeny na bázi, a dosahují délky 1,6–2,5 cm a šířky 0,4–0,7 cm (Chmelař & Koblížek 1985, Chmelař & Koblížek 1990). Samčí květy jsou tvořeny dvěma tyčinkami, jejichž nitky jsou ve spodní polovině rozptýleně porostlé chlupy; prašníky jsou téměř kulovité, světle žluté. Eliptické květní listeny s delšími chlupy jsou zbarveny hnědožlutě. Úzce cylindrická nektariová žláзка při bázi květu měří 0,6 mm (Rechinger 1957). Samičí květy mají téměř přisedlé semeníky, které jsou hustě porostlé lesklými hedvábitými chlupy. Zřetelně odlišené čnělky dosahují délky 0,5–1 mm, blizny jsou směrem ven zakřivené, dvouzářezové. Listeny podpírající květy jsou stejné jako u samčích květů. Válcovité nektarium je na bázi rozšířené. Jehnědy se za plodu prodlužují pouze nepatrně (Rechinger 1957, Chmelař & Koblížek 1990).

Ekologie

Vrba dvoubarvá se vyskytuje ve vlhkých listnatých subalpínských křovinách ve společenstvech svazu *Salicion silesiaca*. Tyto křoviny porůstají svahy karů, často i lavinové dráhy, popřípadě skalnaté žleby podél potoků. Jedná se o místa, která jsou velmi ovlivňovaná účinky sněhu, působícího na vegetaci jednak svým tlakem a také ve formě lavin, ale zároveň jsou chráněná před větrem. Kamenité půdy na těchto stanovištích jsou poměrně hluboké, bohaté na živiny a hojně zásobované vodou (Kočí

2007). Vrba dvoubarvá preferuje převážně silikátové podklady, chudé na vápník (Rechinger 1957). Je to druh chladnomilný a světlomilný (Chmelař & Koblížek 1990).

Hybridizace:

Vrba dvoubarvá je tetraploidní taxon ($2n = 76$) (Chmelař & Koblížek 1990). Může se křížit s dalšími horskými druhy vrb, při čemž na naší jediné původní lokalitě v Krkonoších připadají v úvahu pouze vrba slezská (*Salix silesiaca*) a vrba laponská (*Salix lapponum*), které rostou v její těsné blízkosti. Současná literatura však pro Českou republiku uvádí pouze jediného křížence, a to s vrbou slezskou. Hybrid pojmenovaný *Salix ×paxii* Woloszczak má poněkud svraskalé listy, které jsou v mládí načervenalé. Tento znak je charakteristický pro vrbu slezskou, z níž se přenáší i na křížence. *Salix ×paxii* má dále poněkud větší palisty než vrba dvoubarvá a slabě chlupaté semeníky (které jsou u vrby slezské zcela lysé) (Chmelař & Koblížek 1990). Někteří autoři (Šourek 1969, Procházka 1989) uvádějí z Krkonoš i dosud nepublikovaného hybridu s vrbou laponskou.

Na ostatních evropských lokalitách vrby dvoubarvé popisuje Rechinger (1957) navíc také ještě křížence s vrbou ušatou (*Salix aurita*) a vrbou plazivou (*Salix repens*).

3.2 Studium rozšíření

Studium herbářových dokladů a literatury mělo prokázat, zda byl někdy v minulosti výskyt vrby dvoubarvé v Krkonoších možný i na dalších lokalitách nebo byl vždy omezen pouze na Úpskou jámu. Prověřeny byly také údaje o nálezích vrby Schraderovy na různých místech České republiky.

Rozšíření vrby dvoubarvé na našem území bylo ověřováno na základě revize materiálu z vybraných přístupných herbářových sbírek v České republice (zkratky jednotlivých herbárií: BRNU, CB, HR, LIT, MP, PL, ROZ, BRNL, BRNM; podle Holmgrena 1998). Údaje získané revizí herbářových položek byly ještě dále doplněny informacemi z dostupných botanických publikací v rozsahu od začátku 19. století až po současnost.

3.3 Zhodnocení současného stavu populace v Krkonoších

Lokalita vrby dvoubarvé v Krkonoších byla navštívena v červenci roku 2010. Do výzkumu byly zahrnuty nejen porosty původní populace ve Sněžném žlabu, ale i

výsadby pod Dolním Úpským vodopádem provedené Správou Krkonošského národního parku v osmdesátých letech. Na lokalitách byl zjišťován počet jedinců, jejich výška a hodnocena kondice populace celkově. Tyto tato data byla porovnávána s literárními údaji, které prokazují bohatý porost vrby dvoubarvé ve Sněžném žlabu ještě z počátku šedesátých let minulého století. V současné době je však tento druh na ústupu.

4 Výsledky

Od konce 18. století, kdy byla vrba dvoubarvá v Krkonoších nalezena pastorem Weigelem, byl její výskyt v Úpské jámě téměř kontinuálně sledován mnohými významnými botaniky 19. a 20. století, o čemž svědčí i četné herbářové doklady, které byly rozeslány do herbářových sbírek po celém světě.

4.1 Rozšíření v ČR

Níže uvedené herbářové sběry jsou zaznamenávány ve formě: sběratel – rok sběru – zkratka herbária. Literární údaje o výskytu druhu jsou uvedeny ve zkrácené formě: autor – rok publikace.

Salix bicolor Ehrh.:

Fytogeografický obvod České oreofytikum:

Fytogeografický podokres 93b – Krkonoše subalpínské

Zahrada pana Josefa Šourka (Horák 1965 MP, Horák 1971 MP)

Sněhový žlab (Teuber 1928 BRNM, Freyn 1879 BRNM, Černoch 1953 BRNM, Šourek 1945 MP, Horák 1953 MP, Prudlo 1834, Jeník 1961, Šourek 1969, Zahradníková 2006)

Obří důl (Šmarda 1940 BRNM, Schulz 1893 BRNU, Chmelař 1971 BRNL)

Studniční hora (Thenius 1925 BRNU, Čelakovský 1868)

Krkonošova zahrádka (Kurka 1950 BRNM, Haubschel 1968 BRNL, Kurka 1950 BRNL, Čábera 1950 MP, Kurka 1950 MP)

Hřeben kotle (Horák 1933 MP)

Labský vodopád (Mosch 1858)

Salix Schraderiana Willd.:

Fytogeografický obvod Českomoravské mezofytikum:

Fytogeografický podokres 38 – Budějovická pánev

České Budějovice (Lepší 2001 CB)

Fytogeografický podokres 39 - Třeboňská pánev

U **Nových Hradů** (Čelakovský 1885 MP, Tapitz 1885 MP, Čelakovský 1887, Dostál 1950)

Třeboň (Weichmann 1887 BRNU)

Fytogeografický podokres 31 – Plzeňská pahorkatina

Plzeň (Maloch 1896 BRNU)

Fytogeografický podokres 47 – Šluknovská pahorkatina

Království (Riedl 1958 LIT)

Fytogeografický obvod České termofytikum:

Fytogeografický podokres 10 – Pražská plošina

Praha Bubeneč (Čelakovský 1868, Dostál 1950)

Praha Veltrusy (Čelakovský 1869, Dostál 1950)

Údaje získané studiem herbářových položek mohou vzbuzovat dojem bohatšího výskytu vrby dvoubarvé na území Krkonoš v minulosti než je tomu v současné době. Ve všech případech jde však o jednu a tutéž lokalitu, na které vrba dvoubarvá kdysi tvořila pouze rozlehlejší porost, v širším rozmezí od nadmořské výšky 1150 do 1300 m. Dnes už je její výskyt silně omezen.

Výjimku v tomto ohledu ovšem tvoří Moschův údaj z konce 50. let 19. století od Labského vodopádu, který však nikdy nebyl prokázán a případně se mohlo jednat o záměnu s některým jiným druhem. Zajímavý fakt, který by pro něj ale svědčil, je nález Puchmajerové z roku 1927 z téhož místa, jenž byl později určen jako kříženec vrby dvoubarvé s vrbou slezskou (Procházka 1989). Pro výskyt vrby dvoubarvé v západních Krkonoších dosud ovšem nebyly nalezeny žádné přímé důkazy.

Herbářové doklady ze zahrady Josefa Šourka v Peci pod Sněžkou pocházejí z rostlin odebraných na původní lokalitě ve Sněžném žlabu, které byly vegetativně namnoženy.

Při terénním průzkumu byly odhaleny celkem tři místa v Obřím dolu, na kterých se vrba dvoubarvá vyskytuje:

- i)* Pod Dolním úpským vodopádem (GPS souřadnice 50°43'45.51"N 15°43'39.29"E)
- ii)* Sněhový žlab I (GPS souřadnice 50°43'56.25"N 15°43'5.56"E)
- iii)* Sněhový žlab II (GPS souřadnice 50°43'55.48"N 15°42'54.54"E)

Ad i) Na lokalitě pod Dolním úpským vodopádem v nadmořské výšce 960 m n. m. byla vrba dvoubarvá vysazena v roce 1983 Správou KRNAPu, nejedná se tedy o její přirozený výskyt. Byl zde nalezen jeden statný polykormon o výšce kolem 1,5 m, rostoucí v hrubé suti na břehu Úpy. V jeho blízkém okolí se vyskytovaly také další druhy vrby jako *Salix capraea* a *Salix silesiaca*, se kterými by se vrba dvoubarvá mohla potenciálně křížit.

Ad ii) Ve Sněhovém žlebu byl překvapivě zjištěn výskyt dvou oddělených populací. První populaci tvořilo 14 jedinců, omezených na velmi malou plochu jen několika m². Jednotlivé keřičky dosahovaly průměrné výšky kolem 25 cm, s maximem 33,5 cm. Dominantu na této lokalitě tvoří porosty *Deschampsia cespitosa*, dále se vyskytují *Juncus tenuis*, *Swertia perennis*, *Aconitum plicatum*, *Vaccinium myrtillus*, *Carex nigra*, *Carex demissa*, *Dactylorhiza fuchsii* subsp. *sudetica*, *Bartsia alpina*, *Allium schoenoprasum* subsp. *alpinum*, *Sphagnum* sp., *Viola palustris*, *Viola biflora* a *Geranium sylvaticum*.

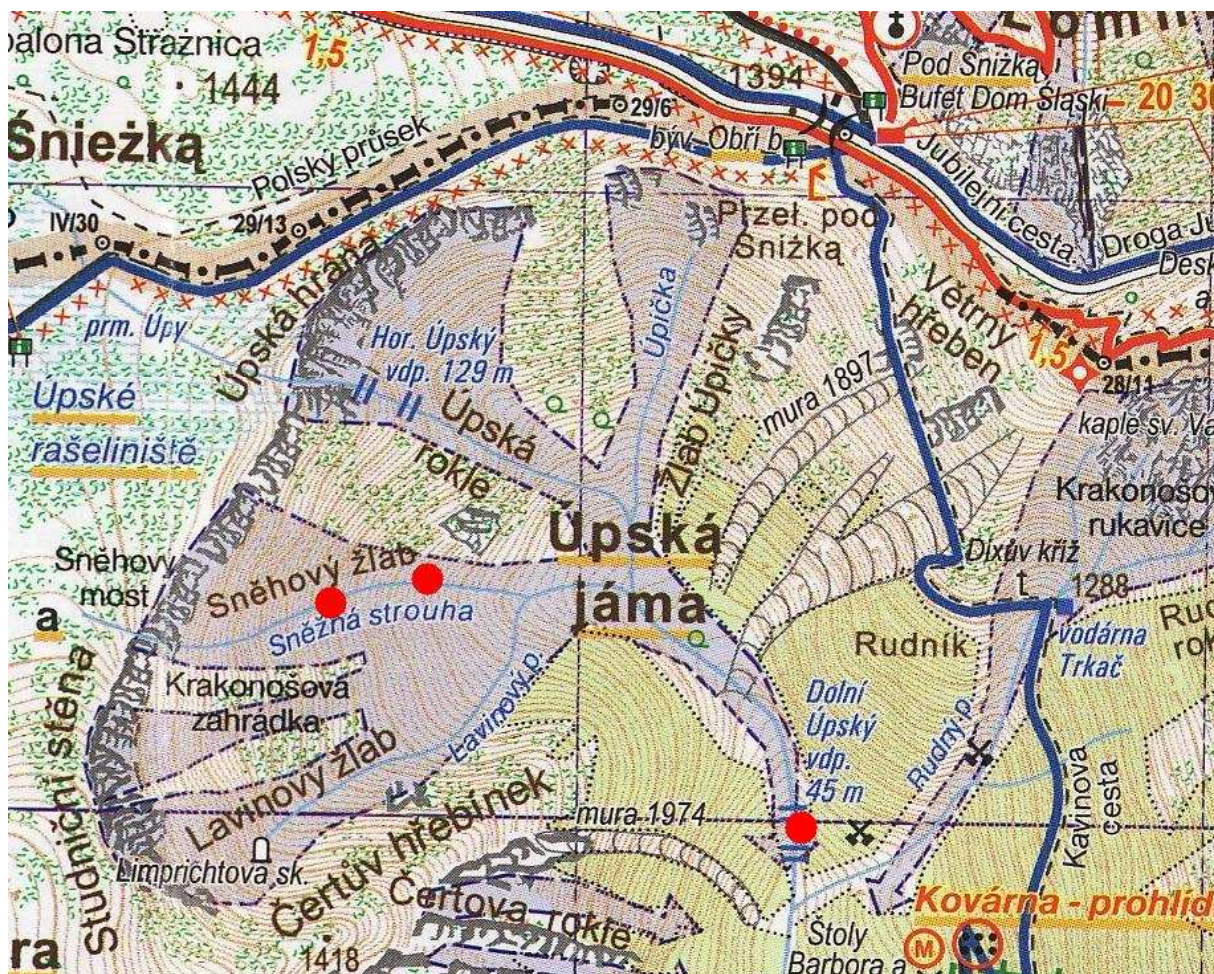
Ad iii) V případě druhé populace ve Sněhovém žlebu se jednalo o původní přirozenou lokalitu, která je udávána v literatuře. Od předchozí populace je vzdálená cca 15 m a nachází se ve vyšší nadmořské výšce. Porosty vrby dvoubarvé jsou zde rozlehlejší a také vyšší; bylo zde zjištěno několik desítek jedinců o výšce od 25 cm nejčastěji až po 1 m. Okolní vegetace je oproti první populaci druhově již výrazně chudší. Opět převažuje *Deschampsia cespitosa*, čteněji jsou zastoupeny také *Sphagnum* sp., *Primula minima* a *Drosera rotundifolia*. V těsné blízkosti *Salix bicolor* se pak nacházejí keře *Salix lapponum*, *Salix silesiaca*, *Betula carpatica* a *Pinus mugo*.

Všichni jedinci v populaci vrby dvoubarvé byli sterilní a terénní průzkum prozatím neodhalil ani případné křížence s vrbou laponskou či s vrbou slezskou.

Pracovníci Správy KRNAPu sledují stav populace od roku 1980. Ke konci 80. let došlo k rozlámání keřů jelení zvěří a od té doby je pozorován negativní vývoj. Při monitoringu porostu bylo zjištěno, že sledovaná veličina, součet délky větví všech keřů, poklesla od roku 1992 o celých 80 %. Rostliny jsou také pravidelně poškozovány činností lavin a plazivého sněhu, mají však velkou regenerační schopnost, díky které se i přes tyto nepříznivé vlivy na lokalitách udržují (Zahradníková 2006).

Při provedení izoenzymových analýz se potvrdilo, že všichni jedinci shodný mají původ v jediném exempláři, jedná se tedy o jeho klony a populace nevykazuje žádnou genetickou variabilitu (Chrtěk et al. 2007).

Obrázek 4 Současný výskyt vrby dvoubarvé v Úpské jámě s populacemi ve Sněhovém žlabu a s vysazenou populací pod Dolním Úpským vodopádem.



Výskyt vrby Schraderovy v České republice již patrně také není příliš bohatý. Podle Chmelaře (1968) už na většině lokalit dávno zanikla. Poslední doložený herbářový sběr z roku 2001 pochází z Českých Budějovic, kde pravděpodobně roste i v současné době. Známé jsou též výsadby v Mariánských lázních či ve Vrchlabí.

4.2 Rozšíření v Evropě

Herbářové doklady a literární údaje z evropských nalezišť jsou uvedeny ve stejném formátu jako u rozšíření vrby dvoubarvé v ČR viz výše. Při studiu rozšíření vrby dvoubarvé z herbářových materiálů byl zohledňován také taxon *Salix basaltica* Coste nacházený v Pyrenejích, který je morfologicky identický se *Salix bicolor* Ehrh. Taxonomická hodnota *Salix basaltica* však není doposud zcela jasná.

Salix bicolor Ehrh.:

Vogézy; Hohneck (Neumann 1969 BRNU, Rastetter 1986 BRNU)

Harz; Brocken (Ehrhart 1789, Hampe 1873, Sporleder 1882, Zander 1996)

Salix basaltica Coste:

Pyreneje; Les Bouilloles (Lambion 1991 BRNM)

Pyreneje; Laruns (Lazare 1988 BRNM)

Pyreneje; Cerdagne (Sennen 1925 BRNU)

Patně nejstarší nálezy vrby dvoubarvé v Evropě jsou datovány z německého pohoří Harzu již z konce 18. století, kde byla Ehrhartem objevena na hoře Brocken. Od té doby zde byla hojně sbírána a registrována významnými botaniky. Zajímavé je, že se na Brockenu, stejně jako u nás v Krkonoších, potvrdil výskyt také pouze samičích jedinců vrby dvoubarvé (Zander 1996). Prašníkové exempláře je možné nalézt ve Vogézách na jihozápadu Francie na vrcholu Hohneck. Pokud do rozšíření vrby dvoubarvé v pohořích střední a jihozápadní Evropy zahrneme i výskyt taxonu *Salix basaltica*, areál se rozšíří až na Pyreneje, kde tato vrba roste na větším počtu lokalit.

4.3 Hybridizace

Vrba dvoubarvá se na svojí jediné přirozené lokalitě ve Sněhovém žlabu může potenciálně křížit výhradně s dvěma dalšími druhy, a to s vrbou laponskou a vrbou slezskou, které rostou v jejím blízkém okolí. Jediným vědecky popsáním křížencem je však doposud pouze *Salix ×paxii*, hybrid s vrbou slezskou (Chmelař & Koblížek 1990). Při terénním průzkumu se tohoto křížence prozatím nepodařilo odhalit. Ani herbářové doklady výskytu hybridu neprokázaly, položky označené jako *Salix bicolor* × *Salix silesiaca* byly chybně určeny a jednalo se o křížence jiných druhů.

Již Šourek (1969) ale také uvádí, že se vrba dvoubarvá ve Sněhovém žlabu kříží s vrbou laponskou. Ani v tomto případě terénní šetření zatím nepřineslo objevení takového hybridu, stejně jako nebyl prokázán jeho výskyt pomocí herbářových dokladů. Na lokalitě u Dolního Úpského vodopádu vrba dvoubarvá roste ve společnosti vrby slezské a vrby jívy, je tedy reálné, že i zde dochází k hybridizaci mezi těmito druhy, o čemž by snad mohl svědčit nález, objevený při terénním průzkumu, který byl vzhledově

intermediární mezi všemi uvedenými druhy. Jeho mladé lístky měly načervenalé zbarvení, listy byly chlupaté a tvarem nejvíce připomínaly vrbu dvoubarvou. Usuzování na původ tohoto hybrida pouze na základě morfologických znaků by ovšem bylo poněkud troufalé. Vrby na lokalitě rostou v extrémních podmínkách v hrubé suti, často v zakrslých formách a je tedy možné, že se nejedná o křížence s vrbou dvoubarvou, ale s některými jinými druhy. Spolehlivé potvrzení přinese až genetická analýza vzorku.

5 Diskuze

5.1 Rozšíření v ČR

Vrba dvoubarvá je vysokohorský druh, jehož výskyt je silně omezen nejen v rámci svého celkového areálu, ale i na naší jediné lokalitě v Krkonoších. V ledovcovém karu Úpské jámy byla objevena okolo roku 1790 pastorem J. A. V. Weigelem. Od konce 18. století pak byl její výskyt botaniky téměř kontinuálně registrován (Procházka 1989). Při srovnávání údajů z minulosti se současným stavem je patrné, že druh na lokalitě ustupuje. Šourek (1969) ještě v druhé polovině čtyřicátých až počátku šedesátých let uvádí na základě svých vlastních pozorování hustý porost vrby dvoubarvé ve spádnicí Sněhového žlabu v nadmořské výšce mezi 1150 a 1300 m n. m. Populace ve Sněhovém žlabu byla poměrně stabilní až do roku 1986. V následujícím roce však započal její negativní vývoj, kdy došlo k silnému rozlámání porostů jelení zvěří v době říje. V dalším období se neblaze projevilo především spásání mladých výhonů, keře jsou ale také pravidelně poškozovány působením lavin, plazivého sněhu a proudící vody (Zahradníková 2006). Pracovníky Správy KRNPu je stav populace monitorován od roku 1980. V osmdesátých letech z ní byl také poprvé odebrán materiál k namnožení, který byl následně použit pro rekonstrukci porostu ve Sněhovém žlabu, ale též pro výsadby mimo areál původní lokality pod Dolní Úpský vodopád, s cílem ověřit růstové vlastnosti v odlišných ekologických podmínkách (Zahradníková 1996).

Na své přirozené lokalitě ve Sněhovém žlabu vrba dvoubarvá roste v počtu několika desítek jedinců na dvou místech, vzdálených nedaleko od sebe. Všechny keře jsou zde samičího pohlaví. Vzhledem k absenci samčích exemplářů je tedy rozmnožování druhu možné pouze vegetativně. Předpokládalo se, že populace je dávným pozůstatkem někdejších rozsáhlých porostů, která zde přežívá jako glaciální relikvium a je v současné době tvořena pravděpodobně pouze klony původní mateřské rostliny. To nakonec bylo potvrzeno Chrtkem et al. (2007), kteří zkoumali genetickou variabilitu vybraných horských druhů rostlin v Krkonoších. Na základě izoenzymové analýzy bylo zjištěno, že populace je invariabilní a jedná se tedy o jediný klon. Vrba dvoubarvá má totiž výbornou schopnost zakořeňovat a to i z dřevitých řízků, čehož rostlina může využít například při rozlámání větví sněhem a tímto způsobem se udržela dodnes. Této

vlastnosti, že velmi dobře koření i bez použití růstových stimulátorů, se mimo jiné také využívá právě při výsadbách (Zahradníková 2006).

Keříky ve Sněhovém žlabu rostou spíše rozvolněně a nevytvářejí celistvé porosty. Většina z nich dosahuje maximální výšky okolo 30 cm a jejich slabé výhonky se téměř ztrácejí v okolní vegetaci. Výjimkou je jediný polykormon vysoký 1 m. Vůbec nejmohutnější exemplář vrby dvoubarvé roste u Dolního Úpského vodopádu. Jedná se o keř srostlý z několika vysazených jedinců o výšce 1,5 m, který zde úspěšně vegetuje, jak se zdá.

Mimo přirozenou lokalitu ve Sněhovém žlabu a výsadby kolem Dolního Úpského vodopádu nejsou v Krkonoších známy žádné další výskyty vrby dvoubarvé. V tomto ohledu je ale velmi zajímavý údaj Moschův z roku 1858, který pochází od Labského vodopádu v západních Krkonoších. Tento nález ovšem nikdy nebyl doložen ani potvrzen. Svědčit by něj mohl jedině sběr Puchmajerové z roku 1927 s lokalizací Nad Labským dolem, jenž byl později určen jako kříženec vrby dvoubarvé s vrbou slezskou (Procházka 1989). Takové tvrzení je ovšem značně sporné, jistotu by přinesl až genetický rozbor tohoto křížence. Čistě teoreticky ale výskyt vrby dvoubarvé v západních Krkonoších vyloučit nemůžeme, biotopově se lokality ve Sněžném žlabu a u Labského vodopádu příliš neliší. Ať již jsou údaje Mosche a Puchmajerové mylné či nikoliv, faktem zůstává, že druh je dnes omezen pouze na Úpskou jámu.

Nemalý zmatek v rozšíření vrby dvoubarvé u nás způsobily také záměny s morfologicky velmi podobnou vrbou Schraderovou. Ta je známa pouze z kultury, výhradně v prašnickových exemplářích. Jedná se o křížence vrby dvoubarvé s vrbou plazivou, jehož kulturní lokality byly v minulosti přiřazovány ke spontánnímu výskytu vrby dvoubarvé. Vrba Schraderova byla dříve vysazována například v okolí Prahy, v pořící horní Sázavy nebo v údolí Nových Hradů, kde ji sbíral už Čelakovský v roce 1885 (Chmelař 1968). V současnosti jsou tyto lokality ale již dávno zaniklé a nynější výsadby jsou známy například ze zámeckého parku ve Vrchlabí, z golfových hřišť v Mariánských lázních a od Českých Budějovic.

5.2 Rozšíření v Evropě

Celkový areál vrby dvoubarvé je silně omezen na několik reliktních lokalit v horách střední a jihozápadní Evropy. Jmenovitě jsou to Harz, Vogézy, Krkonoše a pokud zahrneme i taxon *Salix basaltica* také Pyreneje.

Vrba dvoubarvá byla poprvé popsána z Harzu Jakobem F. Ehrhartem (1742-1795), který ji v roce 1789 našel na hoře Brocken (Ehrhart 1790). Po jejím objevení vyvstal o tento druh velký zájem, vrba dvoubarvá byla hojně sbírána a řízkový materiál odtud putoval do mnohých botanických zahrad v Německu. Také z Harzu jsou známy pouze samičí rostliny podobně jako v Krkonoších. Vzhledem k tomu je tedy rozmnožování druhu možné jen vegetativní cestou. V případě údajů o výskytu samčích jedinců šlo i zde opět o záměnu s vysazovanou vrbou Schraderovou (Zander 1997). Ve Vogézách je výskyt vrby dvoubarvé uváděn také z jediné lokality, na Hohnecku.

Zajímavé je postavení pyrenejského taxonu *Salix basaltica*, jenž je některými autory považován za identický s vrbou dvoubarvou, ale další jej odlišují jako samostatný. Jeho zařazení je komplikované a vyžadovalo by dokonalou znalost rostlinného materiálu z evropských lokalit.

V ostatních izolovaných horských oblastech Evropy navazuje na rozšíření vrby dvoubarvé výskyt dalších blízce příbuzných taxonů z okruhu vrby bobkolisté. V Alpách je to vrba Hegetschweileroва (*Salix hegetschweileri*), v Severním Irsku endemicky roste *Salix hibernica*, v Karpatech a severně položených partiích Balkánského poloostrova se vyskytuje vrba bobkolistá (*Salix phylicifolia*), která má souvislý areál v severní části Eurasie. Na Evropském kontinentu tento areál zahrnuje Island, Skotsko, Skandinávii a celou severovýchodní Evropu (Chmelař 1985).

5.3 Hybridizace

Z lokalit ve střední Evropě jsou známi pouze tři hybridy vrby dvoubarvé: s vrbou jívou, vrbou plazivou a vrbou slezskou (Rechinger 1957). Dva z nich, kříženec s vrbou jívou a vrbou slezskou, by se teoreticky mohli vyskytovat i na území Krkonoš. Na své přirozené lokalitě ve Sněhovém žlabu roste ale vrba dvoubarvá ve společnosti pouze dvou druhů, vrby slezské a vrby laponské. Existuje tedy možnost, že by mohlo dojít ke křížení těchto dvou druhů, jak na to již někteří autoři dříve upozorňovali (Šourek 1969, Procházka 1989). Novější literární zdroje však popisují pouze jediného hybridu, a to vrby dvoubarvé s vrbou slezskou, který je znám jako *Salix ×paxii*. Tento kříženec je intermediární; vyznačuje se v mládí načervenalými listy (charakteristický znak vrby slezské, přenášející se i na potomky), palisty o něco většími než u vrby dvoubarvé, poněkud svraskalými listy a slabě chlupatými semeníky (Chmelař & Koblížek 1990). Přítomnost *Salix ×paxii* ve Sněhovém žlabu prozatím terénní výzkum neodhalil. Na jeho

nalezení se tak budeme zaměřovat i nadále v budoucnosti. Zkoumaný herbářový materiál rovněž neposkytl žádné důkazy o jeho výskytu na lokalitě. Položky určené jako *Salix bicolor* × *Salix silesiaca* byly chybně determinovány a jednalo o křížence *Salix silesiaca* × *Salix lapponum*.

Stejně tak se nepotvrdil výskyt hybridy s vrbou laponskou ani v terénu, ani jako herbářové sběry, tyto nálezy byly opět určené mylně. Byly sice dokladovány rostliny, které hypotetického křížence *Salix bicolor* × *Salix lapponum* připomínaly, herbářový materiál byl nedostatečný pro přesnou determinaci a posouzení, zda-li se jedná o křížence výše zmíněných druhů nebo jen extrémní morfotyp druhu *Salix lapponum*. Údaje o tomto kříženci tak zatím zůstávají pouze literární (cf. Šourek 1969) a budou dále revidovány.

Mimo svoji přirozenou lokalitu ve Sněhovém žlebu byla vrba dvoubarvá vysazena i u Dolního Úpského vodopádu, kde uspokojivě vegetuje v konkurenci vrby slezské a také vrby jívy. Je velice pravděpodobné, že i zde se mezi sebou tyto druhy budou křížit.

6 Závěr

Tato práce si kladla za cíl zhodnotit současný stav populace vrby dvoubarvé v Úpská jámě a ověřit její případné rozšíření i mimo tuto lokalitu v minulosti na základě studia odborné literatury, herbářového materiálu a také terénního průzkumu.

V terénu byly zjištěny celkem dvě menší přirozené populace ve Sněhovém žlabu a další jedna pod Dolním Úpským vodopádem, která pochází z výsadby. Podle v literatuře publikované izoenzymové analýzy mají všechny exempláře totožný původ v jediném kdysi existujícím jedinci a jedná se tedy o jeho klony. Vrba dvoubarvá silně trpí okusem zvěří a je poškozována též činností plazivého sněhu, účinky lavin a proudící vody. Má ovšem velmi dobrou regenerační schopnost a dobře zakořeňuje, díky čemuž se na lokalitách stále udržuje. Bylo by jistě vhodné pokračovat v posilování populací dalšími výsadbami pro zachování vrby dvoubarvé, vegetativní množení tohoto druhu je snadné. Nezodpovězená zůstává otázka hybridizace s vrbou slezskou a frekvence výskytu *Salix ×paxii*. Stejně tak se neprokázala existence dosud nepublikovaného křížence s vrbou lapenskou a této problematice tedy bude věnována pozornost v dalším výzkumu.

Předložená práce je podkladem pro budoucí studie a jejím úkolem bylo shrnout dostupné informace o biologii a ekologii vrby dvoubarvé a také podat základní pohled na problematiku okruhu vrby bobkolisté. Pomocí metod molekulární biologie bude v navazující diplomové práci zkoumán původ a variabilita vrby dvoubarvé. Výzkum se též zaměří na vztahy jednotlivých taxonů v rámci okruhu vrby bobkolisté.

7 Literatura

Alliende C. M. et Harper L. J. (1989): Demographic Studies of a Dioecious Tree. I. – Colonization, Sex and Age Structure of a Population of *Salix cinerea*. – Journal of Ecology 77(4): 1029-1047.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, THE (2009): An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the orders and families of flowering plants: APG III. – Botanical Journal of the Linnean Society 161: 105-121. doi: 10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x

Argus G. W. (1986): The genus *Salix* (*Salicaceae*) in the southeastern United States. – Syst. Bot. Monogr. 9: 1-170.

Argus G. W. (1997): Infrageneric classification of *Salix* (*Salicaceae*) in the New World. – Syst. Bot. Monogr. 52: 1-121.

Azuma T., Kajita T., Yokoyama J. & Ohashi H. (2000): Phylogenetic relationships of *Salix* (*Salicaceae*) based on *rbcL* sequence data. – American Journal of Botany 87(1): 67-75.

Beismann H., Barker J. H. A., Karp A. et Speck T. (1997): AFLP analysis sheds light on the distribution of two *Salix* species and their hybrid along a natural gradient. – Molecular Ecology 6: 989-993.

Billings W. D. (1974): Adaptations and Origins of Alpine Plants, Arctic and Alpine Research, Vol. 6, No. 2, pp. 129-142.

Brunsfeld S. J., Soltis D. E. & Soltis P. S. (1991): Patterns of genetic variation in *Salix* section *Longifoliae* (*Salicaceae*). – American Journal of Botany 78(6): 855-869.

Dostál J. (1950): Květena ČSR a ilustrovaný klíč k určení vñech cévnatých rostlin, na území Československa planě rostoucích nebo běžně pěstovaných. Svazek II. – Přírodovědecké nakladatelství, Praha.

Ehrhart J. F. (1790): Beiträge zur Naturkunde und damit mit verwandtem Wissenschaften, Vol. 5. – Hannover et Osnabrück.

Elmqvist T., Agren J., Tunlid A. (1988): Sexual Dimorphism and between-Year Variation in Flowering, Fruit Set and Pollinator Behaviour in a Boreal Willow, *Oikos*, Vol. 53, No. 1, pp. 58-66.

Fisher M. J. (1928): The morphology and anatomy of the flowers of the *Salicaceae* 1–2. - *American Journal of Botany* 15: 307-394.

Hadač E. (1983): Květena Krkonoš z hlediska fytogeografického – *Opera Corcontica*, 20: 69-77.

Hadač E. et Štursa J. (1983): Syntaxonomický přehled rostlinných společenstev Krkonoš. I. Přirozená nelesní společenstva. – *Opera Corcontica* 20: 79-98.

Hardig T. M., Brunsfeld S. J., Fritz R. S., Morgan M. & Orians C. M. (2000): Morphological and molecular evidence for hybridization and introgression in a willow (*Salix*) hybrid zone. – *Molecular Ecology* 9: 9-24.

Hendrych R. O reliktech a jejich přítomnosti v naší květeně II., *Živa*, 28, 1980, č. 2, pp. 49-53.

Herben T., Hara T., Marshall C., Soukupová L. (1994): Plant Clonality: Biology and Diversity: [Introduction], *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, Vol. 29, No. 2, Plant Clonality: Biology and Diversity. Proceedings of the 3rd Workshop on Clonal Growth in Plants, pp. 113-122.

Holmgren P. K. & Holmgren N. H. (1998): *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. (dostupné na <http://sweetgum.nybg.org/ih/>, přístup 11. 7. 2010)

Hroneš M. (2009): Rozšíření a morfologická variabilita populací vrby laponské (*Salix lapponum*) v České republice [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Chase M. W. & Reveal J. L. (2009): A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 122-127.

Chase M. W., Zmarzty S., Lledó M. D., Wurdack K. J., Swensen S. M. & Fay M. F. (2002): When it doubt, put it in *Flacourtiaceae*: a molecular phylogenetic analysis based on plastid *rbcL* DNA sequences. – *Kew Bulletin* 57: 141-181.

Chmelař J. (1968): O dvou vrbách dvoubarvých, *Salix bicolor* Ehrh. a *Salix bicolor* hort. – *Zpr. Argot. Nový Dvůr u Opavy*, 7: 6-8.

Chmelař J. (1972): Poznámky k československým druhům rodu *Salix*. Část II. Druhy vrb vyšších poloh. – *Čas. Slez. Muz., Opava, Ser. C*, 11: 1-16.

Chmelař J. (1985): Some comments on taxonomy and chorology of the willow species growing in Czechoslovak territory. – *Folia Dendrol., Bratislava*, 12: 15-29.

Chmelař J. & Koblížek J. (1985): Příspěvek k určování k určování československých vrb. (Beitrag zur Bestimmung der tsechoslowakischen Wieden). - *Zprávy Československé botanické společnosti*, 20, č. 2, pp. 81-102.

Chmelař J. et Koblížek J. (1990): 65. *Salicaceae* Mirbel – vrbovité. – In: Hejný S. et Slavík B. [eds.]: *Květena České republiky 2*. Academia, Praha, pp. 458-495.

Chrtek J., Plačková I., Zahradníková J., Kirschner J., Kirschnerová L., Štěpánek J., Krahulcová A., Krahulec F. & Harčarik J. (2007): Genetická variabilita vybraných horských druhů cévnatých rostlin v Krkonoších. – In: Štursa J. & Knapik R. [eds.], *Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou.* - *Opera Corcontica*, 44/1: 251-264.

Chytrý M., Kučera T. et Kočí M. [eds.] (2001): Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Jalas J. & Suominen J. (1972): Atlas florae europeae: distribution of vascular plants in Europe, Press Syndicate of the University of Cambridge, New York, USA.

Jeník J. (1961): Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku, Praha.

Jeník J. (2000): Geografická a ekologická identita Krkonoš. – Opera Corcontica, 36: 12-19.

Koblížek J. (2002): 60. *Salicaceae* Mirbel – vrbovité. – In: Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. et Štěpánek J. [eds.]: Klíč ke květeně České republiky. [Key to the Flora of the Czech Republic.]. - Academia, Praha.

Koblížek, J. Ohrožené druhy vrb v České republice. - In: Dreslerová, J. – Packová, P. Ohrožené dřeviny České republiky. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2007, pp. 151-153.

Kočí M. (2007): Subalpínská vysokobylinná a křovinná vegetace (*Mulgedio-Aconitetea*) [Subalpine tall-forb and deciduous-shrub vegetation.]. – In: Chytrý M. [eds.] (2007): Vegetace České republiky. 1, Travná a keříčková vegetace [Vegetation of the Czech Republic. 1, Grassland and heathland vegetation.]. Academia, Praha.

Lautenschlager E. (1982): *Salix hegetschweileri* Heer subsp. *vosegiaca*, Salicaceae nouvelle de France, Bulletin du Jardin botanique national de Belgique / Bulletin van de National Plantentuin van België, Vol. 52, No. 1/2, pp. 245-246.

Leskinen E. et Alström-Rapaport C. (1999): Molecular phylogeny of *Salicaceae* and closely related *Flacourtiaceae*: evidence from 5.8 S, ITS 1 and ITS 2 of the rDNA. – Plant systematic and evolution, 215: 209-227.

Lokvenc T. (1979): Rozmnožování krkonošských druhů vrb. – Opera Corcontica, 16: 113-124.

Lokvenc T. (1979b): Umělé rozšíření některých vzácnějších dřevin v alpínské oblasti Krkonoš. I. Přirozená nelesní společenstva. – Opera Corcontica 20: 79-98.

Mathews J. R. (1937): The northern-montane element. – Journal of Ecology, Vol. 25, No. 1, pp. 62-66.

Mucina L.: Conspectus of Classes of European Vegetation. - Folia Geobotanica & Phytotaxonomica, Vol. 32, No. 2 (1997), pp. 117-172.

Myklestad Å. & Birks H. J. B. (1993): A numerical analysis of the distribution patterns of *Salix* L. species in Europe. – Journal of Biogeography 20: 1-32.

Newsholme C. (1992): Willows. The genus *Salix*. – Timber Press, Portland, Oregon.

Pawłowski B. (1970): Remarques sur l'endémisme dans la flore des Alpes et des Carpates. – Vegetatio, Vol. 21, No. 4/6 (1970), pp. 181-243.

Penhallow D. P. (1905): A Systematic Study of the *Salicaceae*. - The American Naturalist, Vol. 39, No. 464, pp. 509-535.

Procházka F. (1989): O vrbě dvoubarvé [On *Salix bicolor*.] – Krkonoše, Vrchlabí, 22/6: 14-15.

Procházka F., Vašina V. et Chmelař J. (1999): *Salix bicolor* Ehrh. ex Willd. – In: Čeřovský J., Feráková V., Holub J., Maglocký Š. et Procházka F. [eds.]: Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů ČR a SR, Volume 5, pp. 322, Příroda a.s., Bratislava.

Rechinger K. H. (1957): Genus *Salix* L. – In: Hegi G. [eds.]: Illustrierte flora von Mitteleuropa 3(1), 2. Auflage, pp. 44–135, Carl Hanser Verlag, München.

Rechinger K. H. (1964): Genus *Salix* L. – In: Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Valentine D. H., Walters S. M. & Webb D. A. [eds.]: *Flora Europaea*, Volume 1 *Lycopodiaceae* to *Platanaceae*, pp. 43-54, Cambridge University Press, Cambridge – New York – Port Chester – Melbourne – Sydney.

Reisch CH., Schurm S. & Poschold P. (2007): Spatial genetic structure and clonal diversity in an alpine population of *Salix herbacea* (*Salicaceae*). – *Annals of Botany* 99: 647-651.

Salick J. et Pfeffer E. (1999): The interplay of hybridization and clonal reproduction in the evolution of willows. Experiments with hybrids of *S. eriocephala* [R] & *S. exigua*[X] and *S. eriocephala* & *S. petiolaris* [P]. – *Plant Ecology* 141: 163-178.

Stamati K., Hollingsworth P. M. et Russell J. (2007): Patterns of clonal diversity in three species of sub-arctic willow (*Salix lanata*, *Salix lapponum* and *Salix herbacea*). – *Plant Systematics and Evolution* 269: 75-88.

Stevens P. F. (2001): Angiosperm phylogeny website. Version 10, June 2008. – Missouri Botanical Garden.

(dostupné na <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APWeb>, přístup 11. 7. 2010)

Šimíček V. (1978): *Salix phyllicifolia* L. – *Lesnická Práce*, 57 (2): 96.

Šourek J. (1969): Květena Krkonoš. Český a polský Krkonošský národní park. Academia, Praha.

Štursa J. (2000): Mapa aktuální nelesní vegetace Krkonoš (potřeby, možnosti, realizace) – *Opera Corcontica*, 37: 378-384.

Štursa J., Kwiatkowski P., Harčarik J., Zahradníková J. et Krahulec F. (2009): Černý a červený seznam cévnatých rostlin Krkonoš. – *Opera Corcontica* 46: 67-104.

Zahradníková J. (1994): Sledování dvou ohrožených krkonošských vrb. [Two selected species of the mountain willows]. – In: Štursa J. et Marková J. [red.]: *Ročenka/Year-book 1993*, 1993:46, ed. Správa Knapu, Vrchlabí.

Zahradníková J. (1998): Jaký bude další osud dvou vzácných druhů květeny Krkonoš? [Vrba dvoubarvá – *Salix bicolor*, koniklec jarní – *Pulsatilla vernalis* var. *alpestris*]. – Krkonoše, Vrchlabí, 31/10: 4-5.

Zahradníková J. (2006): Vrba dvoubarvá (*Salix bicolor*) ochrana a rekonstrukce porostu ve Sněžném žlabu, kultivace ex situ. – In: Drahný R. [red.]: Ročenka 2006, pp. 45-46, ed. Správa KRNAPu, Vrchlabí.

Zahradníková J. et Vašina V. (1996): Stav populace vrby dvoubarvé (*Salix bicolor* Willd.) v Krkonoších. [Population of *Salix bicolor* Willd. In the Krkonoše Mts.] – In: Vacek S. [red.]: Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území KRNAP. Mezinár. Konfer. V Opočně 15.–17. 1996, pp. 330-334, 1 tab., ed. VÚLHM, Správa KRNAP, ČZU, Nár. Lesn. Komit., Opočno.

Zander M. (1996): Zur genetischen Identifizierung der *Salix bicolor* EHRH. ex WILLD. – Vorkommen vom Brocken, Mitt. florist. Kart. Sachsen-Anhalt, 1: 31-37.

Zmarzty S. (2007): Flora da reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Flacourtiaceae – *Rodriguésia*, 58 (3): 664-694.

8 Přílohy

Příloha 1 Ukázka biotopů vrby dvoubarvé (*Salix bicolor*) v Krkonoších



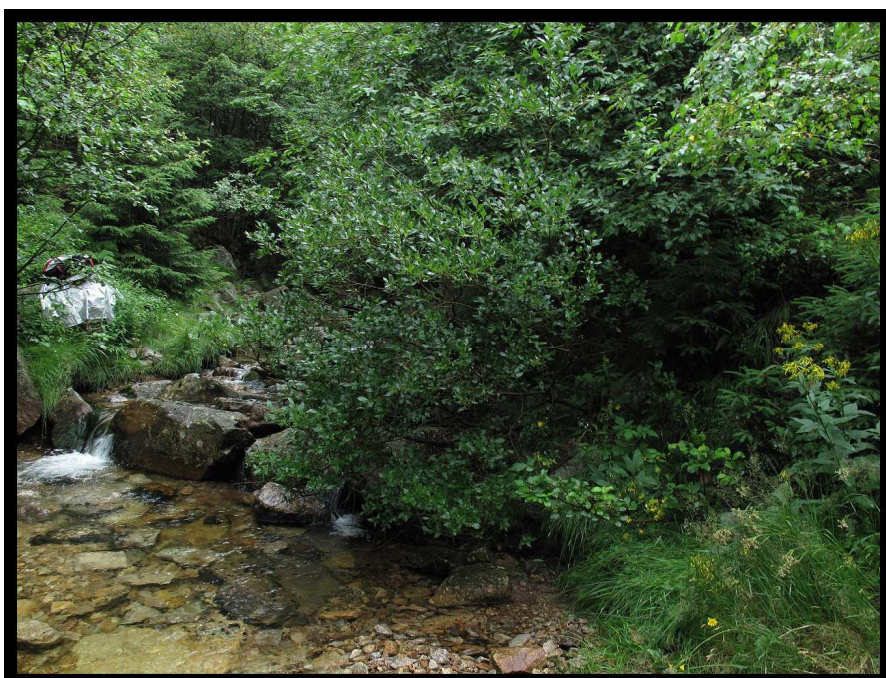
Obrázek 5 Sněhový žlab v Úpské jámě



Obrázek 6 Polykormon vrby dvoubarvé ve Sněhovém žlabu



Obrázek 7 Malý keřík vrby dvoubarvé na prameništi ve Sněhovém žlabu



Obrázek 8 Výsadba vrby dvoubarvé pod Dolním Úpským vodopádem

Příloha 2 Srovnání morfologie *Salix bicolor*, *Salix schraderiana* a *Salix basaltica*



Obrázek 9 Herbářová položka *Salix bicolor*



Obrázek 10 Herbářová položka *Salix schraderiana*



Obrázek 11 Herbářová položka *Salix basaltica*