

School of Doctoral Studies in Biological Sciences

University of South Bohemia in České Budějovice

Faculty of Science



Ecology and genetic diversity of *Gentiana pannonica* populations in different geographical and habitat scales

Ph.D. Thesis

Mgr. Ester Ekrťová

Supervisor: Ing. Milan Štech Ph.D.
Department of Botany, Faculty of Science, University of South
Bohemia in České Budějovice

České Budějovice 2012

This thesis should be cited as:

Ekrťová E., 2012: Ecology and genetic diversity of *Gentiana pannonica* populations in different geographical and habitat scales. Ph.D. Thesis Series, No. 15. University of South Bohemia, Faculty of Science, School of Doctoral Studies in Biological Sciences, České Budějovice, Czech Republic, 222 pp.

Annotation

The thesis focused to population ecology and genetics of subalpine species *Gentiana pannonica*. Pollination ecology of species and generative reproduction in different habitat (primary vs. secondary) were investigated in the field. Genetic variation and structure of *G. pannonica* populations were studied in three disjunct parts of its distribution range: the Eastern Alps, the Bohemian Forest, and the Giant Mts. Present distribution of *G. pannonica* in the central part of the Bohemian Forest were processed.

Declaration [in Czech]

Prohlašuji, že svoji disertační práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice 10. 9. 2012

Mgr. Ester Ekrťová

Financial support

The research presented in the thesis was supported by grants from the Ministry of Education Youth and Sport of the Czech Republic (no. 1K03011, no. 6007665801, no. 0021620828, FRVŠ 1281/2002), Grant Agency of the Czech Academy of Sciences (no. 6141901), Grant Agency of University of South Bohemia (32/2007/P-PřF) and Mattoni Award during the years 2002–2004.

Acknowledgements [in Czech]

Je velmi mnoho těch, kterým patří můj dík za to, že tato práce spatřila světlo světa. Svému školiteli M. Štechovi děkuji za všechny rady a připomínky, které mi během práce poskytl, ale především za jeho lidský přístup, trpělivost a psychickou podporu, díky níž jsem práci nakonec dopsala.

Děkuji všem, kteří mě zasvětili do laboratorního světa molekulárních analýz. M. Sobotkové jsem vděčná za první impulsy do mých „molekulárních začátků“. Hlavní dík patří Tomáši Férovi, Veronice Kučabové, Evě Rejzkové a ostatním z DNA laboratoře katedry botaniky PřF UK v Praze za možnost analyzovat vzorky na jejich pracovišti. Celý život budu vzpomínat na přátelské a velmi inspirativní pracovní prostředí, kde jsem strávila přerušovaně téměř dva roky života a díky němuž tato práce dospěla do finální podoby.

Petru Šmilauerovi děkuji za ochotu a mnoho neocenitelných rad při statistickém zpracování výsledků jak genetických analýz tak ekologických dat, Filipu Kolářovi za zasvěcení do vyhodnocení AFLP dat programem GeneMarker. J. Zahradníkové děkuji za sběr vzorků v Krkonoších.

Velký dík patří mé rodině a přátelům, Liborovi za roky pomoci v terénu a dohled nad korekturou textů. Mamince děkuji za to, že po celou dobu mého studia byla mojí neochvějnou oporou a všestranně mě vždy podporovala. J. Plunderové a Hance vděčím za opatrování naší Sáry, protože bez jejich pomoci bych už nikdy nenašla čas práci dokončit. Honzovi Košnarovi děkuji za všechny trpělivé a podrobné opravy textů, krásné obrázky, za nápady a pomoc při statistickém zpracování výsledků a hlavně za psychickou podporu v mnoha těžkých chvílích.

Děkuji také šumavskému Národního parku, za povolení k opakovanému potulování v prvních zónách a poskytnutí střechy nad hlavou.

List of papers and authors' contributions

- I. Hofhanzlová E. & Křenová Z. (2007): Pollination strategy and reproductive success of *Gentiana pannonica* in a natural population. – *Silva Gabreta* 13(2): 83–94.
E. Ekrťová (Hofhanzlová) performed the field experiments, collected and analyzed data and wrote the draft of the manuscript and edited comments of the co-author. Z. Křenová participated to establishment of pollination experiment and contributed to manuscript writing.
- II. Hofhanzlová E. & Fér T. (2009): Genetic variation and reproduction strategy of *Gentiana pannonica* in different habitats. – *Flora* 204: 99–110. (IF = 1.639)
E. Ekrťová (Hofhanzlová) collected samples and other data in the field, performed molecular analyses, analysed data and wrote the draft of the manuscript and edited comments of the co-author. T. Fér participated to data analyses and contributed to manuscript writing.
- III. Ekrťová E., Štech M. & Fér T. (2012): Pattern of genetic differentiation in *Gentiana pannonica* Scop.: did subalpine plants survive glacial events at low altitudes in Central Europe? – *Plant Systematics and Evolution* 298(7): 1383–1397. (IF = 1.335)
E. Ekrťová collected samples in the field, performed molecular analyses (AFLP), analysed data and wrote the draft of the manuscript and edited comments of the co-authors. M. Štech performed analysis of cpDNA, participated to samples collections and contributed to manuscript writing, T. Fér participated to data analyses and manuscript writing.
- IV. Ekrťová E. & Košnar J. (accepted): Habitat-related variation in seedling recruitment of *Gentiana pannonica*. – *Acta Oecologica*. (IF = 1.570)
E. Ekrťová performed the field experiments and collected and analyzed data from them and wrote the draft of the manuscript and edited comments of the co-author. J. Košnar participated to data analyses and contributed to manuscript writing.
- V. Ekrťová E.: Co se můžeme dozvědět o historii výskytu *Gentiana pannonica* v centrální oblasti Šumavy z jeho současného rozšíření, stanovištních vazeb a historického využívání krajiny. (manuscript)

Contents

| | |
|---|-----|
| General introduction..... | 1 |
| Paper I | |
| Pollination strategy and reproductive success of <i>Gentiana pannonica</i> in a natural population | 23 |
| Paper II | |
| Genetic variation and reproduction strategy of <i>Gentiana pannonica</i> in different habitats | 47 |
| Paper III | |
| Pattern of genetic differentiation in <i>Gentiana pannonica</i> Scop.: did subalpine plants survive glacial events at low altitudes in Central Europe? | 79 |
| Paper IV | |
| Habitat-related variation in seedling recruitment of <i>Gentiana pannonica</i> | 117 |
| Paper V | |
| Co se můžeme dozvědět o historii výskytu <i>Gentiana pannonica</i> v centrální oblasti Šumavy z jeho současného rozšíření, stanovištních vazeb a historického využívání krajiny. | 151 |
| Conclusions | 211 |
| Appendix – Professional Curriculum Vitae | 215 |



General Introduction

General introduction

Population biology and genetics of rare species is popular and widespread field of study for the last two decades. Rarity of plant species is a quite relative term, as population size varies in space and time. It is the result of complex interactions among the life-traits of particular species, habitat history of their populations, and local environmental conditions (Barrett & Kohn 1991). Rabinowitz (1981) clarified the concept of rarity by pointing out that „rare“ may mean narrow geographical range, narrow habitat specialization, low local population densities, or any combination of these. At present, rare species are closely linked to threatened or endangered taxa, but rare species may or may not be threatened or endangered. Fundamental difference among “sparse” species is related to historical context of their rarity. Rare species may be classified as “old rare” and “new rare” species according their habitat and populations history (Huenneke 1991). Specific differences between them are discussed below.

Investigation of ecological and genetic sources and implications of all types of rarity is crucial for understanding population ecology or habitat history of rare species and can contribute to their conservation in future.

„New rare“ species – epidemic of the rarity due to modern life

Group of “new rare” species is quite well defined. It involves the species that were formerly much more common in a particular area, but their populations became smaller, less abundant, and more isolated due to human activities in the last decades or centuries (Huenneke 1991).

Western and Central Europe are the typical model areas for studying processes of arise of “new rare” species. Thousands years of traditional agriculture and other human activities diversified landscape finely and left there varied mosaic of habitats and plant communities. Decrease of population size and extinction of many populations of formerly more common species was caused by changes in traditional land use. Two opposite trends have played a key role. First, farming and forestry was intensified and natural and semi-natural habitats were transformed to large intensively managed meadows, fields, or forest plantations. Second, low-productive and difficult accessible sites very often become

abandoned and allowed to undergo natural succession (Rybníček & Rybníčková 1974). Both the scenarios caused the alteration, fragmentation, or even disappearance of many habitats. The plant species confined to such habitats thus became strongly reduced in population size and their populations are today much more isolated from each other than in the past.

For example, Czech Red list of the vascular plants (Holub & Procházka 2000) have comprised 1623 taxa (60% of the total taxa in the Czech Republic) and a significant proportion of these taxa represent species that were widely distributed in the past. Other countries of Western and Central Europe have recorded similar problems. Especially, annual, bienial, or short-perennial species with low competitive ability and occupying low productive semi-natural meadows, wetlands, pastures, and early successional stages have become rare and then threatened or endangered (Fischer & Matthies 1998b, Matthies et al. 2004).

These species need not to be tied to a special habitat or substrate. Instead, they usually require suitable conditions for survival and generative reproduction, such as safe microhabitats with low level of competition, moderate disturbances (e.g. due to regular mowing or grazing), or gaps for seedlings regeneration (Lennartsson 2000).

For instance, *Gentianella praecox* subsp. *bohemica* represents typical “new rare” species of the Bohemian Massif. This formerly common species retreated dramatically in the second half of the last century due to destruction or abandonment of pastures and now it is close to extinction (Brabec 2010, Bucharová et al. 2012).

Thank to conservation effort, a range of studies has been focused on population biology and genetics of many “new rare” and threatened or endangered species (Fischer & Matthies 1997, 1998a, 1998b, Lennartsson 2000, Schmidt & Jensen 2000, Vange 2002, Bucharová et al. 2012).

„Old rare“ species – consequences of history of isolation, migration, and survival

“Old rare” species are the species that are naturally rare in a specific area, occurring in small, isolated populations (sensu Huenneke 1991). To correctly understand the status of such species, we need to investigate the history of their populations using evidence from population genetics as

well as from biogeography, ecology, and vegetation science (Pott 1995). Thus, “old rare” species include several various types of species, whose history, ecology, and biogeography is considerably different.

First, the typical “old rare” species can be narrow endemics. Long-time isolation (e.g. Quaternary climatic oscillations) of small number of populations tied to restricted area led to the development of new species with narrow distribution area (Martín et al. 1997, Jiménez et al. 2002, Essl et al. 2009, Bacchetta et al. 2011). Narrow endemic species are also often tied to a special and rare type of substrate, e.g. serpentine (Essl et al. 2009).

The second type of naturally rare species is formed by a heterogeneous group of relicts. These include (1) tertiary relicts, (2) glacial relicts, and (3) postglacial relicts. In Europe, the tertiary relicts are mainly represented by the taxa tied to humid oceanic climate and occurring in the vegetation of temperate rain forest, such as *Woodwardia radicans*, *Prunus laurocerasus* or *Rhododendron ponticum* (Manton et al. 1986, Mejías et al. 2002).

The glacial relicts represent wide set of light-demanding species. Historically the most widespread species adapted to open landscape and cold climate of Late Glacial were restricted by climate amelioration and forest expansion during Holocene to alpine and subalpine habitats in several mountain ranges. They are therefore present in more or less separated orographic islands (Mráz et al. 2007). Alternatively, some of them survived in primary forest-free habitats below timberline (Gaudeul et al. 2000, Reisch et al. 2003, Hájek et al. 2009).

Whereas biogeography of alpine and arctic-alpine species was intensively studied for last decade (Stehlik et al. 2002; Tribsch & Schönswetter 2003, Schönswetter et al. 2006a, Ronikier et al. 2008). The studies focused on ecology, population biology, and biogeography of heliophilous species tied to primary or secondary habitats in lower altitudes were much less frequent (but see Reisch et al. 2003, Michl et al. 2010).

In non-glaciated areas of Central Europe, steppe species may be regarded as glacial relicts as well. Late-glacial pollen spectra from the Bohemian Massif suggest an open landscape with steppe, tundra, or a mosaic of both, with only slight differences depending on altitude (Kuneš et al. 2008). Steppe species represent typical rare species of the Central

Europe today. Due to “recent” habitat alteration and fragmentation, these species often become threatened or endangered (Hensen et al. 2010).

Typical examples of the postglacial relicts are represented by species that immigrated to deglaciated areas soon after retreat of the last glaciation, in the beginning of Holocene. Subsequent forest expansion then caused the retreat of these light-demanding species to spatially restricted primary treeless habitats (Bylebyl et al. 2008, Hensen et al. 2010). However, in non-glaciated areas of Central Europe, occurrence and number of postglacial relicts is still open question. For instance, postglacial immigration has been supposed for heliophilous wetland species *Ligularia sibirica* (Šmídová et al. 2011). Nevertheless, this species could potentially survive in glacial landscape (Chytrý et al. 2008, 2010).

Genetic consequences of rarity and small population size

Although some rare plant species maintain large population sizes, a lot of them occur in small populations, often of decreasing numbers (Barrett & Kohn 1991). For few last decades, many studies focused on the question how genetic variation is structured in small populations (Ellstrand & Elam 1993, Booy et al. 2000, Frankham 2005, Honnay & Jacquemyn 2007). The influence of inbreeding and stochastic processes such as genetic drift, bottleneck, and founder events is discussed below.

Inbreeding, inbreeding depression and random genetic drift

Inbreeding is considered as the main genetic factor which threatens short-term survival of populations, while genetic drift is considered to be the main cause of the loss of genetic variation in the long term, thus threatening the adaptability of populations (Shaffer 1987). Harmful effect of inbreeding (inbreeding depression) may affect viability of small populations. However, presence or absence inbreeding depression in small population of wild plant species are influenced by several factors (Barrett & Kohn 1991).

Two theories concerning inbreeding depression result in different predictions of the relative tolerance of populations to inbreeding (Charlesworth & Charlesworth 1987). In the mutation–selection balance

theory, inbreeding depression is mainly the result of expression of deleterious recessive alleles (Wallace 1970). According to this theory, populations that have been small for a long period of time may exhibit lower levels of inbreeding depression than formerly large populations due to purging of deleterious alleles. This supports the assumption that “new rare” species are more vulnerable to demographic, environmental, and genetic stochasticity than the “old rare” species (Huenneke 1991, Menges 1991, Rasmussen & Kollmann 2004). In the overdominance theory, inbreeding depression comes up due to the lack of superior heterozygotes and thus increasing frequency of homozygous genotypes. As a result, small populations may suffer from greater inbreeding depression compared to large ones because there is reduced effectiveness of selection relative to genetic drift (Charlesworth & Charlesworth 1987, Booy et al. 2000).

Inbreeding depression may affect the decrease of values of fitness-related traits such as number/ratio of viable seed, seed weight, rate of germination, survival of seedlings, seedling weight, number of flowers or inflorescences, number of fruits, or pollen germination. Generally, the degree of inbreeding depression may also depend on environmental factors, mode of pollination and reproduction, and on the stage in the plant life cycle (Charlesworth & Charlesworth 1987, Barrett & Kohn 1991, Frankham 2005).

Effects of population history on genetic diversity (bottleneck and founder effect)

A bottleneck is a great reduction in the number of individuals of a species or population connected with certain place and time. Population bottleneck usually refer to some environmental changes or “catastrophe” such as glaciation in Quaternary, forest expansion in Holocene, but also events at small scales. Bottleneck may or may not be associated with genetic changes usually accompanied by significant loss of genetic diversity (Barrett & Kohn 1991, Sun 1997, Booy et al. 2000). For instance, populations of light-demanding species occurring in the alpine or subalpine habitats displayed higher within-population genetic diversity than the populations from primary forest-free sites below timberline. Due to forest expansion in Holocene, populations tied to habitats below

timberline were reduced much more than above timberline (Gabrielsen et al. 1997). Similar differences were revealed among the populations founded by postglacial migrations and their “source” populations coming from non-glaciated areas (Van Rossum & Prentice 2004, Reisch 2008).

In addition to bottleneck, founder effect may important too. Founder effect refers to the establishment of a new population by a few original individuals, founders, which carry only a small fraction of the total genetic variation of the parental population (Mayr 1963). These processes may be responsible for lower genetic diversity in the populations at the edges of overall species distribution range compared to the populations from the centre of distribution (Schönswetter et al. 2006b).

Severe bottlenecks and founder events in the past could have a large effect on the current level of genetic diversity in populations and together with the effects of genetic drift may lead to genetic divergence and increasing genetic differentiation among populations, and eventually to speciation (Barrett & Kohn 1991, Booy et al. 2000, Dittbrenner et al. 2005, Huenneken 1991).

Despite well-developed theoretical models to predict the effects of bottlenecks on genetic diversity, empirical research of this phenomenon, especially in wild populations, is very limited. It is caused by a lack of knowledge about the evolutionary history of most plant species (Booy et al. 2000).

A loss of genetic variation and fitness of populations

It is generally assumed that genetic variability is related to a population’s ability to survive stochastic threats such as disturbance or pathogens. As mentioned above, inbreeding, genetic drift, bottleneck, and founder effect lead to the loss of genetic diversity in small populations and loss of genetic variation is often associated with reduction of reproductive fitness (Barrett & Kohn 1991, Huenneken 1991, Booy et al. 2000, Frankham 2005). For this reason, small populations should display lower level of genetic variability than large ones and the cases of fitness deterioration should be more frequent in them (Leimu et al 2006). Important differences in sensitivity to loss of genetic variation between outcrossing and selfing species are discussed below.

Susceptibility to loss of genetic variation may be affected by population history. It seems that species formally distributed in large populations (“new rare” species) are more sensitive to a reduction in genetic variation than “old rare” species. It is a result of a fast restriction in their distribution or population size compared with naturally rare species occurring in small populations for a long time (Huenneke 1991, Lutz et al. 2000). For instance, population size and level of genetic variation of *Gentiana pneumonathe* are strongly positively correlated with offspring fitness (Oostermeijer et al. 1994, 1998); other studies confirmed a similar trend (Fischer & Matthies 1997, 1998a, Schmidt & Jensen 2000, Dittbrenner et al. 2005, Hensen & Wesche 2006).

However, a causal relationship between loss of genetic variation, population size and fitness reduction in small populations is still discussed. Particularly, a lot of studies focused on genetic population structure confirmed neither correlation between estimated population size and gene diversity (Wroblewska et al. 2003, Bachman & Hensen 2007, Bylebyl et al. 2008, Hensen et al. 2009) nor between gene diversity and fitness parameters (Bachman & Hensen 2007, Peterson et al. 2008).

Genetic dissimilarity can be counteracted by the immigration of genetic material, such as seeds, vegetative parts, or pollen from other populations (Kwak et al. 1998, Frankham 2005). Also life traits, duration of isolation and habitat history can significantly affect loss of genetic variability and occurrence of fitness deterioration in small and isolated populations of rare species.

Effects of mating and reproduction system on pattern of genetic diversity of populations

The mating system, mode of reproduction, and life expectancy play a key role in forming patterns of genetic variability. A lot of studies indicated that obligately or mainly outcrossing, wind-pollinated, and long-lived species tend to have higher levels of within-population genetic diversity than self-pollinated, annual, or short-lived ones (Gabrielsen et al. 1997; Martín et al. 1997, Nybon & Bartish 2000, Jiménez et al. 2002, Segarra-Moragues & Catalán 2003, Schönswetter et al. 2006a, Michl et al. 2010, Šmídová et al. 2011). On the other hand, in selfing species, a larger proportion of genetic diversity should be partitioned among the

populations (Hamrick & Godt 1989, Nybon & Bartish 2000, Holderegger & Schneller 1994, Hensen et al. 2009).

In addition, the sensitivity to negative consequences of small population size differs between species with various mating systems. Obligate or mainly outcrossing species are more vulnerable to the loss of genetic variation due to habitat fragmentation than self-compatible species (Leimu et al. 2006). Decrease of habitat sizes and isolation of them often cause extreme reduction in population size. This will result in more mating between closely related individuals, and populations of outcrossers may then suffer from homozygotation, loss of allelic variation, and inbreeding depression (Charlesworth & Charlesworth 1987, Booy et al. 2000, Honnay & Jacquemyn 2007). Selfing plant species generally suffer less from inbreeding depression than outcrossers (which is consistent with purging of deleterious alleles) and may not have an influence on heterozygosity, but can cause only a major loss of allelic variation (Barrett & Kohn 1991).

On the other hand, simple ecological reasons may cause higher sensitivity for habitat fragmentation and small population size in outcrossing species, especially in those formerly found in large populations. Small plant populations may become too inconspicuous or too isolated to attract pollinating insects. Increasing fragmentation may be therefore directly translated into reduced pollinator activity and then reduced reproductive fitness (Byers 1995, Kwak 1988, Kwak et al. 1998, Spira & Pollak 1986, Kwak & Jennersten 1991, Peterson et al. 2008).

Despite the findings that longevity does not affect the population genetic response to fragmentation (Honnay & Jacquemyn 2007), several present studies indicate that pattern of genetic diversity within and among populations may be substantially influenced by life expectancy (long-lived perennials vs. annual or short-lived species), frequency of generative reproduction, or duration of generation time (Lutz et al. 2000, Jiménez et al. 2002, Šmídová et al. 2011). Longevity (and especially prolonged clonal growth) may also mitigate the loss of genetic diversity because it extends the time between generations and therefore moderates the loss of alleles through genetic drift (Young et al. 1996, Honnay & Bossuyt 2005). Changes in the gene pool of populations arise due to mutations on the time scale of hundreds to thousands of generations (Booy et al. 2000). It follows that genetic differentiation on populational

level requires substantially shorter time period to occur in the annual and short-lived species than in the perennial species with long generation time.

Some of the rare long-lived perennial or clonal species restricted to small and isolated populations can display a pattern of the genetic variability that is otherwise typical for large populations and indicates rather extensive gene flow. Possible explanation is that the isolation of populations and decrease of their size were in these species actually encountered by few generations only and thus cannot be yet reflected in the genetic structure (Gaudel et al. 2000, Reisch et al. 2003, Segarra-Moragues 2003, Šmídová et al. 2011).

***Gentiana pannonica* – a model example of “old rare” species**

This thesis is focused on ecology, reproduction strategy, and population genetics of rare subalpine species *Gentiana pannonica* Scop. (*Gentianaceae*) in three parts of its disjunct distribution range – the Eastern Alps, the Bohemian Forest, and the Giant Mountains.

Gentiana pannonica is a long-lived hemicryptophyte, which spreads mainly by clonal growth and creates large polycormons (Klimeš et al. 1997). It represents the typical “old rare” species of the Central Europe. The centre of its distribution is situated in the Eastern Alps. In Southern and Central Alps species occurs very rarely. Apart from the Alps, *G. pannonica* occurs also in the Bohemian Forest and the Giant Mts. (Krist 1933, Procházka 1961, Hegi 1975). The populations from the Giant Mts. have an unclear status but are usually considered to be introduced during the World War II (Procházka 1961, Klášterský 1961). In the Bohemian Forest, *Gentiana pannonica* is considered as a typical example of subalpine glacial relict (Procházka & Štech 2002).

G. pannonica occupies relatively wide range of habitats. In the Eastern Alps and the Giant Mts., it is confined to the subalpine belt (elevations ranging from 1300 to 2300 m a. s. l.), where it grows in the grasslands and scrubs on either calcareous or siliceous bedrock (Krist 1933, Procházka 1961, Hegi 1975). In the Bohemian Forest, with missing subalpine zone, *G. pannonica* occupies primary tree-less habitats in the cirques of glacial lakes or on the banks of streams and also occurs in the secondary mountain meadows (Procházka & Štech 2002).

The character and the history of habitats of *G. pannonica* differ substantially throughout the part of its distribution area studied in this thesis. The Eastern Alps and the Bohemian Forest were historically connected by a migration route that was disrupted for heliophilous species by postglacial forest expansion during the Holocene (Skalický 1998). The importance of stochastic processes must have been considerably stronger in the Bohemian Forest, completely covered by forest even at the highest altitudes during the Holocene climatic optimum, than in the mountain ranges with continuously persisting subalpine zone, such as the Alps. On the other hand, medieval deforestation of large areas in the Bohemian Forest created numerous mountain hay meadows and pastures, and *G. pannonica* was allowed to expand into these secondary habitats (Prach et al. 1996, Procházka & Štech 2002).

In the last 200–300 years, populations of *G. pannonica* were affected by picking and using the gentian roots as remedies or for preparation of alcoholic drinks; some localities could have been destroyed due to this use. On the other hand, the species was sometimes probably intentionally planted close to the settlements of mountain-dwellers (Krist 1933, Procházka & Štech 2002).

Today, especially in the primary habitats of the Eastern Alps and the Bohemian Forest, *G. pannonica* is a relatively rare species that currently survives in small populations. The species is quite common only in the secondary mountain meadows in the central part of the Bohemian Forest (Procházka 1961, Procházka & Štech 2002). The populations in the Giant Mts. are very small and mainly tied to primary habitats.

The geographical disjunction of populations, differences among habitats, history of populations, and dramatic changes in population sizes are expected to be the main forces that formed and influenced genetic diversity and reproduction strategies in *G. pannonica*.

Aims of the thesis

The thesis concerns to population biology of rare species *Gentiana pannonica* and was focused on three main objectives. First, selected biological traits of *G. pannonica*, specifically pollination strategy and factors limiting generative reproduction were studied. Second, genetic diversity of *G. pannonica* populations using two types of dominant DNA

markers (RAPD/AFLP) were investigated in three disjunct part of distribution. And third, revision of recent distribution of *G. pannonica* populations in the central part of the Bohemian Forest was carried out and questions about their history were addressed.

The set of studies attempted to answer the following questions: (1) What factors limited the generative reproduction of *G. pannonica*? (2) Is the genetic differentiation related to the geographical distance of *G. pannonica* populations? (3) Are there differences in the genetic structure between native populations (those in the Alps and Bohemian Forest) and the presumably introduced population in the Giant Mts. (4) Is the pattern of intrapopulation diversity correlated with population size, habitat type, and habitat history? (5) What habitats are tied to *G. pannonica*? (6) What types of habitats was critical for survival during forest period in Holocene in the central part of the Bohemian Forest? and (7) How important was human activities on recent distribution of *G. pannonica* in central part of the Bohemian Forest.

References

- Bacchetta G., Fenu G., Mattana E., Zecca G., Grassi F., Casazza G. & Minuto L. (2011): Genetic variability of the narrow endemic *Rhamnus persicifolia* Moris (Rhamnaceae) and its implications for conservation. – *Biochemical Systematics and Ecology* 39: 477–484.
- Bachmann U. & Hensen I. (2007): Is declining *Campanula glomerata* threatened by genetic factors? – *Plant Species Biology* 22:1–10.
- Barrett S. C. H. & Kohn J. R. (1991): Genetics and evolutionary consequences of small population size in plants: implication for conservation, pp. 3–30. – In: Falk D. A. & Holsinger K. E. [eds], *Genetics and conservation of rare plants*, Oxford University Press, New York.
- Booy G., Hendriks R. J. J., Smulders M. J. M., Van Groenendael J. M. & Vosman B. (2000): Genetic diversity and the survival of populations. – *Plant Biology* 2: 379–395.
- Brabec J. (2010): Záchraný program hořečku mnohotvarého českého (*Gentianella praecox* subsp. *bohemica*) v České republice. – Ms. [Agentura Ochrany Přírody a Krajiny ČR, Praha].
- Bucharová A., Brabec J. & Münzbergová Z. (2012): Effect of land use and climate change on the future fate of populations of an endemic species in central Europe. – *Biological Conservation* 145(1): 39–47.
- Byers D. L. (1995): Pollen quantity and quality as explanations for low seed set in small populations exemplified by *Eupatorium* (Asteraceae). – *American Journal of Botany* 82: 1000–1006.
- Bylebyl K., Poschlod P. & Reisch C. (2008): Genetic variation of *Eryngium campestre* L. (Apiaceae) in Central Europe. – *Molecular Ecology* 17: 3379–3388.
- Charlesworth D. & Charlesworth B. (1987): Inbreeding depression and its evolutionary consequences. – *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 237–268.
- Chytrý M., Danielka J., Horsák M., Kočí M., Kubešová S., Lososová Z., Otýpková Z., Tichý L., Martynenko V. B. & Baisheva E. Z. (2010): Modern analogues from the Southern Urals provide insights into

- biodiversity change in the early Holocene forests of Central Europe. – *Journal of Biogeography* 37: 767–780.
- Chytrý M., Danielka J., Kubešová S., Lustyk P., Ermakov N., Hájek M., Hájková P., Kočí M., Otýpková Z. & Roleček J. et al. (2008): Diversity of forest vegetation across a strong gradient of climatic continentality: Western Sayan Mountains, southern Siberia. – *Plant Ecology* 196: 61–83.
- Dittbrenner A., Hensen I. & Wesche K. (2005): Genetic structure and random amplified polymorphic DNA diversity of the rapidly declining *Angelica palustris* (Apiaceae) in Eastern Germany in relation to population size and seed production. – *Plant Species Biology* 20: 191–200.
- Ellstrand N. C. & Elam D. R. (1993): Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation. – *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 217–242.
- Essl F., Staudinger M., Stöhr O., Schrott-Ehrendorfer L., Rabitsch W. & Niklfeld H. (2009): Distribution patterns, range size and niche breadth of Austrian endemic plants. – *Biological Conservation* 142(11): 2547–2558.
- Fischer M. & Matthies D. (1997): Mating structure, inbreeding depression and outbreeding depression in the rare plant *Gentianella germanica* (Gentianaceae). – *American Journal of Botany* 82: 1685–1692.
- Fischer M. & Matthies D. (1998a): RAPD variation in relation to population size and plant fitness in the rare *Gentianella germanica* (Gentianaceae). – *American Journal of Botany* 85(6): 811–819.
- Fischer M. & Matthies D. (1998b): Experimental demography of the rare *Gentianella germanica*: seed bank formation and microsite effects on seedling establishment. – *Ecography* 21: 269–278.
- Frankham R. (2005): Genetics and extinction. – *Biological Conservation* 126: 131–140.
- Gabrielsen T. M., Bachmann K., Jakobsen K. S. & Brochmann C. (1997): Glacial survival does not matter: RAPD phylogeography of Nordic *Saxifraga oppositifolia*. – *Molecular Ecology* 6: 831–842.
- Gaudeul M., Taberlet P. & Till-Bottraud I. (2000): Genetic diversity in a endangered alpine plant, *Eryngium alpinum* L. (Apiaceae), inferred from

- amplified fragment length polymorphism markers. – *Molecular Ecology* 9: 1625–1637.
- Hájek M., Hájková P., Apostolova I., Horsák M., Plášek V., Shaw B. & Lazarova M. (2009): Disjunct occurrences of plant species in the refugial mires of Bulgaria. – *Folia Geobotanica* 44(4): 365–386.
- Hamrick J. L. & Godt M. J. W. (1989): Allozyme diversity in plant species, pp. 43–63. – In: Brown A. H. D., Clegg M. T., Kahler A. L. & Weir B. S. [eds], *Plant population genetics, breeding and genetic resources*, Sinauer, Sunderland, MA.
- Hegi G (1975): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Band V, Teil 3. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- Hensen I. & Wesche K. (2006): Population size affects plant fitness in the rare *Dictamnus albus* in Central Germany. – *Biodiversity and Conservation* 15: 2249–2261.
- Hensen I., Kilian C., Wagner V., Durka W., Pusch J. & Wesche K. (2010): Low genetic variability and strong differentiation among isolated populations of the rare steppe grass *Stipa capillata* L. in Central Europe. – *Plant Biology* 12(3): 526–536.
- Holderegger R. & Schneller J. J. (1994): Are small isolated populations of *Asplenium septentrionale* variable? – *Biological Journal of the Linnean Society* 51: 377–385.
- Holub J. & Procházka F. (2000): Red list of vascular plants of the Czech Republic – 2000. – *Preslia* 72: 187–230.
- Honnay O. & Jacquemyn H. (2007): Susceptibility of common and rare plant species to the genetic consequences of habitat fragmentation. – *Conservation Biology* 21(3): 823–831.
- Honnay, O. & Bossuyt B. (2005): Prolonged clonal growth: escape route or route to extinction? – *Oikos* 108: 427–432.
- Huenneke L. F. (1991): Ecological implications of genetic variation in plant population, pp. 31–44. – In: Falk D. A. & Holsinger K. E. [eds], *Genetics and conservation of rare plants*, Oxford University Press, New York.
- Jiménez J. F., Sánchez-Gomez P., Güemes J., Werner O. & Rosselló J. A. (2002): Genetic variability in a narrow endemic snapdragon (*Antirrhinum*

- subbaeticum*, Scrophulariaceae) using RAPD markers. – *Heredity* 89: 387–393.
- Klásterský I (1961): Florogenetische Elemente der Tschechoslowakei. – Sborník Národního Muzea v Praze 16B(3–4): 148–150.
- Klimeš L., Klimešová J., Hendriks R. & van Groenendael J. (1997): Clonal plant architectures: a comparative analysis of form and function, pp. 1–29. – In: de Kroon H. & van Groenendael J. [eds], *The ecology and evolution of clonal plants*, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Krist V. (1933): Hořce Československé republiky [Gentians of the Czechoslovakia]. – Sborník Klubu přírodovědeckého v Brně 16: 60–139.
- Kuneš P., Pelánková B., Chytrý M., Jankovská V., Pokorný P. & Petr L. (2008): Interpretation of the last-glacial vegetation of eastern-central Europe using modern analogues from southern Siberia. – *Journal of Biogeography* 35: 2223–2236.
- Kwak M. M., Velterop O. & Van Andel J. (1998): Pollen and gene flow in fragmented habitats. – *Applied Vegetation Science* 1: 37–54.
- Kwak M. M. (1988): Pollination ecology and seed set in the rare annual species *Melampyrum arvense* L. – *Acta Botanica Neerlandica* 37: 153–163.
- Kwak M. M. & Jennersten O. (1991): Bumblebee visitation and seed-set in *Melampyrum pratense* and *Viscaria vulgaris*: heterospecific pollen and pollen limitation. – *Oecologia* 86: 99–104.
- Leimu R., Mutikainen P., Koricheva J. & Fischer M. (2006): How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? – *Journal of Ecology* 94: 942–952.
- Lennartsson T. (2000): Management and population viability of the pasture plant *Gentianella campestris*: the role of interactions between habitat factors. – *Ecological Bulletin* 48: 111–121.
- Lutz E., Schneller J. J. & Holderegger R. (2000): Understanding population history for conservation purposes: Population genetics of *Saxifraga aizoides* (Saxifragaceae) in the lowlands and lower mountains north of the Alps. – *American Journal of Botany* 87(4): 583–590.

- Manton I., Lovis J. D., Vida G. & Gibby M. (1986): Cytology of the fern flora of Madeira. – *Bulletin of the British Museum Natural History, bot. ser.* 15(2): 123–161.
- Martín C., González-Benito M. E. & Iriondo J. M. (1997): Genetic diversity within and among populations of a threatened species: *Erodium paularense* Fern. Gonz. & Izco. – *Molecular Ecology* 6: 813–820.
- Matthies D., Bräuer I., Maibon W. & Tschaentke T. (2004): Population size and the risk of local extinction: empirical evidence from rare plants. – *Oikos* 105: 481–488.
- Mayr E. (1963): *Animal Species and Evolution*. – Harvard University Press, Cambridge.
- Mejías J. A., Arroyo J. & Ojeda F. (2002): Reproductive ecology of *Rhododendron ponticum* (Ericaceae) in relict Mediterranean populations. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 140: 297–311.
- Menges E. S. (1991): The application of minimum viable population theory to plants, pp. 45–61. – In: Falk D. A. & Holsinger K. E. [eds], *Genetics and conservation of rare plants*, Oxford University Press, New York.
- Michl T., Huck S., Schmitt T., Liebrich A., Haase P. & Büdel B. (2010): The molecular population structure of the tall forb *Cicerbita alpina* (Asteraceae) supports the idea of cryptic glacial refugia in central Europe. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 164: 142–154.
- Mráz P., Gaudeul M., Rioux D., Gielly L., Choler P., Taberlet P. & IntraBioDiv Consortium (2007): Genetic structure of *Hypochaeris uniflora* (Asteraceae) suggests vicariance in the Carpathians and rapid post-glacial colonization of the Alps from an eastern Alpine refugium. – *Journal of Biogeography* 34: 2100–2114.
- Nybom H. & Bartish I. V. (2000): Effects of life history traits and sampling strategies on genetic diversity estimates obtained with RAPD markers in plants. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 3(2): 93–114.
- Oostermeijer J. G. B., Luijten S. H., Křenová Z. V. & Den Nijs H. C. M. (1998): Relationships between population and habitat characteristics and reproduction of the rare *Gentiana pneumonanthe* L. – *Conservation Biology* 12: 1042–1053.

- Oostermeijer J. G. B., van Eijck M. W. & Den Nijs J. C. M. (1994): Offspring fitness in relation to population size and genetic variation in the rare perennial plant species *Gentiana pneumonanthe* (Gentianaceae). – *Oecologia* 97: 289–296.
- Peterson A., Bartish I. V. & Peterson J. (2008): Effects of population size on genetic diversity, fitness and pollinator community composition in fragmented populations of *Anthericum liliago* L. – *Plant Ecology* 198: 101–110.
- Pott R. (1995): The origin of grassland plant species and grassland communities in Central Europe. – *Phytosociologia* 29: 7–32.
- Prach K., Štech M. & Beneš J. (1996): Druhotné bezlesí – opomíjená složka biodiverzity Šumavy [Secondary grasslands – a neglected component of biodiversity in the Bohemian Forest]. – *Silva Gabreta* 1: 243–247.
- Procházka F. & Štech M. (2002): Komentovaný černý a červený seznam cévnatých rostlin české Šumavy. – Správa NP a CHKO Šumava & Eko-Agency KOPR, Vimperk.
- Procházka F. (1961): *Gentiana pannonica* Scop. v ČSSR [*Gentiana pannonica* Scop. in the Czechoslovakia]. – *Preslia* 33: 268–276.
- Rabinowitz D. (1981): Seven forms of rarity, pp. 205–218. – In: Synge H. [ed.], *The biological aspects of rare plant conservation*, Willey, New York.
- Rasmussen K. K & Kollmann J. (2004): Poor sexual reproduction on the distribution limit of the rare tree *Sorbus torminalis*. – *Acta Oecologica* 25: 211–218.
- Reisch C. (2008) Glacial history of *Saxifraga paniculata* (Saxifragaceae): molecular biogeography of a disjunct arctic-alpine species from Europe and North America. – *Biological Journal of the Linnean Society* 93: 385–398.
- Reisch C., Poschlod P. & Wingender R. (2003): Genetic variation of *Saxifraga paniculata* Mill. (Saxifragaceae): molecular evidence for glacial relict endemism in central Europe. – *Biological Journal of the Linnean Society* 80: 11–21.
- Ronikier M., Cieślak E. & Korbecka G. (2008): High genetic differentiation in the alpine plant *Campanula alpina* Jacq. (Campanulaceae): evidence for

- glacial survival in several Carpathian regions and long-term isolation between the Carpathians and the Alps. – *Molecular Ecology* 17: 1763–1775.
- Rybníček K. & Rybníčková E. (1974): The origin and development of waterlogged meadows in the central part of the Šumava foothills. – *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 9: 45–70.
- Schmidt K. & Jensen K. (2000): Genetic structure nad AFLP variation of remnant populations in the rare plant *Pedicularis palustris* (Scrophulariaceae) and its relation to population size and reproductive components. – *American Journal of Botany* 87: 678–689.
- Schönswetter P., Popp M. & Brochmann C. (2006a): Rare arctic-alpine species of the European Alps have different immigration histories: the snow bed species *Minuartia biflora* and *Ranunculus pygmaeus*. – *Molecular Ecology* 15: 709–720.
- Schönswetter P., Popp M. & Brochmann C. (2006b): Central Asian origin of and strong genetic differentiation among populations of the rare and disjunct *Carex atrofusca* (Cyperaceae) in the Alps. – *Journal of Biogeography* 33: 948–956.
- Segarra-Moragues J. G. & Catalán P. (2003): Life history variation between species of the relictual genus *Borderea* (Dioscoreaceae): phylogeography, genetic diversity, and population genetic structure assessed by RAPD markers. – *Biological Journal of the Linnean Society* 80: 483–498.
- Shaffer M. L. (1987): Minimum viable populations: coping with uncertainty, pp. 69–86. – In: Soulé M. E. [ed.], *Viable populations for conservation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Skalický V (1998): Fytogeografický rozbor květeny Šumavy a přilehlých území [Phytogeographical analysis of flora of the Bohemian Forest and adjacent areas]. – *Zprávy České Botanické Společnosti* 32: 117–121.
- Šmídová A., Münzbergová Z. & Plačková I. (2011): Genetic diversity of a relict plant species, *Ligularia sibirica* (L.) Cass. (Asteraceae). – *Flora* 206(2): 151–157.
- Spira T. P. & Pollak O. D. (1986): Comparative reproductive biology of alpine biennial and perennial gentians (*Gentiana*: Gentianaceae) in California. – *American Journal of Botany* 73: 39–47.

- Stehlik I., Blattner F. R., Holderegger R. & Bachmann K. (2002): Nunatak survival of the high Alpine plant *Eritrichium nanum* (L.) Gaudin in the central Alps during the ice ages. – *Molecular Ecology* 11: 2027–2036.
- Sun M. (1997): Genetic diversity in three colonizing orchids with contrasting mating systems. – *American Journal of Botany* 84: 224–232.
- Tribsch A. & Schönswetter P. (2003): Patterns of endemism and comparative phylogeography confirm palaeo-environmental evidence for Pleistocene refugia in the Eastern Alps. – *Taxon* 52: 477–497.
- Van Rossum F. & Prentice H. C. (2004): Structure of allozyme variation in Nordic *Silene nutans* (Caryophyllaceae): population size, geographical position and immigration history. – *Biological Journal of the Linnean Society* 81: 357–371.
- Vange V. (2002): Breeding system and inbreeding depression in the clonal plant species *Knautia arvensis* (Dipsacaceae): implications for survival in abandoned grassland. – *Biological Conservation* 108: 59–67.
- Wallace B. (1970): Genetic load: its biological and conceptual aspects. – Engelwood Cliffs, Prentice-Hall.
- Wroblewska A., Brzosko E., Czarnecka B. & Nowosielski J. (2003): High levels of genetic diversity in populations of *Iris aphylla* L. (Iridaceae), an endangered species in Poland. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 142: 65–72.
- Young A. G., Boyle T. & Brown A. H. D. (1996): The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. – *Trends in Ecology and Evolution* 11: 413–418.



I.
Pollination strategy and reproductive success of
***Gentiana pannonica* in a natural population**

Silva Gabreta 13(2): 83–94.

Pollination strategy and reproductive success of *Gentiana pannonica* in a natural population

Ester Hofhanzlová¹ & Zdeňka Křenová¹

¹ Department of Botany, University of South Bohemia, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic, ester.hofhanzlova@centrum.cz

Podíl studenta na publikaci je 80%

ABSTRACT

The effects of different pollination treatments (open-pollination, cross-pollination without emasculation, cross-pollination with emasculation, manual self-pollination, spontaneous self-pollination) and year-to-year variation in reproductive success of *Gentiana pannonica* Scop. were investigated in a two year field experiment, which was carried out in one native population. The highest seed production was found in open-pollinated flowers in both years. It seems that the seed-set of open-pollinated flowers was not limited by a lack of pollinators. Conversely, the seed-set of manually selfed flowers was ca 48–66% lower than that of open-pollinated flowers, with large proportion of aborted seeds indicating an inbreeding depression. Herkogamy (spatial separation of stigma and stamens) together with a mild protandry prevented spontaneous selfing. The occurrence of pollinators (mainly bumblebees) was therefore essential for the successful pollination and development of viable seeds. Significant year-to-year variability was found only in the number of ovules per fruit, but the same trends in seed-set were observed in both years. No significant differences in ex situ and in situ germination of seeds resulting from different pollination treatments were found.

ABSTRAKT

Opylovací strategie druhu *G. pannonica* byla studována pomocí terénního experimentu ve vybrané rozsáhlé populaci na Horské Kvildě na Šumavě. Opakovaně po dobu dvou let, byl sledován vliv pěti rozdílných opylovacích zásahů (kontrola, volné opylení, cizosprášení bez kastrace květu, cizosprášení spojené s předchozí kastací květu, ruční samosprášení, přirozené samosprášení) na produkci vyvinutých semen v semeníku. Po oba dva roky jednoznačně

nejvyšší produkci semen vykazovaly semeníky ponechané jako kontrola (volné opylení bez vnějších zásahů). Z toho vyplývá, že produkce semen ve studované populaci není limitována nedostatkem opylovačů. Naopak u květů ručně samosprášených byla produkce vyvinutých semen o 48–66% nižší než v případě kontrolních, volně opylených semeníků. Semeníky v samosprášených květech obsahovaly vysoké zastoupení nevyvinutých semen. Na základě pozorování vývoje reprodukčních orgánů v květu bylo zjištěno, že blizna a tyčinky jsou prostorově oddělené a květy vykazují slabou proterandrii, což dohromady slouží k omezení možnosti přirozeného samosprášení. *G. pannonica* je druh typicky cizosprašný a opylovači jsou především čmeláci. Vliv jednotlivých opylovacích zásahů na podíl vyvinutých semen v semenících se meziročně neměnil. V jednotlivých letech se lišilo pouze množství vajíček v semeníku, což může být důsledek rozdílného rázu počasí ve dvou vegetačních sezónách. Klíčivost semen se pohybuje okolo 27% a neliší se dle provedených opylovacích zásahů a při skladování rychle klesá.

Keywords: clonal plant, endangered species, herkogamy, inbreeding, pollination experiment

INTRODUCTION

Due to expansion of forests in Holocene, many light-demanding species receded to the alpinegrassland zone in high mountains, steep and rocky slopes, permanently wet locations and regularly disturbed sites. Since the Middle Ages, grassland species expanded their range due to increased human impact in all European mountain regions, when the timberline was lowered and large areas at lower elevations were deforested to create mountain hay meadows and pastures (Lang 1994). Many alpine species spread to new locations and people promoted the spreading of ornamental and medicinal plants. They planted some useful species in their gardens and near their settlements (Hegi 1975). Demographic changes in the second half of the 20th century caused the depopulation of many mountain regions in Europe. Grazing activities were reduced; many semi-natural grasslands were abandoned and allowed to undergo natural succession (Rybníček & Rybníčková 1974). In the surrounding of settlements, some garden plants spread to countryside, a phenomenon

reflected in several recent studies that discuss the natural occurrence of some mountain species in relatively isolated locations (Šourek 1963, Kopecký 1973, Slavík 1997). The history of occurrence of each species is unique and it is often impossible to distinguish the native locations from introduced ones. Some rare species naturally occur in small populations as a result of fragmentation of their habitats during the Late Glacial and Holocene (Slatkin 1987, Barrett & Kohn 1991, Stehlik et al. 2002). Other species, historically occurring in larger areas or in many small populations connected to each other (“new rare” in sensu Huenneken 1991), dramatically decreased in the number of populations and population sizes due to changing management practices during the last decades. Generally, habitat fragmentation together with isolation of recent populations are supposed to strongly affect the viability of populations (Kéry et al. 2000, Luijten et al. 2000, Jacquemyn et al. 2001). Small isolated populations are more vulnerable to demographic, environmental and genetic stochasticity, because the maintenance of genetic variation in natural populations is usually considered to be important for ecological plasticity and evolutionary processes (Cruden & Hermann-Parker 1977, Barrett & Kohn 1991, Menges 1991). Vulnerability to fragmentation differs among species with different life histories (Ellstrand & Elam 1993). A strong impact of fragmentation on fitness, measured as a reproductive success, was recorded in small populations of animal-pollinated, outcrossed, and self-compatible plant species (Schemske & Lande 1985, Charlesworth & Charlesworth 1987, Barrett & Kohn 1991, Ellstrand & Elam 1993). Interactions with pollinators can be interrupted and, in particular, small patches of flowering plants may be unable to attract sufficient numbers of pollinators (Kwak 1988, Kwak et al. 1998). Small populations of rare species may become increasingly dependent on the presence of simultaneously flowering species, which may help to attract insect pollinators (Oostermeijer et al. 1998). Furthermore, there may be a reduction of seed-set as a result of competition for pollinators (Spira & Pollak 1986, Kwak & Jennersten 1991).

In small populations of short-lived species, pollen limitation, together with genetic deterioration, may cause a fast decline in population size, because the production of many viable seeds is crucial for survival of the population (Fischer & Matthies 1998a). In long-lived species, the negative consequences of population size reduction and population

isolation might not be obvious for a long time. Well-established adult individuals, especially of clonal plants, can survive for many years (Tamm 1972, Harper 1977) even though the reproductive success may be affected much sooner than survival, resulting in the population becoming “senile” (sensu Oostermeijer et al. 1994a).

An example of the latter situation is the long-lived clonal species *Gentiana pannonica* Scop., an endangered species in the Bohemian Forest (=Šumava Mts., Böhmerwald). The populations of *G. pannonica* in the Bohemian Forest are isolated from each other. The sites differ in many biotic and abiotic characteristics. The species occurs both at natural sites and in semi-natural mountain grasslands. It is assumed that steep slopes in the cirques of glacial lakes in the Bohemian Forest were refuges for *G. pannonica* and other light-demanders during the Holocene, when woods covered the Bohemian Forest up to the highest elevations (above 1300 m a.s.l., Culek 1996). Only a few refuges existed and they were isolated from each other (Skalický 1998). Deforestation of the landscape in this region started in the Middle Ages and the species spread into suitable semi-natural habitats (Procházka & Štech 2002). Additionally, the mountaineers promoted the spreading of *G. pannonica*. They probably planted the plants growing in the cirques of the Šumava glacial lakes close to their settlements. The utilization of this medicinal species was similar to *Gentiana lutea* in the Alps (Rosenbauer 1996). The number of localities and population sizes of *G. pannonica* in the Bohemian Forest fluctuated during the 19th and 20th century (Krist 1933, Procházka & Štech 2002). Before World War II, gentian roots were collected and used as medicine, for preparation of alcoholic drinks etc. Many locations were destroyed at that time but, simultaneously, some locations appeared because people probably planted the species. Later the post-war political and demographic changes in the region increased the number of *Gentiana* populations and the viability of their populations (Procházka 1961, Procházka & Štech 2002). Today, semi-natural grasslands are the most frequent habitats of *G. pannonica* in the Bohemian Forest (Prach et al. 1996, Procházka & Štech 2002). Many populations occur close to former home-steads and their origin is unclear. Vegetative propagation prevails at many sites and seedlings are rather rare.

In this study we investigated the pollination ecology, reproductive biology, and breeding system of a *G. pannonica* population in a semi-

natural mountain grassland. The aim of our study was to determine the factors limiting the generative reproduction of the species. We tested the self-incompatibility and the pollination strategies of the species to evaluate the level of inbreeding depression and other limits of seed reproduction in a study population.

MATERIALS AND METHODS

Study species

Gentiana pannonica Scop. (*Gentianaceae*) is a long-lived hemicryptophyte, which spreads mainly by clonal growth due to belowground rhizomes and creates large polycormons (Klimeš et al. 1997). Sexual reproduction by seeds is necessary for transport of genes over larger distances and for colonization of new sites.

The flowering stems emerging from the mature leaf rosettes can reach up to 150 cm. They carry one to four dense clusters of flowers, each consisting of 5–8 flowers. The calyx is campanulate with 5(–9) stripes. The funnel shaped corolla is 3.0–5.5 cm long with 5(–9) lobes and purple with reddish-black spots (Tutin 1996, Kirschner & Kirschnerová 2000). The herkogamous flowers are mainly pollinated by bumblebees (for more details about the development of the stigma and the stamens see Fig. 1). On average one ovary contains 200–300 seeds and seeds size is 5×3 mm.

Gentiana pannonica is a mountain species that occurs in alpine grasslands, drier mountain meadows or in alluvium of streams and cirques of glacial lakes. The species is a typical East-alpine element with a discontinuous range of occurrence. The centre of its distribution is situated in the East Alps, where the species occurs in alpine and subalpine areas at an elevational range of 1300 to 2300 m a.s.l. (Krist 1933, Procházka 1961, Hegi 1975). Outside the Alps, *G. pannonica* occurs in the Bohemian Forest (Böhmerwald) in the border region of the Czech Republic, Germany and Austria. Most of the locations are situated in the Czech part of the mountains at elevations from 1000–1300 m a.s.l. (Procházka 1999).

Study site and population

Our field experiment was performed in 2000 and 2001. The study site was situated close to Horská Kvilda, a small village (1084 m a.s.l., 49°03' N, 13°33' E) in the Bohemian Forest, in the southern part of the Czech Republic. The study population is situated in the centre of the species' distribution in the Bohemian Forest. The short grasses *Nardus stricta* and *Avenella flexuosa* together with *Vaccinium uliginosum* and *Calluna vulgaris* dominate this dry and stony semi-natural grassland, which was created about 200 years ago when deforestation started around the first settlements.

Gentiana pannonica occurs on 9 ha, and the population size is about 400 leaf rosettes (or clumps) with about 300 flowering stems.

Monthly means of temperature and precipitation recorded at the Horská Kvilda meteorological station from 2000 and 2001 were used to compare differences in climatic conditions for the two experimental years.

Pollination experiment and determination of reproductive success

The field experiment was performed in 2000 and 2001 to investigate year-to-year variability in reproductive success. In July 2000, we randomly chose 120 flowering stems and from each terminal cluster we randomly marked an individual flower. Each flower was submitted to one of four pollination treatments (30 flowers per treatment): (1) natural open-pollination, (2) manual cross-pollination with pollen from one flower of 30 donor plants from 5 km distant locality, (3) manual self-pollination with pollen from the same flower, and (4) spontaneous self-pollination. All treatments, except open-pollination, were performed on flowers of terminal clusters, which were covered with bags made from fine-mesh gauze to prevent insect visitation. The manual pollen transfers were performed with cotton sticks.

An analogous experiment with few changes was performed in July 2001. We selected individual flowers on 150 flowering stems, which were randomly subjected to five pollination treatments (30 flowers per treatment). In addition to the four treatments used in 2000 year, (5) a cross-pollination treatment with emasculation was added, to investigate

the influence of spontaneous self-pollination on seed set of cross-pollinated flowers. In this treatment, a randomly chosen bud from the terminal cluster was marked and all stamens were removed with a fine forceps. Later, when the stigma was receptive, the flower was manually pollinated with pollen from the other locality. The same donor locality was used for the cross-pollination treatments in both years. This time, insect visitation was prevented using metal cages with fine-meshed gauze. The cages replaced the bags from the previous year, because the bags increased a probability of mould infection in rainy weather. The cages also helped to protect target stems from deer grazing.

The stems remained covered with the bags or cages from July to September until the fruits were harvested. All fruits were carefully collected into paper bags, and the seeds were separated immediately after arrival to the laboratory. The viable (relatively large and obviously full) seeds were distinguished from aborted (small and obviously empty) seeds and ovules, counted and weighed. Mouldy fruits enabled accurate distinguishing of capsule formation, but the counting of seeds could not be performed. Reproductive success was determined by counting the viable seeds present in each fruit. The number and weight of unfertilized ovules and aborted seeds were also estimated. Seed set was calculated by dividing the total number of viable seeds per fruit by the total number of ovules (both viable and aborted seeds and ovules) per fruit.

Germination of seeds

We tested the germination probability of seeds obtained from the different pollination treatments. We used the seeds from the 2001 season for two germination experiments.

The first experiment was started in autumn 2001 when the seeds were sown in the field experimental plots immediately after ripening. These experimental plots were situated in the typical habitat close to population of *G. pannonica*, but the natural input of additional seeds was excluded. Forty seeds from each of open-pollinated and cross-pollinated (non-emasculated) flowers and thirty seeds from each of cross-pollinated (emasculated) and manually self-pollinated flowers were sown in 10×10 cm plots from which the sod was removed. The experiment was designed as randomised complete blocks with thirty replications for the open-

pollinated and the non-emasculated cross-pollinated treatments, and twenty replications for the emasculated cross-pollinated and the manually self-pollinated treatments. Germination of the seeds from the spontaneously self-pollinated flowers was not tested because of the low number of viable seeds. The number of seedlings was recorded monthly from May to September 2002.

The second germination experiment was established in autumn 2002. Seeds from 2001, which were stored at 4°C, were used for this experiment. The experiment, with the same design as in the previous year, was performed in the experimental garden in České Budějovice and regularly irrigated. The number of seedlings was recorded monthly from May to September 2003.

Total germination rate in both experiments was calculated by dividing the total number of seeds sown per plot by the total number of seedlings per plot.

Statistical analysis

Statistical analyses of the data were completed using STATISTICA 6.0 (Anonymus 2001). Differences in the number of seeds and seed set under different treatments were tested by One-way analysis of variances (ANOVA) followed by the Tukey-Kramer HSD test. Effects of the pollination treatments and years on the number of seeds and seed set were analysed by Two-way ANOVA. Year-to-year differences were tested only among the four treatments (open-pollination, cross-pollination with stamen, manual selfing, spontaneous selfing. The cross-pollination treatment with emasculatation was excluded from the analysis, because this treatment was carried out only in the 2001 season.

Differences in total germination rate of seeds under different treatments were tested by one-way ANOVA followed by the Tukey-Kramer HSD test. The numbers of viable seeds were log-transformed ($y = \log(x + 1)$) and seed-set and the total germination rate were arcsin-transformed ($y = \arcsin \sqrt{x}$) to normalize distributions and homogenize variances.

Nomenclature follows Rothmaler (2000).

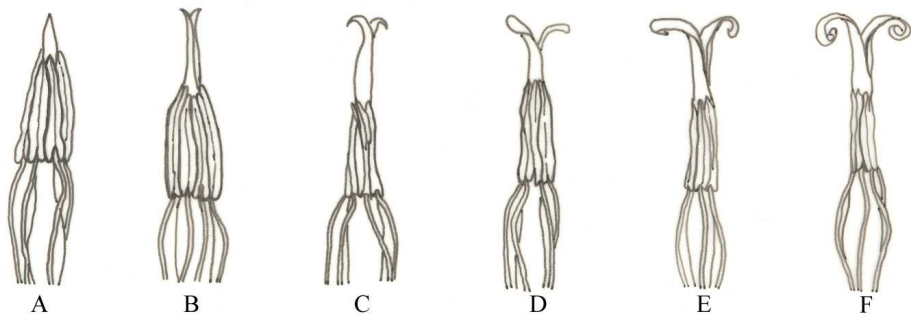


Fig. 1. The development of reproductive organs of *Gentiana pannonica* (stigma, stamens) (© Hofhanzlová, 2004). A - A stigma is closed and stamens are not mature in the closed buds. The ring of stamens is not stuck on a carpel. B - Flowers are slightly protandrous with stamens producing pollen before stigma becomes receptive. Maturity of stamens and receptivity of the stigma can partly overlap. C – Stamens without majority of pollen grains. D - The stigma is receptive for couple of days. Usually, only few pollen grains remain on the stamens, which are strongly stuck on a carpel, when the stigma is receptive. The top position of stigma ensures collection of pollen grains from body of all bumblebees entering the flower. E, F – Non-pollinated stigma continues opening and the ends of stigma’s dewlaps turn towards the stamens, thus creating possibility for self-pollination.

RESULTS

Reproductive success under different treatments

We found significant differences among different pollination treatments in the number of viable seeds per fruit, seed set, and weight of ovules in both seasons. The open-pollinated and cross-pollinated flowers had significantly higher seed set than the manually and spontaneously self-pollinated flowers in both years (2000: $F_{df(3, 57)} = 14.87$, $P < 0.001$, 2001: $F_{df(4, 138)} = 66.24$, $P < 0.001$, respectively). The highest seed set was found in fruits of the open-pollination treatment (Fig. 2). The cross-pollination treatments (non-emasculated and emasculated) differed from each other. The seed set of the manually self-pollinated flowers was significantly higher than that of the spontaneously self-pollinated flowers,

but only in 2001 (Fig. 2). Only a few viable and well-developed seeds ripened in the spontaneously self-pollinated flowers.

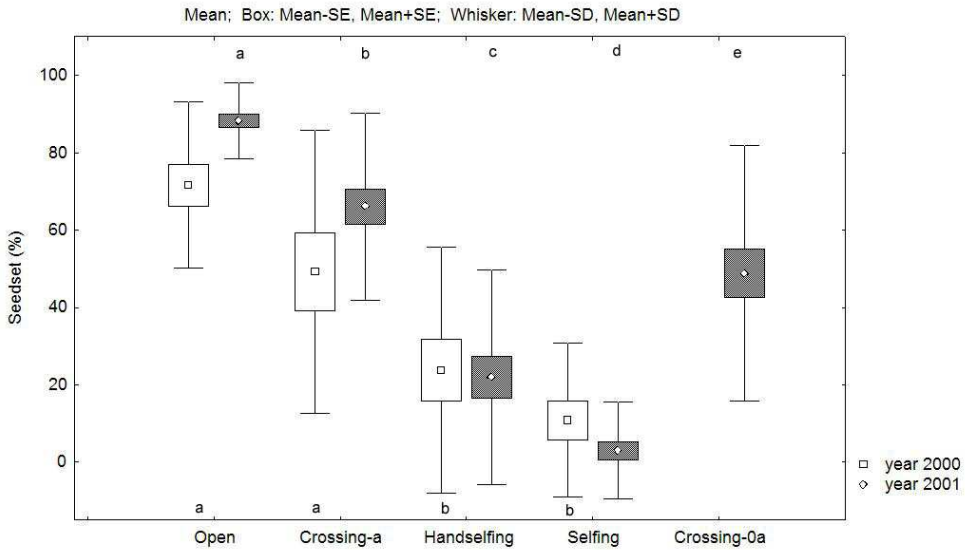


Fig. 2. The seed set of the differently pollinated flowers of *Gentiana pannonica* in both seasons (2000, 2001). Back-transformed data to the original scale are used for graphical presentation. Pollination treatments: Open = open-pollination, Crossing-a = cross-pollination without emasculation, Handselfing = hand self-pollination, Selfing = spontaneous self-pollination. Letters on the bottom indicate the results of the Tukey-Kramer HSD test for 2000 year; letters on the top indicate the results of the Tukey-Kramer HSD test for 2001 year; treatments labeled with the same letter did not differ significantly ($p > 0.05$).

The seed mass per fruit (weight of all seeds and ovules in ovary) was strongly correlated with the number of viable seeds, which were much heavier than the aborted ones. The highest seed mass per fruit was recorded in the open-pollinated and cross-pollinated flowers (2000: $F_{df(3, 57)} = 5.95$, $P = 0.001$, 2001: $F_{df(4, 138)} = 25.93$, $P < 0.001$). No significant difference was found between manual self-pollination and cross-pollination (emasculated) treatments in 2001. The lowest seed mass was recorded in the spontaneously self-pollinated flowers (Fig. 3).

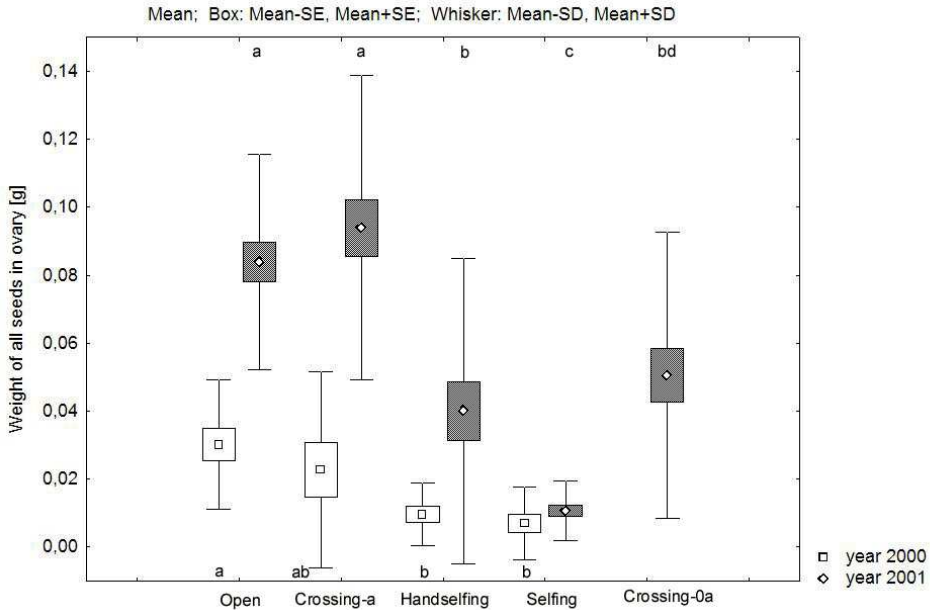


Fig. 3. Weight of all seeds in ovary from differently pollinated flowers of *Gentiana pannonica* in both seasons (2000, 2001). Back-transformed data to the original scale are presented. Pollination treatments: Open = open-pollination, Crossing-a = cross-pollination without emasculation, Handselfing = hand self-pollination, Selfing = spontaneous self-pollination. Letters on the bottom indicate the results of the Tukey-Kramer HSD test for 2000 year; letters on top the indicate the results of the Tukey-Kramer HSD test for 2001 year; treatments labeled with the same letter do not differ significantly ($p > 0.05$).

Comparison of the two seasons

The number of ovules significantly differed between seasons ($F_{df(1,-3, 168)} = 83.06$, $P < 0.001$, Table 1), with much higher number of ovules per fruit recorded in 2001 than in 2000 (Fig. 4). Nevertheless similar pattern of all pollination treatments was observed in both seasons (Fig. 2).

The seeds mass significantly differed between years and also among pollination types (Table 1). The number of seeds per fruit and seeds mass were lower in 2000 season than in 2001. In both years, the weight of seeds from the spontaneously self-pollinated flowers was similarly low (Fig. 3).

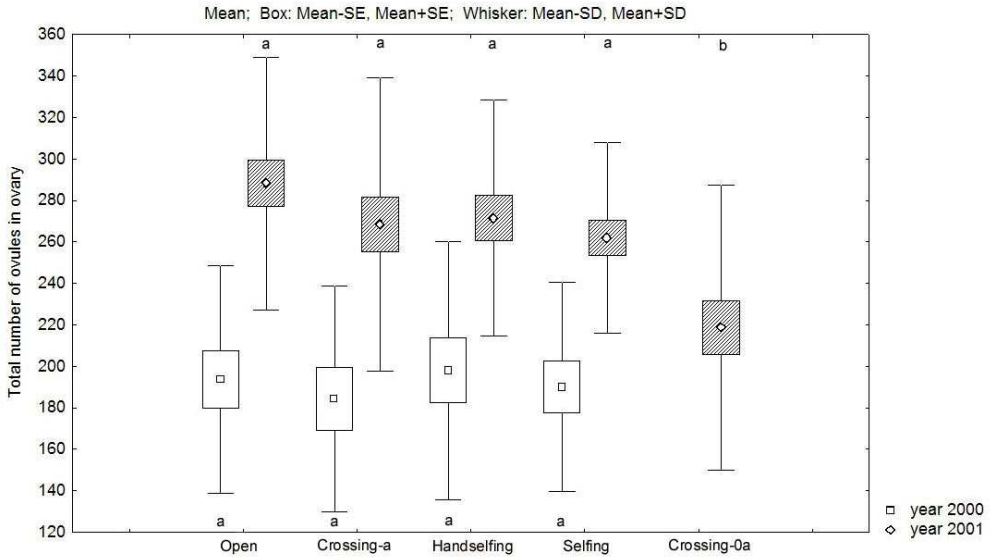


Fig. 4. The number of all ovules (viable, aborted seeds and unfertilized ovules) in ovary of differently pollinated flowers of *Gentiana pannonica* in both seasons (2000, 2001). Back-transformed data to the original scale are used for graphical presentation in the graphs.

Pollination treatments: Open = open-pollination, Crossing-a = cross-pollination without emasculation, Handselfing = hand self-pollination, Selfing = spontaneous self-pollination.

The Tukey-Kramer HSD test showed no significant differences between treatments in each year.

Germination of the seeds from different pollination treatments

In the first germination experiment carried out in 2001, the mean (\pm S.E.) germination rate was $27.8\% \pm 1.7$. No significant differences were found among the different pollination types ($F_{df(3, 96)} = 1.51$, $p = 0.216$).

In the second experiment with one-year-stored seeds, the rate of germination was extremely low (mean \pm S.E. = $1.8\% \pm 0.3$). The different pollination treatments did not significantly differ in their germination effort ($F_{df(3, 95)} = 1.3$, $p = 0.279$), even though we found slightly higher germination of seeds from the cross-pollination treatment (mean \pm S.E. = $2.5\% \pm 0.6$).

Table 1. Two-way analyses of variance (ANOVA) on the effects of years (2000 and 2001) and the pollination treatment (natural open-pollination, manual cross-pollination, manual self-pollination with pollen from the same flower and spontaneous self-pollination) on the number of all ovules, seeds set and weight of the seeds. The significant P-values with $p < 0.05$ are indicated in bold.

| | df | Number of all ovules in ovary | | Seed set | | Weight of the seeds in ovary | |
|------------------------|----|-------------------------------|------------------|----------|------------------|------------------------------|------------------|
| | | F | P | F | P | F | P |
| Year | 1 | 83.06 | <0.001 | 1.55 | 0.215 | 69.47 | <0.001 |
| Pollination treatment | 3 | 0.54 | 0.654 | 88.61 | <0.001 | 27.03 | <0.001 |
| Poll. treatment x year | 3 | 0.21 | 0.891 | 3.28 | 0.023 | 9.23 | <0.001 |

The development of reproductive organs of *Gentiana pannonica*

Our observations on the morphology and development of the reproductive organs of *G. pannonica* showed that there is a strong herkogamy and slight dichogamy, indicative of an inbreeding-avoidance mechanism (Fig. 1). Pollen grains are carried out from ripened stamens during few hours in sunny days. Pollen remains in stamens when the flower is closed due to bad weather. Pollinators (mainly bumblebees, personal observation) carried out ripen pollen grains from stamens. Maturity of stamens and receptivity of the stigma can overlap.

DISCUSSION

Although the manual self-pollination treatment showed that *G. pannonica* is self-compatible, the high seed production of open-pollinated flowers compared to the very low seed set of bagged and unmanipulated flowers showed the important role of pollinators. Together with herkogamy, dichogamy also helps to prevent an incidence of self-pollination. Although the flowers of *G. pannonica* are less dichogamous than flowers of other insect-pollinated gentians (i.e. *G. pneumonanthe* – Petanidou et al. 1995a; *G. cruciata* – Petanidou et al. 1995b; *G. lutea* – Kéry et al. 2000; *G. newberryi* – Spira & Pollak 1986) some degree of protandry was observed.

In the studied population, the seed set of open-pollinated flowers was the highest (Fig. 2), suggesting that the population was not pollen or pollinator limited. Hence, this population is apparently large enough to ensure its reproductive success by attracting sufficient numbers of visitors. Similarly, the highest seed production for *Swertia perennis* was reported in open-pollinated flowers (Lienert & Fischer 2004). Nevertheless, different results were recorded in small populations of several rare species, where the absence of pollinators or other causes of pollen limitation reduced reproductive success (Spira & Pollak 1986, Kwak 1988, Kwak & Jennersten 1991, Fischer & Matthies 1997, Kwak et al. 1998, Oostermeijer et al. 1998).

In our studied population, the cross-pollination treatment showed a higher proportion of viable seeds (seed-set) than the manual self-pollination treatment (Fig. 2). The higher seed abortion in manually self-pollinated flowers could be the result of inbreeding depression, where the deleterious effects are often expressed during seed development (Charlesworth & Charlesworth 1987, Barrett & Kohn 1991, Ellstrand & Elam 1993). On the other hand, differences between germination of seeds of different pollination treatments were not significant and the negative consequences of inbreeding depression seemed to be significant only in early life history stages. The abortion of developing seeds already removes a considerable number of inbred offsprings and the remaining viable seeds are thus less inbred. The reduced fecundity expressed in lower seed set of naturally pollinated flowers has been also found in small populations of a perennial gentian, *Gentiana lutea* (Kéry et al. 2000). Selfing plays an important role in *G. cruciata* (Petanidou et al. 1995b) and *G. pneumonanthe* (Oostermeijer et al. 1995), where inbreeding depression was significantly documented only in the performance of offspring. Based on these examples, the reduction of seed set seems to be typical for long-lived clonal species such as *G. pannonica* and *G. lutea* (Kéry et al. 2000), but lower seed set following manual selfpollination was also found in the short-lived, non-clonal *Gentianella germanica* (Luijten et al. 1998). Wiens (1984) indicated that a relatively high percentage of ovule and seed abortion is a frequently observed phenomenon in perennials, and it is argued that this results mainly from a higher genetic load of outcrossing perennials in comparison with selfing annuals. For example, the same reproductive success of manually selfed

and cross-pollinated flowers was observed in annual, biennial and short-lived species such as *Gentiana tenella*, *G. prostrate*, and *Gentianella germanica* (Spira & Pollak 1986, Fischer & Matthies 1998b, Luijten et al. 1998). This supports the generally accepted theory that the persistence of populations of annual and short-lived species requires regular reproduction and seedling establishment, whereas the persistence of well-established individuals and vegetative reproduction plays an important role in the survival of perennial species (Spira & Pollak 1986, Eisto et al. 2000).

Large differences among years were observed in the number of ovules per fruit. This is most likely a result of limitation of a vital resource (Lloyd 1980). In 2000, there were drought periods in June and August 2000, which may have had a negative effect on the number of inflorescences per plant as well as on the number of ovules per fruit in comparison to the more humid summer months in 2001 (Fig. 5). The pattern of seed set in particular pollination treatments was similar in both years of experiment. Only seeds mass differed between both years and pollination treatments. The fruits of the selfed flowers contained mainly aborted seeds and ovules. The seeds mass was dependent both on the amount and quality of the viable seeds. The lower number of seeds in ovary did not result in increased size and weight of seeds as reported for other species (Kéry et al. 2000). Interestingly, the seed set of cross-pollinated flowers with emasculation was lower than that of cross-pollinated flowers without emasculation. The reason for this is unclear, but we assume that the emasculation might have had a negative impact on flower/fruit development. Some of the fruits in this treatment were ripen sooner than other fruits and this caused a minute loss of seeds during the fruits collection.

The results of our manipulated field experiment helped to answer questions about the effects of different pollination types and year-to-year variation on reproductive success of *G. pannonica*. We studied the pollination strategy of the species in a natural population located in an isolated area of the species distribution range. The seed set of the open-pollinated flowers was not reduced and we suppose this population does not suffer pollen limitation. The production of only a few low quality seeds open-pollinated flowers was observed by Šourek (1963) who cultivated few plants from a small isolated population.

The future research should address the questions related to the reproductive success and genetic variability of populations with different size, as the genetic drift and consequences of inbreeding play important roles in the performance of small populations of gentian species (Oostermeijer et al. 1994b, Luijten et al. 1998).

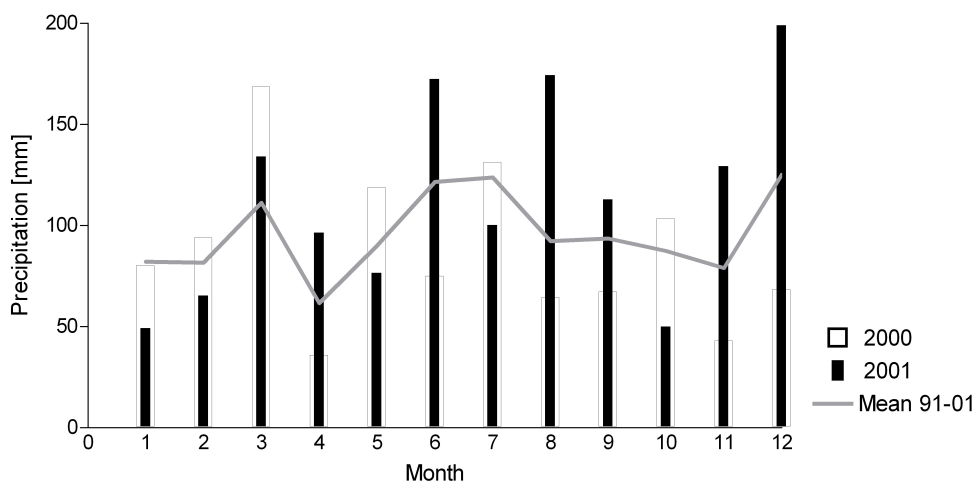


Fig. 5. The monthly averages of precipitation in 2000 and 2001 years together with ten year averages (1991-2001) are displayed. The data were acquired from the meteorological station in Horská Kvilda.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was supported by the Grant Agency of the Czech Academy of Sciences (junior grant GA AV ČR 6141901), FRVŠ 1281/2002, MŠMT 1K03011, and the Mattoni Award. We would like to thank to M. Šmilauerová for critical comments on the earlier drafts of this manuscript and K. Edwards for correcting English. We are grateful also to I. Matějková, L. Ekrt, and D. Zývalová for their help with field work.

REFERENCES

- Anonymous, 2001: *STATISTICA for Windows [Computer program manual]*. Statsoft, Tulsa.
- Barrett S.C.H. & Kohn J.R., 1991: Genetics and evolutionary consequences of small population size in plants: implication for conservation. In: *Genetics*

- and *Conservation of Rare Plants*, Falk D.A. & Holsinger K.E. (eds) Oxford University Press, New York, pp. 3–30.
- Charlesworth D. & Charlesworth B., 1987: Inbreeding depression and its evolutionary consequences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 237–268.
- Cruden R.W. & Hermann-Parker S.M., 1977: Temporal dioecism: an alternative to dioecism? *Evolution*, 31: 863–866.
- Culek M. (ed.), 1996: Biogeografické členění České republiky [The Biogeography of the Czech Republic]. Enigma, Praha (in Czech).
- Eisto A.K., Kuitunen M., Lammi A., Saari V., Suhonen J., Syrjäsuo S. & Tikka P.M., 2000: Population persistence and offspring fitness in the rare bellflower *Campanula cervicaria* in relation to population size and habitat quality. *Conservation Biology*, 14: 1413–1421.
- Ellstrand N.C. & Elam D.R., 1993: Population genetic consequences of small population size: Implications for Plant Conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24: 217–242.
- Fischer M. & Matthies D., 1997: Mating structure, inbreeding depression and outbreeding depression in the rare plant *Gentianella germanica* (Gentianaceae). *American Journal of Botany*, 82: 1685–1692.
- Fischer M. & Matthies D., 1998a: The effect of population size on performance in the rare plant *Gentianella germanica*. *Journal of Ecology*, 86: 195–204.
- Fischer M. & Matthies D., 1998b: Experimental demography of the rare *Gentianella germanica*: seed bank formation and microsite effects on seedling establishment. *Ecography*, 21: 269–278.
- Harper J.L., 1977: *Population Biology of Plants*. Academic press, New York, 892 pp.
- Hegi G., 1975. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa, band V, teil 3*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 2254 pp.
- Huenneke L.F., 1991: Ecological implications of genetic variation in plant populations. In: *Genetics and Conservation of Rare Plants*, Falk D.A. & Holsinger K.E. (eds) Oxford University Press, New York, pp. 31–44.

- Jacquemyn H., Brys R. & Hermy M., 2001: Within and Between Plant Variation in Seed Number, Seed Mass and Germinability of *Primula elatior*: Effect of Population Size. *Plant Biology*, 3: 561–568.
- Kéry M., Matthies D. & Spillmann H.H., 2000: Reduced fecundity and offspring performance in small populations of the declining grassland plants *Primula veris* and *Gentiana lutea*. *Journal of Ecology*, 88: 17–30.
- Kirschner J. & Kirschnerová L., 2000: *Gentianaceae* Juss. – hořcovité. In: *Květena ČR 6 [Flora of the Czech Republic 6]*, SLAVÍK B. (ed.) Academia, Praha, pp. 72–110 (in Czech).
- Klimeš L., Klimešová J., Hendriks R. & Van Groenendael J., 1997: Clonal plant architectures: a comparative analysis of form and function. In: *The ecology and evolution of clonal plants*, H. De Kroon & Van Groenendael (eds.) Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1–29.
- Kopecký K., 1973: Je šťovík alpský (*Rumex alpinus* L.) v Orlických horách původní? [Is *Rumex alpinus* L. the native species of the Orlicke hory Mts.?]. *Preslia*, 45: 132–139 (in Czech).
- Krist V., 1933: Hořce Československé republiky [Gentianae Reipublicae cechoslovenicae]. *Sborník Klubu přírodovědeckého v Brně*, 16: 60–139 (in Czech).
- Kwak M.M., 1988: Pollination ecology and seed set in the rare annual species *Melampyrum arvense* L. *Acta Botanica Neerlandica*, 37: 153–163.
- Kwak M.M. & Jennersten O., 1991: Bumblebee visitation and seed-set in *Melampyrum pratense* and *Viscaria vulgaris*: heterospecific pollen and pollen limitation. *Oecologia*, 86: 99–104.
- Kwak M.M., Velterop O. & Van Andel J., 1998: Pollen and gene flow in fragmented habitats. *Applied Vegetation Science*, 1: 37–54.
- Lang G., 1994: *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse*. Gustav Fischer Verlag, Jena/Stuttgart/New York, 240 pp.
- Lienert J. & Fischer M., 2004: Experimental inbreeding reduces seed production and germination independent of fragmentation of populations of *Swertia perennis*. *Basic and Applied Ecology*, 5: 43–52.

- Lloyd D.G., 1980: Demographic factors and mating patterns in angiosperms. In: *Demography and evolution in plant populations*, SOLBRIG O.T. (ed.) Blackwell, Oxford, 222 pp.
- Luijten S.H., Oostermeijer J.G.B., Ellis-Adam A.C. & Den Nijs H.C.M., 1998: Reproductive biology of the rare biennial *Gentianella germanica* compared with other gentians of different life history. *Acta Botanica Neerlandica*, 47: 325–336.
- Luijten S.H., Dierick A., Oostermeijer J.G.B., Raijmann L.E.L. & Den Nijs H.C.M., 2000: Population Size, Genetic Variation, and Reproductive Success in a Rapidly Declining, Self-incompatible Perennial (*Arnica montana*) in The Netherlands. *Conservation Biology*, 14: 1776–1787.
- Menges E.S., 1991: The Application of Minimum Viable Population Theory to Plants. In: *Genetics and Conservation of Rare Plants*, Falk D.A. & Holsinger K.E. (eds) Oxford University Press, New York, pp. 43–61.
- Oostermeijer J.G.B., Van't Veer R. & Den Nijs J.C.M., 1994a: Population structure of the rare, long-lived perennial *Gentiana pneumonanthe* in relation to vegetation and management in The Netherlands. *Oecologia*, 97: 289–296.
- Oostermeijer J.G.B., Van Eijck M.W. & Den Nijs J.C.M., 1994b: Offspring fitness in relation to population size and genetic variation in the rare perennial plant species *Gentiana pneumonanthe* (Gentianaceae). *Oecologia*, 97: 289–296.
- Oostermeijer J.G.B., Altenburg R.G.M. & Den Nijs H.C.M., 1995: Effect of outcrossing distance and selfing on fitness components in the rare *Gentiana pneumonanthe* (Gentianaceae). *Acta Botanica Neerlandica*, 44: 257–268.
- Oostermeijer J.G.B., Luijten S.H., Křenová Z.V. & Den Nijs H.C.M., 1998: Relationships between population and habitat characteristics and reproduction of the rare *Gentiana pneumonanthe* L. *Conservation Biology*, 12: 1042–1053.
- Petanidou T., Den Nijs J.C.M., Oostermeijer J.G.B. & Ellis-Adam A.C., 1995a: Pollination ecology and patch-dependent reproductive success of rare perennial *Gentiana pneumonanthe* L. *New Phytologist*, 129: 155–163.

- Petanidou T., Den Nijs J.C.M. & Oostermeijer J.G.B., 1995b: Pollination ecology and constraints on seed set of the rare perennial *Gentiana cruciata* L. in The Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica*, 44: 55–74.
- Prach K., Štech M. & Beneš J., 1996: Druhotné bezlesí – opomíjená složka biodiverzity Šumavy [Secondary grasslands – a neglected component of biodiversity in the Bohemian Forest]. *Silva Gabreta*, 1: 243–247 (in Czech).
- Procházka F., 1961: *Gentiana pannonica* Scop. v ČSSR. [*Gentiana pannonica* Scop. in the Czechoslovakia]. *Preslia*, 33: 268–276 (in Czech).
- Procházka F., 1999: *Gentiana pannonica* (L.) Scop. In: *Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů ČR a SR, 5, Vyšší rostliny* [The Red Book of Endangered and Rare Plants and Animals of the Czech and Slovak Republic, 5, Vascular Plants], Čeřovský J., Feráková V., Holub J., Maglocký Š. & Procházka F. (eds) Příroda Bratislava, pp. 167 (in Czech).
- Procházka F. & Štech M. (eds), 2002: *Komentovaný černý a červený seznam cévnatých rostlin české Šumavy* [Annotated Black and Red List of vascular plants of the Czech Bohemian Forest (Šumava Mts)], Správa NP a CHKO Šumava & Eko-Agency KOPR Vimperk, 140 pp. (in Czech).
- Rosenbauer A., 1996: Gentianaceae Juss. In: *Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, Band 5*, Sebald O., Seybold S., Philippi G. & Wörz A. (eds) Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, pp. 72–110.
- Rothmaler W., 2000: *Exkursionsflora von Deutschland, Band 3, Atlas der Gefäßpflanzen*. Verlag Volk und Wissen, Berlin, 752 pp.
- Rybníček K. & Rybníčková E., 1974: The origin and development of waterlogged meadows in the central part of the Šumava foothills. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 9: 45–70.
- Schemske D. & Lande R.W., 1985: The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants. I. Genetic models. *Evolution*, 39: 24–40.
- Skalický V., 1998: Fytogeografický rozbor květeny Šumavy a přilehlých území [Fytogeographical analysis of flora of the Šumava Mts. and adjacent areas]. *Zprávy České Botanické společnosti*, 32: 117–121 (in Czech).

- Slatkin M., 1987: Gene flow and geographic structure of natural population. *Science*, 236: 787–792.
- Slavík B., 1997: *Archangelica* N. M. Wolf. – andělíka. In: *Květena ČR 5 [Flora of the Czech Republic, 5]*, Slavík B. (ed.) Academia Praha, pp. 399–403 (in Czech).
- Šourek J., 1963: *Gentiana pannonica* Scop. v Krkonoších [*Gentiana pannonica* Scop. in the Giant Mountains]. *Preslia*, 35: 18–22 (in Czech).
- Spira T.P. & Pollak O.D., 1986: Comparative reproductive biology of alpine biennial and perennial gentians (*Gentiana*: Gentianaceae) in California. *American Journal of Botany*, 73: 39–47.
- Stehlik J., Blattner F.R., Holderegger R. & Bachmann K., 2002: Nunatak survival of the high Alpine plant *Eritrichium nanum* (L.) Gaudin in the central Alps during the ice ages. *Molecular Ecology*, 11: 2027–2036.
- Tamm C.O., 1972: Survival and flowering of perennial herbs III. The behaviour of *Primula veris* on permanent plots. *Oikos*, 23: 159–166.
- Tutin T.G., 1996: *Gentiana* L. In: *Flora Europea 3*, Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M. & Webb D.A. (eds) Cambridge University Press, pp. 59–63.
- Wiens D., 1984: Ovule survivorship, brood size, life history, breeding system, and reproductive success in plants. *Oecologia*, 64: 47–53.



II.
Genetic variation and reproduction strategy of
***Gentiana pannonica* in different habitats**

Flora 204: 99–110.

Genetic variation and reproduction strategy of *Gentiana pannonica* in different habitats

Ester Hofhanzlová¹ & Tomáš Fér²

¹ Department of Botany, University of South Bohemia, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic

² Department of Botany, Faculty of Science, Charles University, Benátská 2, CZ-128 01 Praha 2, Czech Republic

ABSTRACT

Gentiana pannonica Scop. (*Gentianaceae*) is a long-lived perennial mountain species. It is a typical east-alpine element. The centre of its distribution is situated in the eastern Alps, where the species occurs in alpine and subalpine areas. Besides the Alps, *G. pannonica* occurs also in the Bohemian Forest, Czech Republic. The reproduction strategy and genetic variation of this species endangered in the Czech Republic were studied. Genetic variation within and among six populations of *G. pannonica* in the Bohemian Forest and two populations in the Alps was studied using random amplified polymorphic DNAs (RAPD) markers. The variation found between populations from primary habitats and populations situated in the secondary mountain meadows accounted for 5% of the total genetic variation, whereas no significant genetic diversity was found between two different regions (Bohemian Forest, the Alps). Most of the variation is distributed among individuals within populations in the primary habitats, specifically 77% in the Bohemian Forest and 79% in the Alps. The pattern of among-population variation was substantially different between primary and secondary habitats. While among-population variation in primary habitats was low in both of the regions (21–23%), the proportion of RAPD variation among populations in secondary habitats was distinctly higher (65%). Within-population genetic variation was higher in primary habitats than in the secondary ones. This may be a consequence of processes such as genetic drift or bottleneck, and founder effects caused by changes in their distribution during the Holocene period. The differences of vegetation composition, seedlings recruitment and seed set were investigated in the

field. Vegetation composition differed between primary and secondary habitats of *G. pannonica* and seedlings recruitment was recorded only in primary habitats. The reproduction output of the species under study is probably influenced by the availability of pollinators.

ABSTRAKT

Gentiana pannonica je dlouhověký horský druh. Centrum jeho rozšíření leží v oblasti východních Alp, kde je vázán na subalpínské a alpínské polohy. Mimo Alpy se vyskytuje v oblasti Šumavy. Předkládaná práce je studiem genetické diversity populací ve spojení s reprodukční strategií druhu na šesti vybraných lokalitách na Šumavě a dvou lokalitách v silikátových oblastech Alp. Genetická struktura populací byla studována pomocí metody RAPD. Byla zjištěna velice mizivá meziregionální variabilita (Alpy sv. Šumava). Významné rozdíly zahrnující 5% z celkové variability se objevily mezi skupinami populací pocházejících z primárních a sekundárních stanovišť. Největší podíl zjištěné variability ležel na vnitropopulační úrovni, konkrétně 77% u populací na primárních stanovištích Šumavy a 79% v Alpách. Výrazné rozdíly byly zaznamenány úrovni mezipopulační diversity. Zatímco u primárních populací se podíl mezipopulační variability pohyboval mezi 21–23% v obou regionech, tak mezipopulační diference v populacích sekundárních stanovišť na Šumavě byla mnohem vyšší (65%). Také hodnota vnitropopulační genetické variability byla vyšší u populací na primárních stanovištích než u těch pocházejících ze sekundárních luk. Rozdíly v genetické struktuře populací jsou pravděpodobně důsledkem rozdílných podmínek pro přežívání a rozvoj populací druhu v průběhu holocénu. Populace na sekundárních loukách mohou pocházet z početně nepatrných zbytků původních populací potlačených rozvojem lesní vegetace a nižší vnitropopulační variabilita a vyšší mezipopulační diference může být důsledkem procesů ovlivňujících malé populace (genetický drift, efekt zakladatele, bottleneck). Primární a sekundární stanoviště se také liší druhovým složením. Přítomnost generativního zmlazení byla zaznamenána pouze na primárních stanovištích. Na základě sledování rozdílů v produkci semen jednotlivých zkoumaných lokalitách se ukazuje, že malé a nenápadné populace mohou mít sníženou produkci semen, jelikož nedokáží vždy přilákat dostatek opylovačů.

Keywords: RAPD; refugia; secondary habitats; seedlings; the Bohemian Forest; the Alps

Následující pasáž o rozsahu 12 stran obsahuje skutečnosti chráněné autorskými právy a je obsažena pouze v archivovaném originále disertační práce uloženém na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Publikace vyšla tiskem v časopise Flora.

Podíl studenta na publikaci: 90%.



III.
Pattern of genetic differentiation in *Gentiana*
***pannonica* Scop.: did subalpine plants survive**
glacial events at low altitudes in Central
Europe?

Plant Systematics and Evolution 298(7): 1383–1397.

Pattern of genetic differentiation in *Gentiana pannonica* Scop.: did subalpine plants survive glacial events at low altitudes in Central Europe?

Ester Ekrťová¹ & Milan Štech¹ & Tomáš Fér²

¹ Department of Botany, University of South Bohemia, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic

² Department of Botany, Faculty of Science, Charles University, Benátská 2, CZ-128 01 Praha 2, Czech Republic

ABSTRACT

The molecular population structure of 20 populations of the subalpine plant *Gentiana pannonica* was studied by use of amplified fragment length polymorphism (AFLP) and sequencing of non-coding regions of plastid DNA. Of the populations sampled, 18 were native (11 were from the Eastern Alps, which is the distribution centre of the species, and seven were from the Bohemian Forest, which is on the margin of the distribution range), and two were from the Giant Mts and of unclear status. No plastid DNA polymorphisms were found within the entire 6.185 bp investigated. The AFLP data revealed grouping of populations at the regional level. However, differentiation at the regional level (10.3 %) and at the interpopulation level (14.2 %) was low. Even though current populations are isolated and contain small numbers of individuals, the within-population variation (75.5 %) was high. Genetic variation was higher for alpine populations than for Bohemian Forest populations, probably because of fundamental differences in historical changes in population size between these regions. Within-population variation was intermediate for populations in the Giant Mts. The results indicate the possibility of a large distribution of species in the unglaciated areas of Central Europe, irrespective of altitude, during the late Pleistocene and early Holocene. Our results do not confirm that *G. pannonica* was introduced in the Giant Mts, and native status in the Giant Mts is possible.

ABSTRAKT

Genetická struktura dvaceti populací *Gentiana pannonica* byla analyzována pomocí metody AFLP a sekvenováním cpDNA. Vybráno bylo 18 populací

z oblasti původního rozšíření (11 populací z oblasti východních Alp, 7 populací z oblasti Šumavy) a 2 populace z Krkonoš jejichž původnost je nejasná a tradičně jsou považovány za introdukované. V případě sekvenování cpDNA, analýza neodhalila haplotypovou variabilitu mezi testovanými populacemi. Nízkou variabilitu souboru dat ukazuje i výsledek AFLP, na meziregionální úrovni je vázáno pouze 10,3% z celkové variability AFPL fragmentů. Alpské a Šumavské populace jsou si geneticky blízké. Mírnou odlišnost vykazují především vzorky pocházející z krkonošských populací. Úroveň mezipopulační variability (14.2 %) je také nízká vzhledem k tomu, jak jsou populace v rámci regionů navzájem izolované a maximum variability je soustředěno na vnitropopulační úrovni (75.5 %). Alpské populace mají obecně vyšší vnitropopulační diversitu než populace na Šumavě, což je pravděpodobně důsledek rozdílné historie populací a omezených možností přežívání druhu v oblasti s absencí rozsáhlého subalpínského a alpínského pásma. Genetická variabilita krkonošských populací má srovnatelnou úroveň s ostatními zkoumanými regiony. Na základě získaných výsledků lze uvažovat o možnosti, že *G. pannonica* se v otevřené krajině na konci pleistocénu a počátku holocénu vyskytovala v celém prostoru mezi Alpami a Sudetskými pohořími a ustoupila až vlivem klimatických a vegetačních změn v holocénu do současných refugií v horských polohách. Vzhledem k dlouhověkosti druhu nedošlo zatím k významné diferenciaci mezi těmito regiony. Výsledky také jednoznačně nepotvrzují introdukci druhu v krkonoších, naopak je možné, že se jedná o výskyt původní.

Keywords: AFLP; cpDNA; the Alps; the Bohemian Forest; the Giant Mts.; rare species

Následující pasáž o rozsahu 14 stran obsahuje skutečnosti chráněné autorskými právy a je obsažena pouze v archivovaném originále disertační práce uloženém na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Publikace vyšla tiskem v časopise Plant Systematics and Evolution.

Podíl studenta na publikaci: 70%.



IV.
**Habitat-related variation in seedling
recruitment of *Gentiana pannonica***

Acta Oecologica (in press)

Habitat-related variation in seedling recruitment of *Gentiana pannonica*

Ester Hofhanzlová¹ & Jan Košnar¹

¹ Department of Botany, University of South Bohemia, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic, ester.hofhanzlova@centrum.cz

ABSTRACT

Differences in seedling recruitment of *Gentiana pannonica* were investigated between the primary (relict) and the secondary (semi-natural) forest-free habitats of the Bohemian Forest (870–1200 m a.s.l.) and of the Alps (1045–1935 m a.s.l.) to understand the factors promoting the seedling recruitment of *G. pannonica* and their importance for species distribution, population structure, and conservation. In the communities with adult plants of *G. pannonica*, we recorded environmental variables (the slope, the altitude, and the covers of bare ground, litter, and rocks), estimated parameters of the vegetation (the covers of herbs, bryophytes, and dwarf shrubs), and counted the seedlings of *G. pannonica*. In a field experiment, we investigated seedling survival under different soil moisture regimes. We also observed seasonal dynamics of seedling recruitment in permanent plots over the course of three years. In the primary habitats of both regions, *G. pannonica* grew in a relatively wide range of communities, and its seedlings occurred in each area. In the secondary habitats of the Bohemian Forest, a very low frequency of the seedlings was recorded. The number of seedlings increased with the covers of the moss layer and of bare soil and decreased with the cover of the herb layer, especially of graminoids. The seedling mortality was significantly lower in the plots with higher soil moistures, and the emergence of new-born seedlings was concentrated in the spring season, when the soil received a high water supply due to melting of snow. For the successful generative reproduction of *G. pannonica*, our findings highlight the critical importance of microsites with low levels of competition and of sufficient soil moisture. It seems that because of the long-term lack of grazing disturbances, the structures of the secondary

habitats of *G. pannonica* in the Bohemian Forest have become unfavourable for seedling establishment and generative reproduction of this threatened species.

ABSTRAKT

Odlišnosti stanovišť *Gentiana pannonica* na primárním a sekundárním bezlesí Alp a Šumavy byly zkoumány ve vztahu k výskytu přirozeného generativního zmlazení. Jelikož úspěšná generativní reprodukce má v dlouhém časovém měřítku významný vliv na možnosti šíření druhu a jeho populační strukturu, tak znalost podmínek podmiňujících úspěšné generativní zmlazení je zásadní pro efektivní ochranu každého vzácného druhu. Ve vegetaci s výskytem dospělých jedinců byly na vymezené ploše zaznamenány vybrané charakteristiky prostředí (sklon, nadmořská výška, zastoupení holé země, opadu a kamenů), dále bylo charakterizováno druhové složení a charakter vegetačního pokryvu (pokryvnost bylinného a mechového patra, zastoupení růstových forem) a zaznamenán byl počet nalezených semenáčků *G. pannonica*. V terénním experimentu byl zjišťován vliv vlhkosti na přežívání semenáčků a také sezónní dynamika generativního zmlazení byla sledována na trvalých plochách po dobu tří let. Zatímco na všech typech primárních stanovišť byl výskyt semenáčků zaznamenán, tak v případě sekundárního bezlesí se generativní zmlazení v populacích *G. pannonica* vyskytovalo velice vzácně a bylo vázáno na specifická stanoviště v blízkosti toků, které mohou být potenciálně reliktní charakter. Počet semenáčků koreloval pozitivně s vyšším zastoupením mechového patra a holé země a naopak nepříznivé pro výskyt semenáčků je vysoké zapojení bylinného patra a zejména graminoidů. Stanoviště s vyšší vlhkostí vykazují nižší úmrtnost semenáčků. Na základě sledování bylo zjištěno, že v přirozených podmínkách je růst nových semenáčků soustředěn na jarní období, kdy je země dobře zásobena vodou. Na základě získaných dat je zřejmé, že pro úspěšnou generativní reprodukci druhu je zásadní přítomnost vhodných mikrostanovišť s nízkou konkurencí v bylinném patře a dostatečná vlhkost stanoviště. Nepřítomnost generativního zmlazení na většině horských luk druhotného bezlesí je pravděpodobně důsledkem dlouhodobé absence tradičního využívání těchto stanovišť.

Keywords: primary forest-free habitat, secondary montane meadows, subalpine species, clonal species, rare species, soil moisture, seedling survival

Následující pasáž o rozsahu 14 stran obsahuje skutečnosti chráněné autorskými právy a je obsažena pouze v archivovaném originále disertační práce uloženém na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Publikace byla přijata do tisku v časopise Acta Oecologica.

Podíl studenta na publikaci: 70%.



V.
**Co se můžeme dozvědět o historii výskytu
Gentiana pannonica v centrální oblasti Šumavy
z jeho současného rozšíření, stanovištních vazeb
a historického využívání krajiny**

Manuscript

Co se můžeme dozvědět o historii výskytu *Gentiana pannonica* v centrální oblasti Šumavy z jeho současného rozšíření, stanovištních vazeb a historického využívání krajiny.

What we can find out about the history of *Gentiana pannonica* in the central area of the Bohemian Forest from its current distribution, habitat linkages and historical land use.

Ester Ekrtová

¹ Department of Botany, University of South Bohemia, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic, ester.hofhanzlova@centrum.cz

ABSTRACT

The distribution and the habitats of the rare species *Gentiana pannonica* were studied in the central part of the Bohemian Forest. The study area represents the centre of recent distribution of *G. pannonica* in the Czech Republic. In the Bohemian Forest, *G. pannonica* is a typical glacial relict tied to non-forest habitats (cirques of glacial lakes, banks of streams, secondary montane meadows). The most frequent habitat of the species are the short-grasslands and the heaths in the secondary forest-free areas or early successional stands of woody species. Occurrence in the small open sites on the banks of forest streams is typical as well. In the localities with present occurrence of *G. pannonica*, historical maps of the stable cadastre were used for determining the types of habitats approximately 160 years ago. Pastures, dry meadows, and forests represent the most common “historical” type of habitat in the localities with present occurrence of gentians. Based on the results, it is assumed that the open sites along the streams represent the most important type of primary habitat in the central part of the Bohemian Forest. It seems that special human activities (e.g. cultivation in gardens and fields) affected only marginally the general distribution of the species in the study area. Currently, *G. pannonica* occurs in numerous populations in the centre of the Bohemian Forest, especially in the secondary forest-free enclaves. However, successional processes negatively affect the population size, flowering, and habitat quality.

Keywords: *Gentiana pannonica*, the Bohemian Forest, distribution, maps of stable cadastre, nature conservation

Nomenklatura: Kubát et al. (2002), Chytrý (2007, 2011)

ÚVOD

Krajina střední Evropy prošla od konce posledního glaciálu do současnosti řadou významných proměn, během nichž se měnilo zastoupení i složení jednotlivých rostlinných společenstev. S nástupem lesní vegetace v průběhu holocénu docházelo k výraznému ústupu druhů i společenstev vázaných na otevřenou krajinu konce pleistocénu a počátku holocénu. Světломilná společenstva a druhy byly vytlačovány do vyšších poloh, kde se udržovaly na bezlesí nad horní hranicí lesa, či na jiných extrémních stanovištích, kde vzniku souvislého lesního pokryvu bránily edafické či mikroklimatické podmínky (Jeník 1961, Ložek 1973, Jankovská 2004). Až odlesnění krajiny spojené s rozvojem lidské společnosti umožnilo v prostoru střední Evropy opětovné šíření světломilných druhů a rostlinných formací (Lang 1994, Rybníčková & Rybníček 1996).

Mezi území, jejichž současná podoba je ovlivněna oběma procesy, patří bezesporu i oblast Šumavy. Charakteristickým příkladem světломilného druhu, jehož rozšíření a populační početnosti významně ovlivnil rozvoj lesní vegetace i následná kulturní kolonizace Šumavy, je studovaný druh *Gentiana pannonica*.

Hořec panonský je typický příklad druhu s centrem areálu ve východních Alpách, který je vázán na bezlesí. Na území Šumavy se rozšířil pravděpodobně v období posledního glaciálu a na počátku holocénu. Lze předpokládat, že v tehdejší bezlesé krajině Šumavy měl hořec panonský značné rozšíření (Skalický 1998, Procházka & Štech 2002). Tradičně se předpokládá, že s rozvojem lesní vegetace v období atlantiku druh pravděpodobně ustoupil na několik málo lokalit, kde se vlivem geomorfologie terénu udržela nelesní společenstva. Zatímco kary Plešného a Černého jezera představují typické příklady primárního bezlesí, kde mohl druh přežívat, situace v oblasti centrální Šumavy není zdaleka tak jasná. Původně se předpokládalo, že druh mohl přežít v okrajových částech některých rašelinišť (Procházka 1961, Procházka &

Štech 2002). Ovšem dle současných poznatků se zdá, že hlavními refugii mohly být především otevřené, pravidelně narušované plochy na březích horských potoků (Sádlo & Bufková 2002, Hofhanzlová & Fér 2009, Ekrťová & Košnar, accepted).

Předpokládá se, že po odlesnění montánních poloh Šumavy (13.–19. stol.) začal tento světlomilný druh migrovat na člověkem vytvořené louky a pastviny a dosáhl v oblasti centrální Šumavy velkého rozšíření. Jeho výskyt je doložen prakticky na všech výše položených lučních enklávách Šumavy s těžištěm výskytu na Šumavských pláních (Procházka 1961, Anonymus 1972, Procházka & Štech 2002). Zda se zde jednalo pouze o spontánní šíření, či byl druh záměrně pěstován je stále otevřené téma. Odpověď je možné hledat i ve srovnání historických mapových podkladů a recentního rozšíření druhu, podobně jako v případě studií zaměřených spíše na krajinná měřítka (Křováková 2008, Matějka 2009, 2010).

Cílem tohoto příspěvku je podrobné zmapování současného rozšíření druhu *G. pannonica* v oblasti centrální Šumavy s důrazem na sídelní enklávy obcí Kvilda, Horská Kvilda, Filipova Huť, Modrava, Prášily a dále výskyt podél toku Luzenského, Modravského a Roklanského potoka a dalších jejich přítoků. Důvodem pro průzkum centrálních nelesních enkláv byla skutečnost, že srovnání současného výskytu s historickým využíváním krajiny může vnést nové světlo do otázek okolo přežívání druhu v této oblasti ve středním holocénu a potenciálu a rychlosti jeho šíření na člověkem vytvořené lokality. Kromě zachycení stavu populací druhu na vymezeném území na počátku 21. století si práce klade následující otázky: (1) Na jakých stanovištích se druh v oblasti centrální Šumavy v současnosti vyskytuje? (2) Jaká je historie současných stanovišť z pohledu historického mapování, resp. jaký podíl na současném rozšíření druhu mohou mít potenciální výsadby či šíření na antropogenní stanoviště? (3) Jaký je charakter potenciálně refugiálních stanovišť v této oblasti? (4) Je ohroženo dlouhodobé přežívání a vitalita populací druhu ve studované oblasti?

METODIKA

Mapování výskytu *Gentiana pannonica*

Mapování bylo zaměřeno na centrální část Šumavských plání. Pro mapování výskytu bylo vymezeno území nelesních enkláv obcí Kvilda (K), Horská Kvilda (HK), Filipova Huť (F), Modrava včetně nelesních enkláv zaniklé obce Vchynice-Tetov (M), Prášily – Slunečná (S), dále nelesní enklávy Březník (B), Luzenské údolí (LU) a okolí Roklanské hájenky (RH). Podrobně byly revidovány nivy Rokytky (RO), Modravského (MP), Roklanského (RP), Javořího (JP) a Tmavého potoka (TP) v oblasti Modravských slatí. Vybrány byly ty enklávy, kde se kombinuje výskyt druhotného bezlesí s přítomností vodních toků a blízkosti slatí. Z praktických důvodů se práce nezaměřovala na mapování výskytu na ploše lesních komplexů. Jedná se o území velké rozlohy a nalezení jednotlivých rostlin je dílem zde náhody. Detailní rozsah mapování je v elektronických přílohách (Příloha 3). Terénní průzkum probíhal ve vegetačních sezónách 2000 až 2005.

Plocha vybraných území byla procházena podrobně a jednotlivé výskyty hořce byly zakreslovány do mapy ZM 1 : 10 000. V terénu byly zaznamenány všechny nalezené, prostorově oddělené skupiny rostlin nebo vedle sebe se vyskytující skupiny, které byly vázány na rozdílné typy stanovišť (např. louka vs. zarůstající vřesoviště). Pro každé místo výskytu byly zapisovány následující údaje:

1. Datum záznamu
2. Sklon terénu (odhad)
3. Expozice vůči světovým stranám
4. Přibližná rozloha plochy s výskytem *G. pannonica* (odhad)
5. Počet trsů: vymezení „trsu“ bylo v některých případech (např. polykormonální porosty, rozsáhlé plochy výskytu) dosti obtížné. Do počtu 50 byly detailně zaznamenány jednotlivé trsy, při větším počtu byl počet pouze odhadnut. .
6. Počet kvetoucích lodyh: Do počtu 200 byly detailně zaznamenány jednotlivé lodyhy, při větším počtu byl počet pouze odhadnut.
7. Přítomnost dřevin: zaznamenáváno pouze v oblasti nelesních enkláv výše uvedených obcí, není hodnoceno na lokalitách podél toků Rokytky, Modravského, Roklanského, Javořího a Tmavého potoka. Jedná se jednak

o nálet dřevin na původně nelesních plochách a jednak o výskyt hořce na okrajích či v podrostu lesních kultur.

8. Zástin: zaznamenáváno pouze v oblasti nelesních enkláv výše uvedených obcí, není hodnoceno na lokalitách podél toků Rokytky, Modravského, Roklanského, Javořího a Tmavého potoka. Vliv zástinu byl hodnocen kategoriálně (A – zástin, N – bez zástinu). Přítomnost zástinu byla zapsána v případě, když přítomnost dřevin přímo korunami zastiňovala více jak 30% trsů *G. pannonica* v místě výskytu.

9. Habitat: Místo výskytu bylo dle charakteru vegetace přiřazeno k jedné z následujících kategorií – V = vřesoviště (porosty s významným zastoupením keříčků), KT = krátkostébelné trávníky (suché či střídavě vlhké trávníky s dominantním zastoupením nízkých druhů travin – *Nardus stricta*, *Avenella flexuosa* aj.), L = louky (úživnější, vysokostébelnější společenstva na suchých či mezických stanovištích), VL = vlhké louky (vlhká stanoviště, často alespoň zčásti zrašelinělá), N = výskyt pod náletem dřevin, nebo na lesních okrajích, LP – lemy potoků (plochy v bezprostřední blízkosti toku např. nátrže v ploše nivy, hrany břehů, plochy na vnitřních stranách meandrů, vegetace je poměrně uniformní, tvořená řídkými, převážně vysokostébelnými porosty s dominantním zastoupením *Calamagrostis villosa*, jedná se převážně o stanoviště v lesních komplexech na březích toků a v nivách, ale vzácně zaznamenáno i na bezlesí, přímo na hraně koryta ve vegetaci shodné s porosty v lesních komplexech.

10. Vegetační snímek (4 x 4m): snímkována byla náhodně vybraná místa výskytu, tak aby snímky reprezentovaly pokud možno všechny typy stanovišť s výskytem *G. pannonica*.

Digitalizace chorologických údajů

Terénní zákresy výskytu *G. pannonica* byly digitalizovány formou polygonu na podkladu leteckého snímku zpracovaného do podoby ortofotomap (stav k r. 2010, RGB 50cm) v programu ArcView GIS 3.2 (ESRI Inc. 1996).

Využití archivního mapování (Císařské otisky stabilního katastru Čech)

Pro zjištění historického využití jednotlivých ploch s výskytem *G. pannonica* byly použity mapy stabilního katastru v měřítku 1 : 2 880 (Semotanová 2001, technický popis Huml & Michal 2003), pro zájmovou oblast Šumavy vypracované ve třicátých letech 19. století. Na základě těchto map lze dosti přesně zjistit k jakému účelu byla daná plocha využívána a kde ležely usedlosti v období mapování (Matějka 2009, 2010).

Indikační skicy map stabilního katastru byly zapůjčeny Národním archivem v Praze. Jedná se o mapové dílo členěné na mapové listy v kladu Gusterberg. Původní mapové listy byly poté rozřezány na pravidelné čtvrtiny tak, aby byla ulehčena práce s nimi v terénu. Skenovány byly všechny mapové části při rozlišení 400 dpi, přičemž bylo dbáno na přesnou orientaci okrajů dříve rozřezaných mapových listů podle hran tvořících mapové listy v mapovém systému Gusterberg. V prostředí TopoL (www.topol.cz) byly jednotlivé skeny přibližně umístěny a přesně otočeny tak, aby souhlasila jejich orientace v souřadném systému S-JTSK. Poté následovalo přesné umístění všech skenů vzhledem k hranicím mapových listů i tak, aby jednotlivé skeny na sebe navazovaly co možná nejpřesněji. Pro jednotlivá vymezená území tak bylo vytvořeno souvislé zobrazení původní mapy (Matějka 2009).

Na podklad otisku stabilního katastru byla v programu ArcView GIS 3.2 (ESRI Inc. 1996) promítnuta vrstva výskytu *G. pannonica* a pro každý výskyt byla zapsána tzv. kultura, na které se výskyt nacházel (SL – suché louky, P – pastvina, VL – vlhké louky, M – močály, PO – pole, L – les; viz Příloha 1). Pokud se výskyt hořce panonského nacházel v bezprostřední blízkosti, či zcela překrýval původní usedlost, byl výskyt hodnocen jako „Z - zahrada“ (pravděpodobně výsadba při zaniklé usedlosti). V případech, kdy plocha výskytu zasahovala významně do více typů kultur byly zapsány kultury společně (P/SL, P/SL/PO, PO/SL; viz Příloha 1). Pokud byl přesah okrajový a z terénního záznamu bylo jasné, že se jedná pravděpodobně spíše o nepřesnost zakresu výskytu hořce, tak byla zaznamenávána pouze kultura pokrývající většinu plochy výskytu. Výše uvedené případy na kontaktu více kultur se však v celém souboru dat vyskytly spíše ojediněle.

Statistické zpracování

Vegetační data byla analyzována lineární metodou nepřímé gradientové analýzy – analýzou hlavních komponent PCA (Principal component analysis) v programu Canoco for Windows 4.5 (Ter Braak & Šmilauer 2002). Druhá data byla vyjádřena procentickou pokryvností a před analýzou byla logaritmována. Status stanoviště, zaznamenaný pro skupinu rostlin, kde byl zapsán vegetační snímek (viz Příloha 1, 2), byl do ordinačního prostoru promítnut následně po sestrojení ordinačních os. Grafický výstup ordinační analýzy byl vytvořen programem CanoDraw for Windows 4.0 (Ter Braak & Šmilauer 2002).

Variabilita v četnosti kvetoucích populací (považované za kvantitativní proměnnou s Poissonovým rozdělením) byla analyzována log-lineárním modelem. Vysvětlujícím faktorem log-lineárního modelu bylo stanoviště (plně osluněné, nebo zastíněné), faktorem odezvy byl stav populace (kvetoucí, nebo sterilní). K posouzení statistické významnosti interakce mezi stanovištěm a stavem populace byl využit likelihood ratio test (LRT). Výpočty byly prováděny v programu R 2.9.0 (R Development Core Team 2009).

VÝSLEDKY

Mapování výskytu *G. pannonica*

Během vegetačních sezón 2000–2005 bylo na vymezeném území centrální Šumavy zaznamenáno celkem 312 skupin *G. pannonica* (viz Příloha 1 a 3, obr. 1A).

Největší počet výskytů (89) byl zaznamenán v okolí obce Kvilda s největší rozlohou nelesní enklávy na studovaném území. Druh se zde vyskytuje roztroušeně na celé ploše nelesní enklávy. Nejvíce zastoupeny jsou malé skupiny rostlin s výskytem do 20 trsů vázané především na lesní okraje (obr. 1B). Ovšem početné jsou i velké populace na loukách a vřesovištích. Zaznamenány byly výskytů při březích Teplé Vltavy i toku vytékajícího z Jezerní slatě.

Oblast bezlesí Horské Kvildy (celkem 36 skupin) je typická významnější nerovnoměrností výskytu. Početný výskyt je vázán

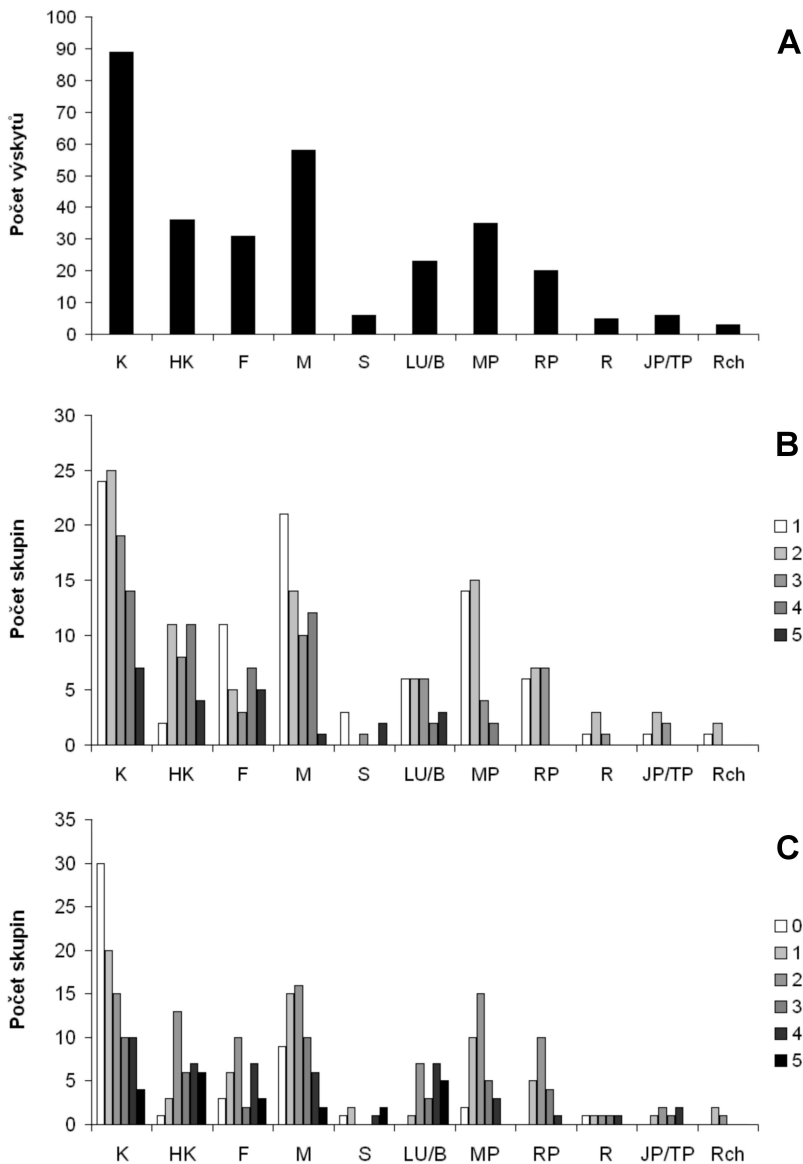
především na sz. část nelesní enklávy, na okolí Zhůřského a Hamerského potoka. Ve východní a jihovýchodní části je lokalit pouze několik jsou vázány převážně na okolí toku Hamerského potoka. Horská Kvilda je také charakteristická nízkým počtem malých skupin o několika trsech. Druh se zde zpravidla vyskytuje v početných skupinách (obr. 1B).

Na bezlesí Filipovy Huti se druh vyskytuje roztroušeně na celém území (celkem 31 skupin), ale početné populace jsou pouze v sv. části enklávy. Naopak v z. až jz. části je velmi vzácný. Nachází se zde několik velmi početných skupin, ale typický je výskyt skupin o několika trsech roztroušeně v lučních porostech i na okrajích lesů (viz obr. 1B).

V oblasti obce Modrava se druh vyskytuje jednak v několika menších skupinách na nelesních plochách v okolí vlastní obce a pak vzácně podél toku Vydry směrem k Antýglu. Ovšem hlavní území výskytu představuje území zaniklé obce Vchynice – Tetov (celkem 58 skupin). Území je typické výskytem malých skupin o několika trsech vázaných především na okraje lesů, kamenných snosů a cest, opravdu početných skupin hořce je velmi málo (obr. 1B). Výskyt druhu je soustředěn na jižní část Vchynicko-Tetovského bezlesí a směrem na sever je již výskyt vzácný až zcela chybí.

V okolí obce Prášily byly detailně prozkoumány nelesní enklávy jižně obce. Bezlesí severně a západně obce bylo mapováno pouze zběžně. Byla nalezena jediná populace a to v oblasti zaniklé obce Slunečná na západně orientovaných svazích nad nivou Jezerního potoka. Proto v dalším textu bude tato lokalita označována jako Slunečná u Prášil. Jedná se o dvě velice početné skupiny rostlin oddělené mohutným kamenným snosem na loukách místy s roztroušeným náletem dřevin a dále čtyři malé skupiny v lučním porostu nebo zcela již zarostlé hustým náletem smrku.

Pro rozšíření druhu na ploše všech výše uvedených nelesních enkláv platí, že se druh se vyhýbá pozemkům významně zasažených zemědělskou intenzifikací a v takto pozměněných částech enkláv je vázán výhradně na lesní okraje.



Obř. 1: Základní charakteristiky výskytu *G. pannonica* na jednotlivých sídelních enklávách a podl toků v oblasti centln Šumavy (K = Kvilda, HK = Horsk Kvilda, F = Filipova Hut', M = Modrava a Vchynice-Tetov, S = Slunen, LU/B = Luzenské dol a Březník, MP = Modravsk potok, RP = Roklansk potok, R = Rokytká, JP/TP = Javoří a Tmav potok, Rch = Roklansk chata). **A)** Celkov počet zaznamenaných výskytů na jednotlivých lokalitách; **B)** Počet zaznamenaných skupin hořce rozdlench dle celkového počtu trsů (dle tab. 1) vyjádřeného pomocí definovaných kategorií (1 = 1-5 trsů, 2 = 6-20, 3 = 21-50, 3 = 51-199, 4 = 200 a více trsů); **C)** Počet zaznamenaných skupin hořce rozdlench dle celkového počtu kvetoucích lodyh v jednotlivých zaznamenaných skupinách hořce (dle tab. 1) vyjádřeného pomocí definovaných kategorií (0 = bez kvetoucích lodyh, 1 = 1-5 lodyh, 2 = 6-20, 3 = 21-50, 3 = 51-199, 4 = 200 a více lodyh).

Specifický případ představuje lokalita Březník a Luzenské údolí (celkem 23 skupin). Studovaný druh je zde hojný a je vázaný především na břehy a nivu Modravského potoka a jeho četných přítoků. Výskyt v trávnicích na svazích údolí byl zaznamenán jen v několika případech. Nejpočetnější je výskyt mnoha stovek rostlin v sev. části území na svahu nad levým břehem potoka při okraji bývalé osady Březník a početný výskyt pokračuje proti proudu potoka za mostem směrem do Luzenského údolí. Celkově však převládá výskyt v menších skupinách čítajících do 50 trsů (obr. 1B).

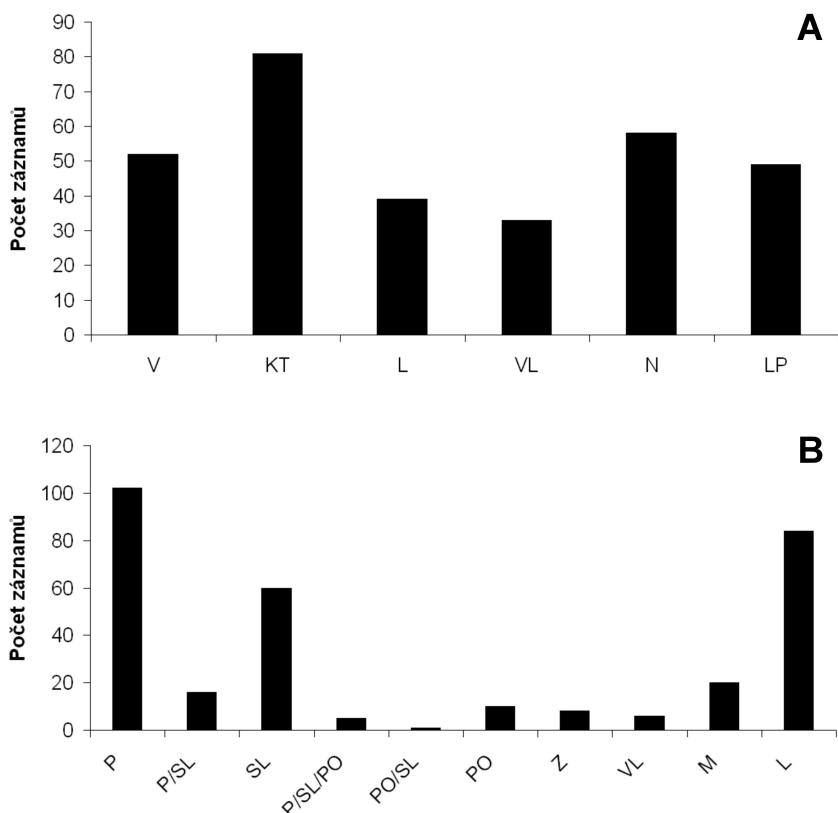
V případě výskytu u Roklanské chaty se jedná o dvě skupiny v těsné blízkosti bývalé hájenky a třetí výskyt se nachází u cesty mezi Roklanské chatou a Březníkem v místech bývalých lesných komplexů, dnes pomalu zarůstajících holin. Představuje typický náhodný výskyt na světlinách v lesních komplexech, které se v oblasti celé centrální Šumavy vyskytují, ale je těžké je souborně zpracovat.

Poslední lokalitou, která představuje typickou nelesní enklávu je údolí Rokytky. *G. pannonica* se zde vyskytuje vzácně v pěti malých prostorově výrazně oddělených skupinách. Vyskytuje se jak v bezprostřední blízkosti toku potoka, tak v sušších plochách uprostřed luk.

Lokalita v údolí Rokytky plynule navazuje na výskyt podél Roklanského potoka. Nad soutokem s Rokytkou byl nalezen pouze jediný trs, ale dále po proudu se vyskytuje dalších 19 skupin. První čtyři jsou vázány na drobné světliny v bezprostřední okolí toku protékajícího lesním komplexem. Další skupiny jsou pak již vázány na odlesněnou část údolí v okolí soutoku s Javořím potokem táhnoucí se až k obci Modrava. Zde je výskyt vázán nejen na nivu a břehy toku, ale také na vřesoviště a louky na svazích nad nivou. Podobně jako v případě Rokytky se jedná především o málo početné skupiny rostlin.

V případě Javořícího potoka, nebyl druh nalezen v úseku mezi soutokem s Roklanským potokem a Javoří pilou. Celkem početná populace se nachází na zarůstajících loukách podél Tmavého potoka navazující na nelesní enklávy u Javoří pily. Podél Javořícího potoka byl pak zaznamenán výskyt pěti skupin v asi dvoukilometrovém úseku od soutoku s Tmavým potokem směrem proti proudu. Druh se zde vyskytuje především v nivě toku, ale také na svazích nad nivou.

Co se týče výskytu druhu podél toku protékajícího lesním komplexem, tak jednoznačně nejbohatší lokalitou je Modravský potok v úseku od Březníku po obec Modrava. *G. pannonica* se vyskytuje roztroušeně až hojně na celém úseku toku. Pouze v místech, kde se tok potoka více zařezává a má balvanité břehy bez rovinatých ploch v nivě, druh většinou chybí.



Obr. 2: Zastoupení jednotlivých typů stanovišť na plochách s výskytem *Gentianna pannonica*. **A)** Zastoupení stanovišť (V = vřesoviště, KT = krátkostébelné trávničky, L = louky, VL = vlhké louky, N = výskyt pod náletem dřevin nebo na lesních okrajích, LP – lemy potoků) ve studované oblasti centrální Šumavy. **B)** Zastoupení „kultur“ dle stabilního katastru (P = pastvina, SL = suché louky, PO = pole, Z = „zahrada“, VL = vlhké louky, M = močály, L = les). Pokud se zakres výskytu hořce nacházel významně na ploše více kultur jsou odděleny lomítkem.

Vegetační charakteristika stanovišť s výskytem *G. pannonica*

Hořec panonský se recentně v oblasti centrální Šumavy nejčastěji vyskytuje v krátkostébelných trávnicích (26 % zaznamenaných výskytů). Naopak nejméně zastoupeným typem stanoviště jsou vlhké louky (11%). Přibližně 16 % skupin *G. pannonica* bylo zaznamenáno na řídké trávnické v lemech potoků, které jsou až na výjimky vázány na nivy potoků protékajících lesními komplexy (obr. 2A).

Pro podrobnější analýzu vegetačních typů s výskytem *G. pannonica* bylo použito 76 fytoocenologických snímků. Vzhledem k malé variabilitě druhového složení byla použita lineární metoda nepřímé gradientové analýzy PCA. První dvě osy analýzy PCA vysvětlily 30,7 % variability druhových dat. Z výsledných ordinačních diagramů jsou patrné dva základní trendy (obr. 3).

Podél první osy se promítá gradient od otevřených slunných stanovišť k těm zastíněným. V případě zastíněných ploch se jedná o „lemovou“ vegetaci podél toku potoků v lesních komplexech a plochy původně nelesních společenstev zarostlé náletem dřevin. Zejména v případě potočních lemů, to jsou řídké trávnické s dominantní *Calamagrostis villosa*, která je ve vzácných případech nahrazena *Carex brizoides* a typickými druhy provázejícími tuto vegetaci jsou *Athyrium distentifolium*, *Ligusticum mutellina* a *Soldanella montana*. Stanoviště pod náletem dřevin mívají různorodý charakter, jelikož vznikly z různých typů původně nelesních stanovišť. V řadě případů jsou pro ně charakteristické druhy společné s vřesovištní vegetací (*Vaccinium myrtillus*, *Homogyne alpina*, *Melampyrum pratense* aj; obr. 3).

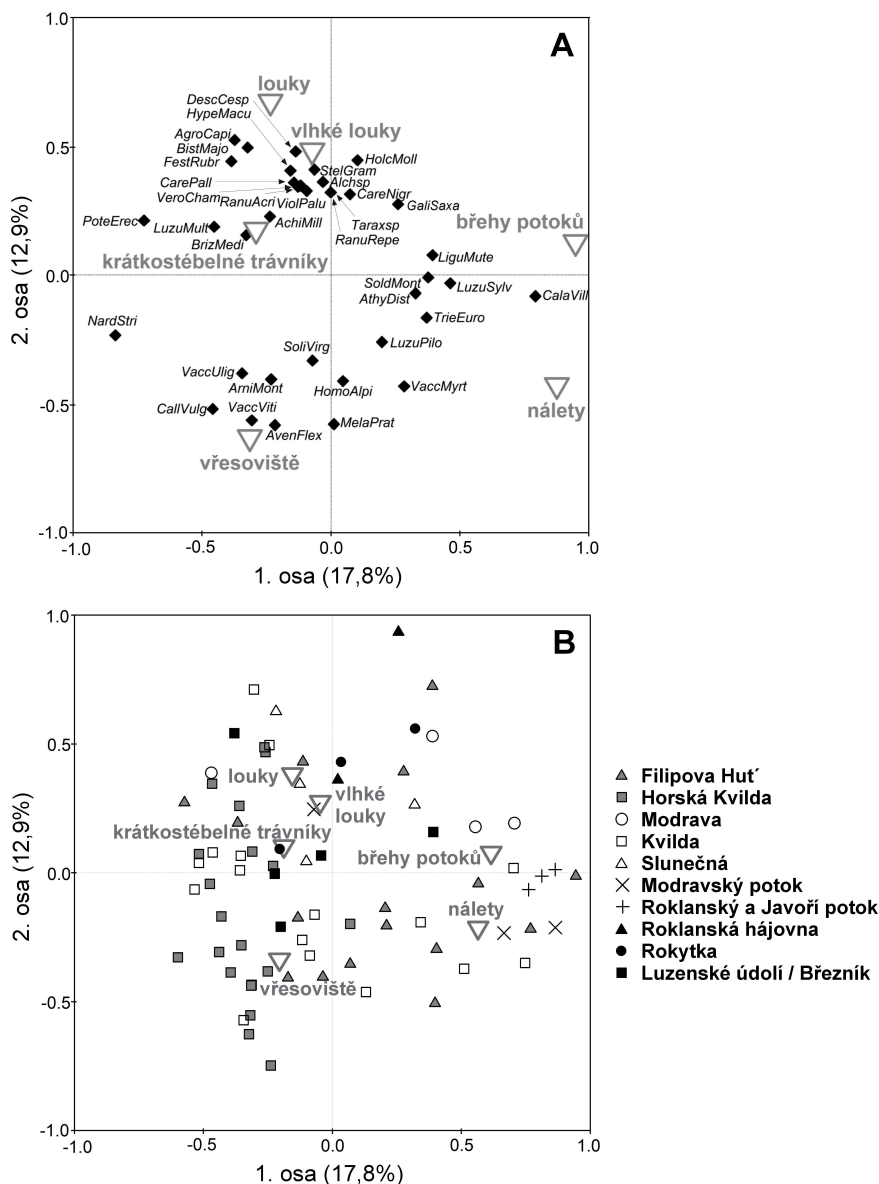
Druhá osa odpovídá gradientu vlhkosti a živin. Ve spodní části ordinačního prostoru se objevují snímky zapsané na suchých, živinami chudých vřesovištích zatímco v horní polovině diagramu jsou snímky z vlhkých a v některých případech živinami obohacených luk. (obr. 3).

Z fytoocenologického pohledu lze nejlépe klasifikovat vřesovištní vegetaci, která často představuje typickou ukázkou as. *Vaccinio-Callunetum vulgaris* (sv. *Genisto pilosae-Vaccinion*) v různém stupni degradace způsobené především expanzí *Avenella flexuosa*, případně *Nardus stricta* a *Calamagrostis villosa*. Druhým relativně dobře definovatelným společenstvem jsou krátkostébelné trávnické blízké sv. *Violion caninae* s dominantním zastoupením *Nardus stricta*. V případě

dalších lučních společenstev, kde hořec panonský nacházíme, je již fytoecologická klasifikace obtížnější. Jedná se o úživnější variantu smilkových trávníků, kde je hojně zastoupena *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*, *Bistorta major*, *Hypericum maculatum* aj. Na vlhčích místech může být více zastoupena *Deschampsia cespitosa*. Zejména v případě nejvýše položených nelesních enkláv podél potoků (Luzenské údolí, Rokytka) se druh vyskytuje v silně ochuzených derivátech rašelinných luk zařaditelných nejbliže sv. *Caricion canescenti-nigrae*. V těchto porostech dominuje většinou trsnatá forma *Carex nigra* či *Deschampsia cespitosa*, vzácně *Molinia caerulea*. V případě lemových porostů podél toků a vegetace náletových dřevin je fytoecologická klasifikace obtížná místy až nemožná. Na světlinách podél toku potoků v lesních komplexech má vegetace podobný charakter i druhové složení jako vysokostébelné trávníky na skalních teráskách v karech Plešného a Černého jezera, kde se jedná o ochuzené varianty sv. *Calamagrostion villosae*.

Box 1: legenda ke druhům zobrazeným v ordinačních diagramu (obr. 3A)

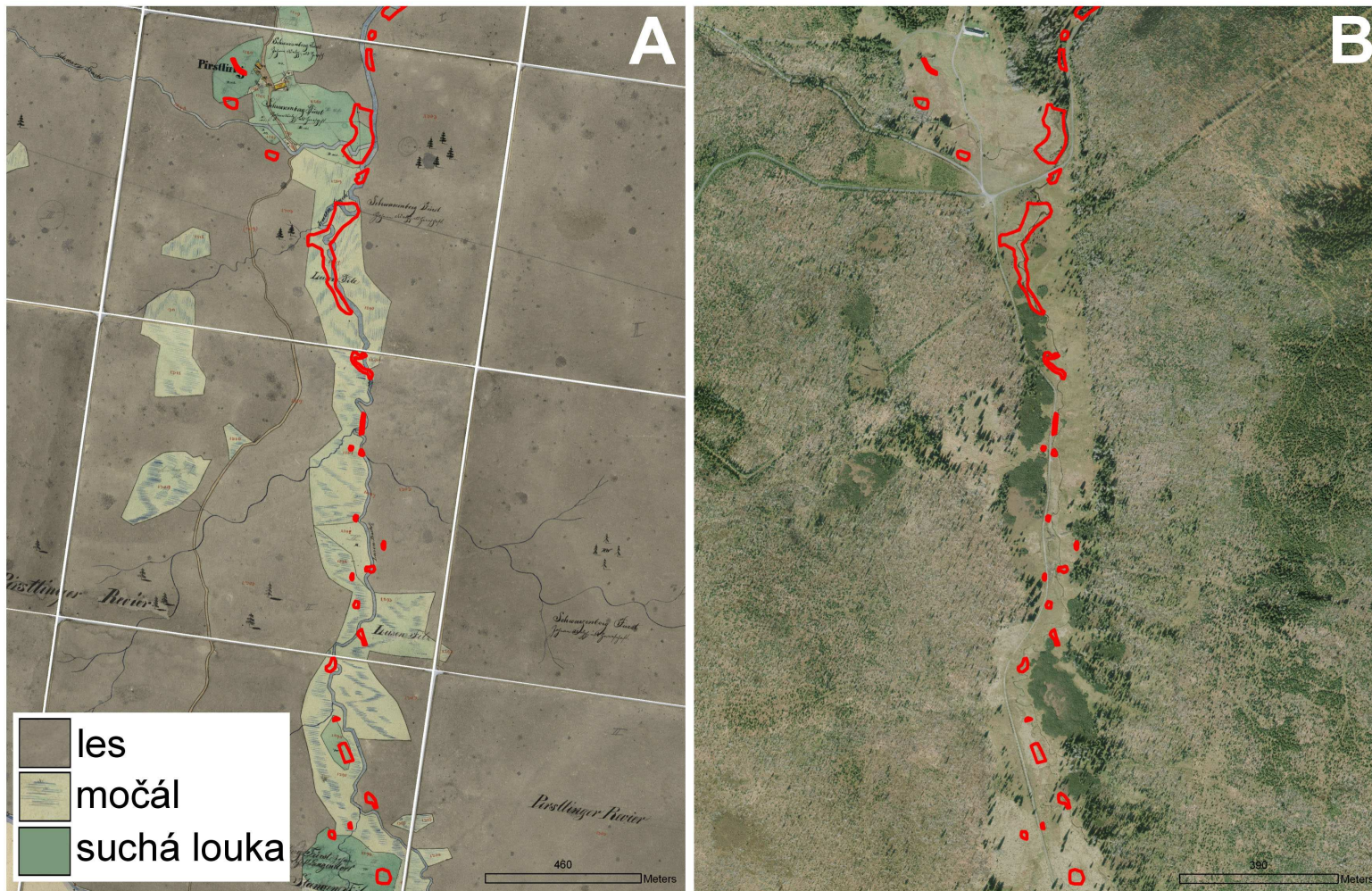
AgroCapi = *Agrostis capillaris*, AchiMill = *Achillea millefolium*, Alchsp = *Achillea* sp., ArniMont = *Arnica montana*, AthyDist = *Athyrium distentifolium*, AvenFlex = *Avenella flexuosa*, BistMajo = *Bistorta major*, BrizMedi = *Briza media*, CalaVill = *Calamagrostis villosa*, CallVulg = *Calluna vulgaris*, CareNigr = *Carex nigra*, CarePall = *Carex pallescens*, DeschCesp = *Deschampsia cespitosa*, FestRubr = *Festuca rubra*, GaliSaxa = *Galium saxatile*, HolcMoll = *Holcus mollis*, HomoAlpi = *Homogyne alpina*, HypeMacu = *Hypericum maculatum*, LiguMute = *Ligusticum mutellina*, LuzuMult = *Luzula multiflora*, LuzuPilo = *Luzula pilosa*, LuzuSylv = *Luzula sylvatica*, MelaPrat = *Melampyrum pratense*, NardStri = *Nardus stricta*, PoteErec = *Potentilla erecta*, RanuAcri = *Ranunculus acris*, RanuRepe = *Ranunculus repens*, SoldMont = *Soldanella montana*, SoliVirg = *Solidago virgaurea*, StelGram = *Stellaria graminea*, Taraxsp = *Taraxacum* sp., TrieEuro = *Trientalis europaea*, VaccMyrt = *Vaccinium myrtillus*, VaccUlig = *Vaccinium uliginosum*, VaccViti = *Vaccinium vitis-idaea*, VeroCham = *Veronica chamaedrys*, ViolPalu = *Viola palustris*



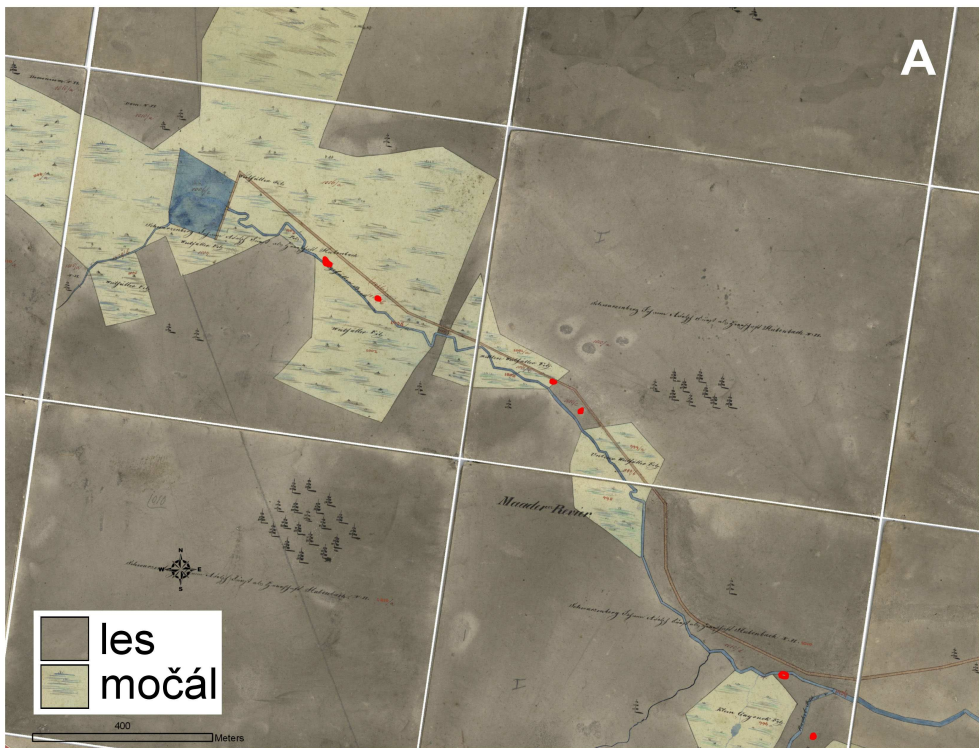
Obr. 3: Zobrazení fytoecologických snímků a jejich druhového složení v prostoru ordinačního diagramu PCA. (A) Ordinační diagram PCA druhového složení zkoumaných lokalit s promítnutím statutu stanoviště, kde byl zapsán snímek. 37 nejlépe fitujících druhů je zobrazeno bodově (bod odpovídá konci šipky). Legenda ke druhů viz. Box 1. (B) Ordinační diagram rozložení fytoecologických snímků zkoumaných lokalit s promítnutím statutu stanoviště, kde byl zapsán snímek.

Historické využití ploch se současným výskytem *G. pannonica*

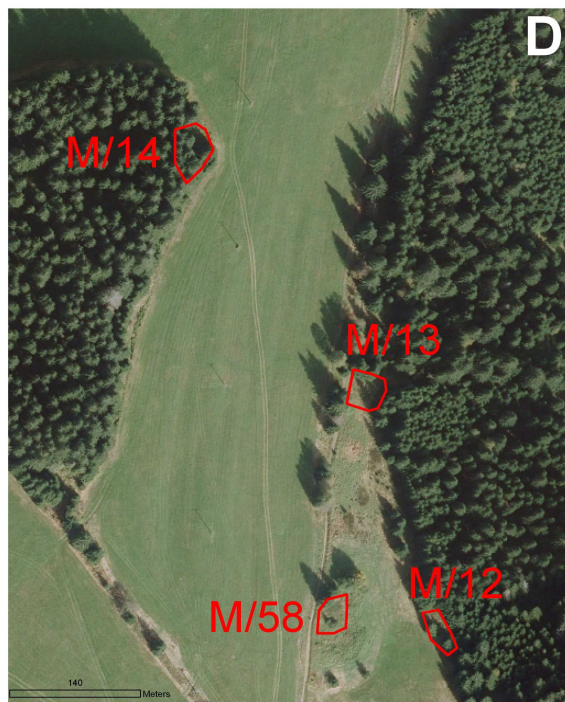
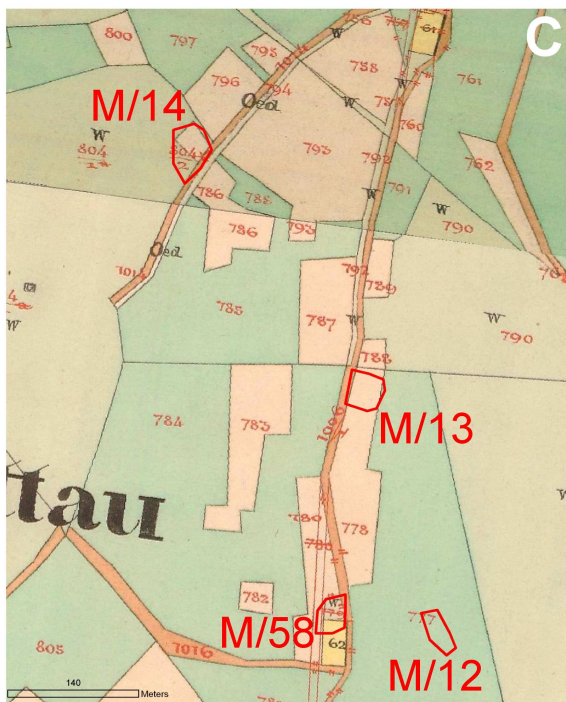
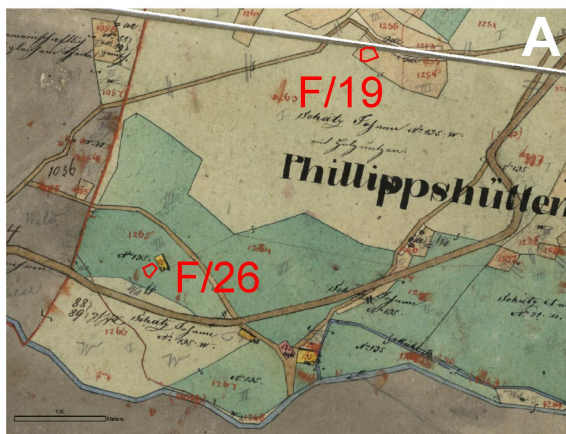
Promítnutím vrstvy současného výskytu *G. pannonica* na podklad otisku stabilního katastru byla zjištěna vazba na 6 typů různých „kultur“. Nejčastěji se jedná o pastviny (33%) a suché trávníky (20%), případně kombinaci obou „kultur“ (5%). Překvapivě početné je i zastoupení výskytu v historických lesních porostech (27%), což je téměř dvakrát více než v současnosti (obr. 2A,B). Výskyt na ploše slatí a močálovitých stanovišť není častý (6%). Jedná se především o populace na nejvýše položených nelesních enklávách v oblasti Luzenského údolí (obr. 4), Rokytky (obr. 5), případně výskyt na okraji Jezerní slati u Kvildy (K/83). Výskyt na „kultuře“ definované jako vlhké louky je vzácný (pouze 6 případů). Také výskyt na historických polních kulturách je okrajovou záležitostí. Porost hořce vázaný na polní parcelu byl zaznamenán v deseti případech a v šesti dalších zasahovala plocha výskytu kromě pole významně na plochy pastvin a suchých luk. Na plochách, které byly v 19. století polní kulturou se v současnosti jedná zejména o malé skupiny rostlin vázané na ekoton luk a lesních kultur, často se vyskytující již pod porostem dřevin. Méně případů pak představují současné luční porosty a ojedinělý je výskyt jedince v bezprostřední blízkosti kamenných snosů zarostlých vřesovištní vegetací. Současná početná populace na ploše bývalého pole je spíše výjimkou. Konkrétně se jedná o populace na lokalitě Slunečná u Prášil a ojediněle v oblasti bývalé osady Vchynice-Tetov u Modravy (viz Příloha 1, M/35). V osmi případech se zákres výskytu nacházel v bezprostřední blízkosti, nebo překrýval polohu roubených usedlostí (obr. 6, Příloha 1).



Obr. 4: Zákresy současného výskytu *G. pannonica* (červeně) na lokalitě Luzenské údolí/Březník na podkladu historické mapy otisku stabilního katastru (A) a na podkladě současné ortofotomapy (B).



Obr. 5: Zákresy současného výskytu *G. pannonica* (červeně) na v údolí potoka Rokytká na podkladu historické mapy otisku stabilního katastru (A) a na podkladě současné ortofotomapy (B).



- pastvina
- suchá louka
- pole
- roubené stavení

Obr. 6: Příklady výskytu *G. pannonica* na ploše historických polí a v blízkosti dnes již zaniklých usedlostí na sídelní enklávě Filipovi Huti (A) a dnes zaniklé obce Vchynice-Tetov (C). Na podkladu současné ortofotomapy je zobrazen stav ploch po přibližně 160 letech (B, D).

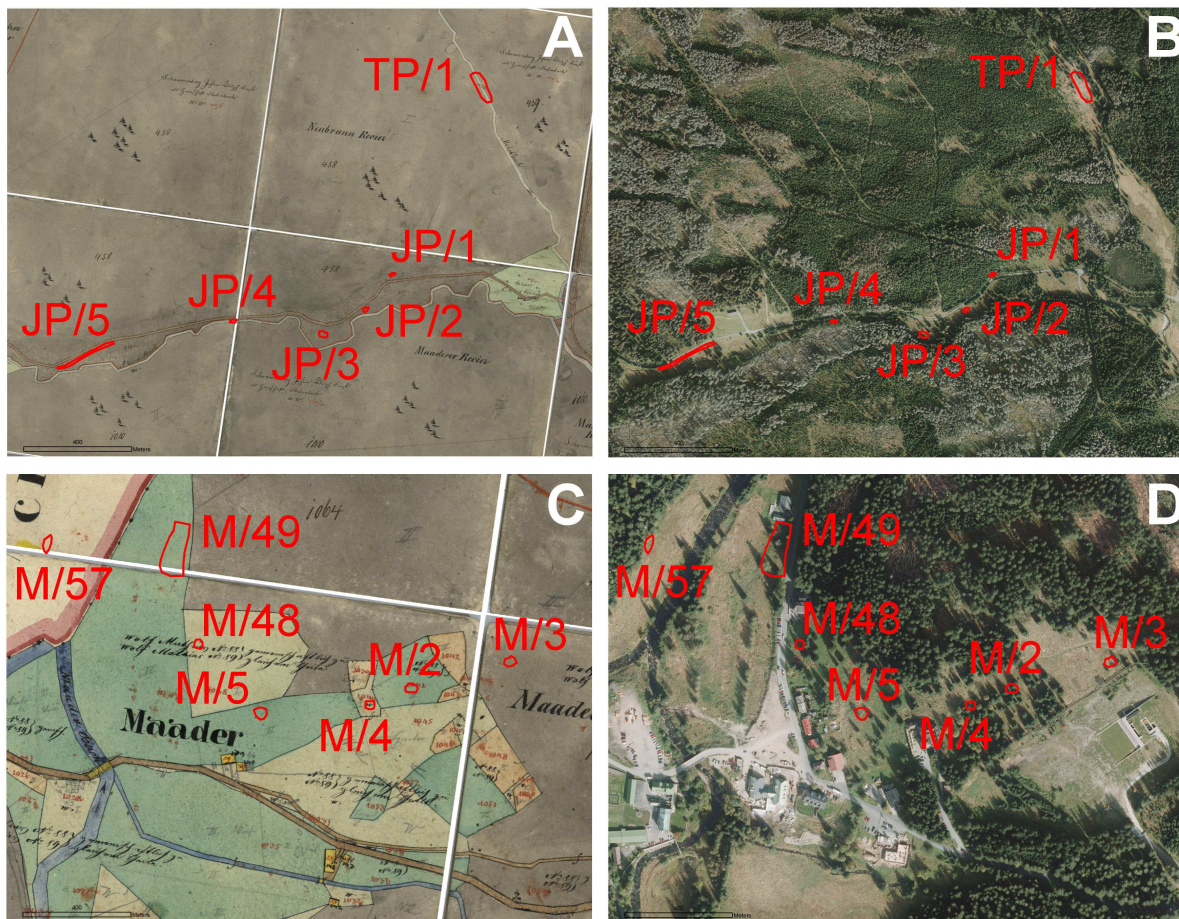
Vliv zástinu na kvetení *G. pannonica*

Z celkového počtu 312 zaznamenaných výskytů hořce panonského bylo 58 výskytů nalezeno na plochách původně nelesních stanovišť v současné době zarostlých náletem dřevin nebo na zastíněných okrajích lesních kultur (viz obr. 2A). Celkem bylo zástinem ovlivněno 105 zaznamenaných výskytů druhu v oblasti hlavních nelesních enkláv (Kvilda, Horská Kvilda, Modrava, Filipova Huť, Luzenské údolí/Březník, Slunečná), což celkem představuje téměř polovinu (43%) všech zaznamenaných výskytů na výše uvedených hodnocených enklávách. Nejvíce jsou zástinem ovlivněny populace v oblasti Kvildy (54%) a v oblasti Modravy (52%). Nejmenší podíl zaznamenaných skupin ovlivněných zástinem je pak v okolí Filipovy Huti (32%). Jediné území, kde zástin nebyl zaznamenán je oblast Luzenské údolí/Březník. Druh se zde vyskytuje prakticky vždy na otevřených plochách a zastoupení soliterních dřevin na ploše bezlesí je celkem nízké a díky většinou nízkému vzrůstu významný zástin nezpůsobují.

Četnost kvetení druhu v rozsáhlých nelesních enklávách (viz tab. 1) byla průkazně nižší na zastíněných stanovištích (LRT, $X_{21}=5,4753$; $P<0,02$). Pravděpodobnost, že populace nedokáže vykvést, byla v zastíněných stanovištích dvakrát vyšší (25%) než na stanovištích osluněných (13%, tab. 1).

Tabulka 1: Počty sterilních i kvetoucích populací populací na zastíněných i osluněných stanovištích a pravděpodobnost jejich kvetení analyzovaná log-lineárním modelem.

| Stanoviště | Populace | | Pravděpodobnost kvetení populace |
|------------|----------|----------|----------------------------------|
| | sterilní | kvetoucí | |
| osluněné | 18 | 120 | 87% |
| zastíněné | 26 | 79 | 75% |



Obr. 7: Příklady výskytu *G. pannonica*, na jejichž ploše byl v první polovině 19. století mapován les, zatímco přinejmenším posledních 60. let se jedná o území bezlesé. (A) Celá oblast s výskytem *G. pannonica* v údolí Javořího a Tmavého potoka je na historické mapě vedena jako les, (B) V současnosti leží na břehu toku protékající lesním porostem pouze skupina JP/4 zatímco skupiny JP/5, TP/1 reprezentují typické stanoviště sekundárního bezlesí, stanoviště ostatních výskytů mají přechodný charakter. (C) Příklad na ploše sídelní enklávy obce Modrava, skupina M/3 leží na místě, kde byl ještě v první polovině 19. století mapován les, (D) pohled na současný charakter ploch ve výřezu, kde se jedná o plochu již desítky let bezlesou s vyvinutými suchými trávníky.

- w pastvina
- suchá louka
- les
- roubené stavení

DISKUZE

Rozšíření a charakter stanovišť *G. pannonica* v oblasti centrální Šumavy

Výskyt *G. pannonica* je ze Šumavy znám již velmi dlouho a historické údaje zahrnují velkou část dnes známých lokalit (Čelakovský 1868–1883). Na základě srovnání dostupných prací a mapování provedeného v letech 2000–2005 lze konstatovat, že za posledních 50 let nedošlo k dramatické změně rozšíření hořce panonského na zkoumaném území. Druh je v této oblasti stále poměrně hojný. Přesné srovnání však není možné vzhledem k nedostatečné lokalizaci historických údajů (Procházka 1961, Anonymus 1972, Procházka & Štech 2002). V porovnání s literárními údaji (Procházka 1961, Anonymus 1972) se nepodařilo ověřit recentní výskyt v okolí Prášil. Druh nebyl zjištěn ani při detailním průzkumu na zarůstajících nelesních enklávách jižně obce. Na zbytcích nelesních stanovišť sz., s., a sv. obce byl průzkum méně intenzivní a nelze vyloučit, že zde nějaké lokality mohou existovat. Jediná lokalita v této oblasti byla nalezena na území bývalé obce Slunečná.

Na základě publikovaných údajů je zřejmé, že typy stanovišť, na které je výskyt *G. pannonica* vázán se také za poslední půlstoletí příliš nezměnily. Druh je stále vázán na vegetaci krátkostébelných trávníků, vřesovišť, okraje potoků a vzácně ho lze nalézt i na lesních světlinách, jen degradace některých typů stanovišť pravděpodobně výrazně pokročila (Procházka 1961, Anonymus 1972, Kirschner & Kirschnerová 2000). Jediným rozdílem je jiný pohled na syntaxonomické hodnocení druhově chudých, krátkostébelných trávníků s dominantní *Nardus stricta*, které *G. pannonica* často provází (Chytrý et al. 2010). Na základě jejich geneze (nedosahují horní hranice lesa) a absence floristických elementů alpského bezlesí je nelze řadit ke sv. *Nardion strictae* či sv. *Nardo strictae-Agrostion tenuis*, jak uvádí starší literatura (Procházka 1961, Anonymus 1972, Kirschner & Kirschnerová 2000). Přestože fyziognomický charakter porostů je blízký výše uvedeným společenstvům, jedná se o ochuzené a živinami extrémně chudé varianty sv. *Violion caninae* na odlesněných plochách horského stupně.

Historie populací *G. pannonica* v oblasti centrální Šumavy

Z pohledu dávné historie populací *G. pannonica* v oblasti centrální Šumavy je významná otázka, zda a kde tento světlomilný druh přežíval v tomto území lesnaté období středního Holocénu. Původní představa, že druh přežíval na okrajích slatí (Procházka & Štech 2002) naráží na skutečnost, že v současnosti jsou výskyty tohoto typu velice vzácné a většinou navazují na sousední druhotné bezlesí nebo jsou v blízkosti vodního toku (obr. 4, 5). Vzhledem k ekologickým vlastnostem druhu i výsledkům molekulárních analýz se zdá, že v území centrální Šumavy hlavní refugiální roli hrály světliny podél potoků (Sádlo & Bufková 2002, Hofhanzlová & Fér 2009, Ekrťová et al. 2012, Ekrťová & Košnar, accepted). Tento předpoklad potvrzuje i poměrně početný recentní výskyt druhu podél toků a to nejen v lesních komplexech Modravských slatí, ale také přímo na bezlesí současných i bývalých sídelních enkláv. Břehy potoků jsou díky disturbančním vlastnostem vodního toku značně dynamickým stanovištěm a právě dynamika stanoviště (typická pro lokality v karech) je zřejmě rozhodujícím faktorem pro úspěšné přežívání a šíření druhu.

Pokud se podíváme na výskyt hořce panonského na sekundárním bezlesí, tak se obecně soudí, že k šíření druhu došlo po odlesnění v souvislosti s kolonizací území, která začíná ve vrcholném středověku (Prach et al. 1996, Procházka & Štech 2002). Na základě získaných dat však lze uvažovat, že část populací na sekundárním bezlesí mimo břehy toků mohla mít také reliktní charakter. Druh mohl kromě břehů potoků vzácně přežívat na lesních světlinách a již zmiňovaných okrajích slatí. Jelikož *G. pannonica* dokáže ve sterilním stavu přežívat desítky let v lesním zástínu, což potvrzuje současný izolovaný výskyt v zapojených lesích. Od hlubokého pravěku až do období ranného středověku mohlo docházet vlivem přírodních disturbancí k místnímu prosvětlování a lokálně mohl být zápoj lesa ovlivněn i speciálními sídelními aktivitami (horské přechody, zemské stezky, rituální aktivity či doplňková ekonomická činnost v nižších polohách sídlících komunit). K dlouhodobému přežití druhu v lesních porostech do současnosti mohla také významně přispívat lesní pastva, které byla od středověku významným faktorem, který ovlivňoval stav a podobu šumavských lesů

i v těch nejvyšších polohách a výrazně je prosvětloval (Beneš 1996, Komárek 2010).

Výše uvedený předpoklad může podporovat i pohled do historické mapy stabilního katastru. Tam se ukazuje, že některé enklávy jak podél toků, tak mimo ně s výskytem *G. pannonica* v současné době bezlesé, byly ještě v první polovině 19. století lesem (obr. 4, 5, 7) a v ojedinělých případech leží stále na lesní půdě (K/28, K/29, K/30). Je možné, že se jednalo o silně prosvětlené porosty pod dlouhodobým vlivem pastvy, které se současným vnímáním lesního porostu nemělo mnoho společného. Druh zde mohl teoreticky dlouhodobě přežívat. Kompletní odlesnění ploch v první polovině 19. století vedených ještě jako les mohlo pravděpodobně souviset z vykoupením práva pastvy v lesích v druhé polovině 19. století (Beneš 1996) a tedy nutností zajistit větší rozlohu pastvin.

Výše uvedená interpretace je pouze jedno z možných vysvětlení. Stále existuje i možnost, že druh se i v posledních 200 letech na studovaném území relativně intenzivně šířil. Hořec panonský mohl kolonizovat lesní stanoviště až po jejich odlesnění v průběhu 19. a 20. století. Tento předpoklad by podporovala i skutečnost, že po vysídlení původního obyvatelstva došlo údajně k rapidnímu nárůstu populačních početností druhu v celé oblasti centrální Šumavy (Procházka 1961, Procházka & Štech 2002). Zde ovšem narážíme na současné poznatky o biologii, genetické diverzitě a generativní reprodukci druhu, které jeho rychlé intenzivní šíření příliš nepodporují (Ekrťová et al. 2012, Ekrťová & Košnar, accepted). Zprávy o dramatickém ústupu druhu v 1. polovině 20. století vlivem sběru jeho oddenků, mohou být zavádějící. Vychází zřejmě z informací o výkupu oddenků (Procházka 1961, Procházka & Štech 2002) a zprávách o jejich vyrýpávání (Hilitzer 1935). Pravděpodobně se však jedná o důsledek obtížné naležitelnosti fertilních rostlin v silně spásané krajině sídelních enkláv centrální Šumavy, jelikož i z historických údajů vyplývá, že druh byl v oblasti Šumavy rozšířen spíše vzácně a zprávy o početných populacích jsou ojedinělé (Čelakovský 1868–1883, Krist 1933). Rychlý vzrůst populačních početností po roce 1945 (Procházka 1961) byl pak pouze výsledkem „zviditelnění“ rostlin po ústupu intenzivní pastvy z důvodu politických změn. Dobytek totiž hořce často selektivně spásá (osobní pozorování). Na druhou stranu je možné, že nepřítomnost generativního zmlazení na většině lokalit sekundárního

bezlesí je pouze důsledek změny využívání krajiny v posledních 60. letech a situace před rokem 1945 mohla být zcela jiná.

Otázkou nadále zůstává i podíl cíleného vysazování na šíření této lékárnicky využívané a dekorativní rostliny. Vizualizací současného výskytu druhu na historický mapový podklad stabilního katastru se ukazuje, že podíl výskytu druhu v bezprostřední blízkosti lidských sídel („výsadba v zahrádce“), nebo na ploše polních kultur je překvapivě malý (viz obr. 6). Výjimku představuje pouze populace na Slunečné u Prášil a je tedy možné, že výskyt druhu na této lokalitě může být antropogenního původu.

Vysvětlení výskytu *G. pannonica* na ploše bývalých polí lze vysvětlit dvojím způsobem. Mohlo se jednat o pozůstatky cílené výsadby za účelem produkce „radix gentianae“, který byl lékárníky vykupován a mohl sloužit i k domácí výrobě likéru (Procházka & Štech 2002). V případech, kdy současný výskyt zasahuje plochu bývalých polí společně s pastvinami a/nebo suchými loukami, je možné teoreticky předpokládat že se na plochu opuštěného pole rozšířil druhotně díky příznivým mikroklimatickým podmínkám pro klíčení a přežívání semenáčků z okolních populací na pastvinách a suchých loukách. Na základě výše uvedených zjištění však vyplývá, že výsadby antropogenního původu (pozůstatky bývalých zahrádek, pěstování, či šíření na polních kulturách) neměly na současné rozšíření a početnost populací na sekundárním bezlesí centrální Šumavy významný vliv.

Výše uvedené závěry vycházejí ze zjištění získaných promítnutím současného výskytu na historickou mapu stabilního katastru a správnost těchto závěrů je do jisté míry závislá na přesnosti zákresů současného výskytu druhu a přesnosti historického mapování. Terénní záznamy výskytu druhu byly do současné ortofotomapy překreslovány z map ZM 1 : 10 000, což sebou samozřejmě nese určité nepřesnosti. Nicméně díky vysoké kvalitě ortofotomap, podrobným poznámkám o každém konkrétním výskytu a dobré znalosti terénu se domnívám, že posuny v zákresech nejsou významné. Překvapivá je přesnost historických map, kde změny jednotlivých „kultur“, často s neuvěřitelnou přesností reflektují změny stanovišť přetrvávající do současnosti. Na základě těchto zjištění je možné vyloučit významný vliv nepřesnosti map na celkové výsledky této práce.

Ochrana populací *G. pannonica*

Při pohledu na počet lokalit a velikost populací *G. pannonica* v oblasti centrální Šumavy by se mohlo zdát, že druh žádnou cílenou ochranu nepotřebuje. Ochrana populací dlouhověkých druhů však může být velice zrádná. Druh je stále objektivně přítomen, ale vzhledem k neoptimálním podmínkám jeho biotopu mohou chybět juvenilní stádia nebo druh zcela ztratí schopnost generativní reprodukce (Heinken-Šmídová & Münzbergová 2012). Toto se potvrzuje i v případě *G. pannonica*.

Výzkum hořce panonského ukázal, že přítomnost generativního zmlazení druhu v oblasti centrální Šumavy je vzácným jevem omezeným pouze na stanoviště v těsné blízkosti vodních toků (Ekrtová & Košnar, accepted). Naproti tomu výsledky genetické struktury populací ukazují, že druh se i v populacích na sekundárním bezlesí v minulosti generativně rozmnožoval (Hofhanzlová & Fér 2009, Ekrtová et al 2012).

Z dlouhodobého hlediska je významný i problém zachování nelesního charakteru stanovišť *G. pannonica*. V oblasti hlavních nelesních enkláv (Kvilda, Horská Kvilda, Modrava, Filipova Huť) je na ploše 61% populací zaznamenána přítomnost náletových dřevin a v 43% případech dochází již k zástinu rostlin, což snižuje jejich vitalitu a míru kvetení. Vzhledem k dlouhověkosti druhu a jeho schopnosti snášet zástin, to neznamena bezprostřední pokles počtu či zánik jeho populací v blízké budoucnosti. Ovšem významně to snižuje jeho reprodukční potenciál a degraduje celkový charakter jeho stanovišť důležitých pro další, často více citlivé druhy rostlin i živočichů. S omezováním přirozené sukcese dřevin by měla probíhat i snaha o obnovu tradičního využívání těchto biotopů. Periodická, intenzivní pastva způsobující narušení kompaktního travního drnu by mohla přispět k obnově generativního zmlazení nejen *G. pannonica*, ale i jiných vzácných konkurenčně slabých druhů.

Z praktického hlediska je velice důležitá i ekonomická stránka věci. Pokud je například likvidace náletových dřevin prováděna pravidelně a včas jsou finanční náklady řádově nižší, než když je odstraňován „vzrostlý les“. Také je potřeba zmínit, že regenerace nelesního biotopu po odstranění pokročilého stádia sukcese může být značně problematická (expanze nežádoucích druhů, dlouhodobá regenerace apod.). V těchto případech totiž často hrozí, že se nám možná podaří zachránit konkrétní druh (zde *G. pannonica*), ale ne jeho biotop jako celek, který

v zachovalém stavu může hostit řadu dalších významných druhů rostlin a živočichů. Právě komplexní ochrana by měla být cílem smysluplné ochrany přírody. Vlajkové druhy, jako například hořec panonský mohou být dobrým podpůrným argumentem pro realizaci efektivní aktivní ochrany.

PODĚKOVÁNÍ

K. Matějkovi děkuji za poskytnutí a přípravu map stabilního katastru pro použití v prostředí GIS a všechny rady s touto částí práce spojené. L. Ekrtovi, J. Košnarovi a M. Štechovi děkuji za pomoc a cenné připomínky při finálním zpracování této publikace. Správě NP Šumava děkuji povolení k vstupu do běžně nepřístupných oblastí a za možnost ubytování, které mě velice usnadňovalo práci v terénu. Za finanční podporu vděčím GA AV ČR 6141901, FRVŠ 1281/2002, MŠMT 1K03011, Mattoni Awards v letech 2002 a 2003.

LITERATURA

- Anonymus [Kolektiv pracovníků Jihočeské pobočky ČBS] (1972): Atlas rozšíření rostlin v jižní části Čech. – Sbor. Jihočes. Muz. v Českých Budějovicích, přír. vědy XII – supplementum 3: 24–29.
- Beneš J. (1996): Les a bezlesí. Vývoj synantropizace české části Šumavy. – Zlatá stezka 2: 11–33.
- Čelakovský L. (1868–1883): Prodromus květeny české. Vol. 2: 288, Vol. 4: 806. – Arch. Přírod. Výzk. Čech, sect. 3a, Praha.
- Ekrtová E. & Košnar J. (accepted): Habitat-related variation in seedling recruitment of *Gentiana pannonica*. – Acta Oecologica.
- Ekrtová E., Štech M. & Fér T. (2012): Pattern of genetic differentiation in *Gentiana pannonica* Scop.: did subalpine plants survive glacial events at low altitudes in Central Europe? – Pl. Syst. Evol. 298(7):1383–1397.
- ESRI Inc. (1996): ArcView GIS: the geographic information system for everyone. – Environmental Systems Research Institute Redlands, California.
- Heinken-Šmídová A. & Münzbergová Z. (2012): Population dynamics of the endangered, long-lived perennial species, *Ligularia sibirica*. – Folia Geobot. 47(2): 193–214.

- Hilitzer A. (1935): Nezbytná ochrana hořce šumavského (*Gentiana pannonica* Scop.). – *Krásna našeho domova* 27: 116.
- Hofhanzlová E. & Fér T. (2009): Genetic variation and reproduction strategy of *Gentiana pannonica* in different habitats. – *Flora* 204: 99–110.
- Huml M. & Michal J. (2003): Mapování 10. – ČVUT, Praha.
- Chytrý M. [ed.] (2007): Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. – Academia, Praha.
- Chytrý M. [ed.] (2011): Vegetace České republiky 3. Vodní a mokřadní vegetace. – Academia, Praha.
- Chytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V. & Lustyk P [eds] (2010): Katalog biotopů České Republiky Ed. 2. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Jankovská V. (2004): Plešné jezero – archiv informací o holocénním a svrchněpleistocénním charakteru vegetace, krajiny a jezerního biotopu (první výsledky). – In: Dvořák L. & Šuster P. [eds], Aktuality šumavského výzkumu II, p. 158–163, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk.
- Jeník J. (1961): Alpínská vegetace Krkonoš, Kralického sněžníku a Hrubého Jeseníku, teorie anemo-orografických systémů. – Naklad. Čes. Akad. věd, Praha.
- Kirschner J. & Kirschnerová L. (2000): Gentianaceae Juss. – hořcovité, – In: Slavík B. [ed.], Květena ČR 6: 72–110, Academia, Praha.
- Komárek J. (2010): Poslední Bójové. – In: Cílek V., Archeus, p. 241–260, Dokořán, Praha.
- Krist V. (1933): Hořce Československé republiky. – Sborn. Klubu přírodověd. v Brně 16: 60–139.
- Křováková K. (2008): Vegetace Šumavy v novověku: přínos historickogeografických a paleobotanických dat. – In: Beneš J. & Pokorný P. [eds], Bioarcheologie v České republice, p. 471–488, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká Fakulta, Archeologický ústav akademie věd ČR, České Budějovice – Praha.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. & Štěpánek J. [eds] (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha.

- Lang G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse, mit 54 Tabellen / Gerhard Lang. – Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York.
- Ložek V. (1973): Příroda ve čtvrtohorách. – Academia, Praha.
- Matějka K. (2009): Vývoj užití země jako zdroj diversity v krajině Šumavy. – Příroda 28: 141–161.
- Matějka K. (2010): Landscape structure / development and vegetation in the example of the transect Vrchlabí – Bílé Labe springs. – Opera Corcontica, 47 (Suppl. 1): 107–122.
- Prach K., Štech M. & Beneš J. (1996): Druhotné bezlesí – opomíjená složka biodiverzity Šumavy. – Silva Gabreta 1: 243–247.
- Procházka F. & Štech M. [eds] (2002): Komentovaný černý a červený seznam cévnatých rostlin české Šumavy. – Správa NP a CHKO Šumava & Eko-Agency KOPR, Vimperk.
- Procházka F. (1961): *Gentiana pannonica* Scop. v ČSSR. – Preslia 33: 268–276.
- R Development Core Team (2009): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL: <http://www.R-project.org>.
- Rybníčková E. & Rybníček K. (1996): Původ a vývoj naší travinné vegetace. – Zpr. Čes. Bot. Společ. 13: 47–54.
- Sádlo J. & Bufková I. (2002): Vegetace vltavského luhu na Šumavě a problém reliktních praluk. – Preslia 74: 67–83.
- Semotanová E. (2001): Mapy Čech, Moravy a Slezska v zrcadle století. – Libri, Praha.
- Skalický V. (1998). Fytogeografický rozbor květeny Šumavy a přilehlých území. – Zpr. Čes. Bot. Společ. 32: 117–121.
- Ter Braak C. J. F. & Šmilauer P. (2002): CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). – Microcomputer Power, Ithaca, New York.

Příloha 1: Přehled zaznamenaných výskytů *G. pannonica* a charakteristika jejich stanovišť. RO = Rokytka, RH = Roklanská hájovna, RP = Roklanský potok, TP = Tmavý potok, JP = Javoří potok, MP = Modravský potok, M = Modrava (včetně Vchynice-Tetov), B = Břežník, LU = Luzenské údolí, HK = Horská Kvilda, K = Kvilda, F = Filipova Huť, S = Slunečná. Snímek, číslo fytoecologického snímku uvedeno dle Přílohy 2. Nálety dřevin (- = nehodnoceno, A = přítomnost vzrostlých dřevin, N = bez přítomnosti vzrostlých dřevin). Zástin (- = nehodnoceno, A – zástin, N – bez zástinu). Stabilní katastr, historicky zaznamenaná „kultura“ v místě recentního výskytu *G. pannonica* (SL – suché louky, P – pastvina, VL – vlhké louky, M – močály, PO – pole, L – les). Habitat, současný biotop v místě recentního výskytu *G. pannonica* (V = vřesoviště, KT = krátkostébelné trávníky, L = louky, VL = vlhké louky, N = výskyt pod náletem dřevin, nebo na lesních okrajích, LP – lemy potoků).

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m ²) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|---------------------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| RO/1 | 1 | 0 | 0 | 17.7.2001 | 20 | 15 | 27 | - | - | L | VL | Skupina trsů na pravém břehu potoka Rokytka, ca 200 m od soutoku s Roklanským potokem, pod vrchovištěm, v porostu s dominantním zastoupením <i>Deschampsia cespitosa</i> |
| RO/2 | 2 | 1 | J | 17.7.2001 | 6 | 10 | 4 | - | - | M | KT | Pod bývalou Slat'skou cestou v krátkostébelné louce |
| RO/3 | 3 | 0 | 0 | 17.7.2001 | 80 | 36 | 74 | - | - | M | VL | Skupiny trsů až souvislé porosty v mírné terénní sníženině nedaleko pravého břehu potoka v porostech s dominantním zastoupením <i>Carex nigra</i> |
| RO/4 | - | 0 | 0 | 17.7.2001 | 3 | 2 | 0 | - | - | M | KT | Výskyt 6 růžic ve 2 trsech v pásu <i>Pinus mugo</i> na levém břehu potoka |
| RO/5 | - | 1 | J | 24.8.2008 | 15 | 6 | 8 | - | - | L | VL | Několik trsů podél vodní stružky přitékající z leva do potoka |
| RH/1 | 4 | 1 | JV | 17.7.2001 | 1050 | 17 | 7 | - | - | L | KT | JV orientovaný svah, ca 100 Z od chaty proti bývalé klauze, zarůstající zbytky krátkostébelných trávníků |
| RH/2 | 5 | 1 | JV | 17.7.2001 | 50 | 4 | 1 | - | - | L | KT | Na Z straně chaty, vedle zřícené stodoly, výrazný zástin pásem <i>Picea abies</i> , zarůstá <i>Holcus mollis</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| RH/3 | - | - | - | 11.9.2004 | 24 | 9 | 3 | - | - | L | N | V příkopu silnice, v hustém porostu mladých smrků na okraji silnice |
| RP/1 | - | 0 | 0 | 17.7.2001 | 1 | 1 | 1 | - | - | L | LP | V trávnicích s dominující <i>Calamagrostis villosa</i> na pravém břehu potoka |
| RP/2 | - | 3 | SV | 29.8.2003 | 40 | 50 | 5 | - | - | L | LP | Mírně skloněný řídký trávník na vnitřní straně meandru potoka na levém břehu, dominuje <i>Calamagrostis villosa</i> , hojně vyvinuté E0 (<i>Sphagnum</i> sp., <i>Polytrichum</i> sp.), z dalších druhů vtroušeně <i>Homogyne alpina</i> , <i>Soldanella montana</i> či <i>Athyrium distentifolium</i> . |
| RP/3 | 66 | 0 | 0 | 29.8.2003 | 30 | 40 | 10 | - | - | L | LP | V plochem meandru při levém břehu potoka, řídké trávníky s významným zastoupením <i>Calamagrostis villosa</i> a <i>Avenella flexuosa</i> , vtroušeně <i>Soldanella montana</i> , <i>Athyrium distentifolium</i> , <i>Trientalis europaea</i> aj. |
| RP/4 | 67 | 0 | 0 | 8.8.2003 | 300 | 35 | 16 | - | - | L | LP | Lesní světlina při levém břehu potoka břehu, nedaleko brodu přes potok, pod srázem nahoře s cestou |
| RP/5 | - | 5 | V | 29.8.2003 | 120 | 40 | 12 | - | - | VL | LP | Okraj zarostlého štěrkového náplavu, asi 10 m od toku na levém břehu, mírný svah na okraji lesa, ve vegetaci dominuje <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Luzula sylvatica</i> |
| RP/6 | - | 0 | 0 | 29.8.2003 | 1 | 5 | 3 | - | - | L | LP | V druhově chudém porostu se zastoupením <i>Nardus stricta</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , na pravém břehu potoka |
| RP/7 | - | 0 | 0 | 29.8.2003 | 50 | 8 | 6 | - | - | L | LP | Pravý břeh potoka pod posedem, v porostech <i>Carex brizoides</i> a <i>Calamagrostis villosa</i> , přelapováno pískem při rozvodnění toku |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| RP/8 | - | 0 | 0 | 29.8.2003 | 160 | 35 | 18 | - | - | VL | LP | Zarůstá náletem <i>Picea abies</i> , suchý val na levém břehu potoka, některé trsy přímo na břehu potoka, zvlněný terén |
| RP/9 | - | 2 | JZ | 29.8.2003 | 300 | 40 | 18 | - | - | L | V | Degradované vřesoviště po levé straně cesty z Rybárny na Modravu, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Melampyrum nemorosum</i> |
| RP/10 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 1 | 2 | 3 | - | - | SL | LP | U hrabčičho mostu, v nivě potoka na pravém břehu, ca 10 od toku v porostech <i>Carex brizoides</i> |
| RP/11 | - | 5 | ZJZ | 5.8.2005 | 8 | 2 | 8 | - | - | L | KT | Na levém břehu potoka mezi cestou a tokem, v porostech krátkostébelných luk sv. <i>Violion caninae</i> s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Solidago virgaurea</i> |
| RP/12 | - | 3 | J | 5.8.2005 | 600 | 15 | 25 | - | - | SL | V | Bývalé sejpy na levém břehu potoka pod cestou, vřesovištní vegetace as. <i>Arnico-montanae Callunetum</i> s <i>Nardus stricta</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Arnica montana</i> |
| RP/13 | - | 3 | V | 5.8.2005 | 1 | 1 | 3 | - | - | L | LP | Na pravém břehu, přímo nad tokem v porostech <i>Carex brizoides</i> |
| RP/14 | - | 4 | SV | 5.8.2005 | 450 | 40 | 90 | - | - | M | VL | Po pravém břehu potoka v porostech <i>Carex brizoides</i> a zbytcích vlhkých a zrašeliněných luk |
| RP/15 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 75 | 15 | 20 | - | - | M | KT | U cesty, asi 8 m Z od cesty v krátkostébelných trávnících místy s <i>Molinia caerulea</i> , zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| RP/16 | - | 3 | Z | 5.8.2005 | 600 | 20 | 40 | - | - | L | V | Při dolním okraji vřesoviště, na okraji lesa, ve vřesovištních porostech as. <i>Arnico montanae-Callunetum</i> , zarůstá a degraduje, ve spodní části mírně zrašelinělé |
| RP/17 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 1500 | 15 | 20 | - | - | SL | KT | Na louce na pravém břehu potoka, ca 20 m od okraje lesa v porostech krátkostébelných luk sv. <i>Violion caninae</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| RP/18 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 1200 | 15 | 30 | - | - | SL | KT | Roztroušeně trsy na sušších místech na levo od cesty směr Modrava a na svahu na loučkovou, chudé krátkostébelné louky sv. <i>Violion caninae</i> , na svahu zrašelinělé a řídkými trávničky s dominantní <i>Calamagrostis villosa</i> , na svahu na vlhkých plochách vzácně zaznamenán výskyt generativního zmlazení |
| RP/19 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 600 | 10 | 40 | - | - | P | VL | Louka v nivě potoka, ca 25 m od levého břehu toku, monodominantní porosty <i>Carex brizoides</i> |
| RP/20 | - | 3 | J | 5.8.2005 | 450 | 2 | 10 | - | - | L | VL | Na pravé straně cesty směr Modrava, degradované krátkostébelné trávničky vlhčího typu s expanzí <i>Carex brizoides</i> a <i>Carex nigra</i> , ruderalizované <i>Galeopsis bifida</i> |
| TP/1 | - | 2 | J | 5.8.2005 | 2000 | 50 | 100 | - | - | L | KT | Nelesní enklávy podél toku Tmavého potoka, 2 navzájem vzdálené skupiny rostlin v porostech krátkostébelných luk sv. <i>Violion caninae</i> vlhčího typu roztroušeně z nálety <i>Picea abies</i> , místy expanze <i>Carex brizoides</i> |
| JP/1 | - | 40 | V | 5.8.2005 | 10 | 6 | 15 | - | - | L | V | Chudé vřesoviště na svahu nad cestou směr Javoří pila, dominují porosty brusnic (<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i>), místy s <i>Calamagrostis villosa</i> |
| JP/2 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 4 | 4 | 5 | - | - | L | VL | Na louce v nivě mezi cestou a levým břehem potoka, mírně zrašelinělé porosty s řídkými trávničky <i>Calamagrostis villosa</i> a <i>Equisetum sylvaticum</i> |
| JP/3 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 20 | 6 | 23 | - | - | L | LP | V nivě potoka, nedaleko levého břehu v porostech degradovaných krátkostébelných trávniček a dominantním zastoupením <i>Calamagrostis villosa</i> |
| JP/4 | 68 | 0 | 0 | 5.8.2005 | 10 | 13 | 7 | - | - | L | LP | Světlna v nivě mezi valem cesty a lesem, výskyt při pravém břehu potoka, výskyt generativního zmlazení, řídké zrašelinělé trávničky s dominantním zastoupením <i>Calamagrostis villosa</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|-------------------|--------------|----------|------------------|-----------------|---------------|-------------------------|------------------|--------|---------------------|---------|---|
| JP/5 | - | 0 | 0 | 5.8.2005 | 5000 | 38 | 87 | - | - | L | KT | Roztroušený výskyt v krátkostébelných trávnicích zarůstajících <i>Calamagrostis villosa</i> po pravé straně cesty směr Javoří pila |
| MP/1 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 12 | 8 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/2 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 5 | 0 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/3 | 26 | - | - | 14.8.2001 | - | 50 | 77 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/4 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 35 | 68 | - | - | L | LP | Na pravém břehu, ojediněle výskyt květenství s květy bílé barvy |
| MP/5 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 102 | 50 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu, ojediněle výskyt květenství s krémovými květy s fialovými tečkami |
| MP/6 | 27 | - | - | 14.8.2001 | - | 26 | 12 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/7 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 17 | 17 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/8 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 31 | 19 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/9 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 5 | 8 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/10 | 28 | - | - | 14.8.2001 | - | 67 | 105 | - | - | L | LP | Na pravém břehu, výskyt roztroušeně v řídkých trávnicích na silně zrašelinělé loučce na náplavu potoka s roztroušeným výskytem <i>Picea abies</i> |
| MP/11 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 8 | 15 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/12 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 2 | 2 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/13 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 10 | 8 | - | - | L | LP | Na levém břehu |
| MP/14 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 16 | 21 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/15 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 2 | 3 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/16 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 11 | 14 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/17 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 6 | 5 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/18 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 12 | 11 | - | - | L | LP | Na levém břehu, v příkopu silnice, na levém břehu potoka, ca 40 m od mostu |
| MP/19 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 4 | 3 | - | - | L | LP | Na pravém břehu, v porostech <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Arnica montana</i> , <i>Solidago virgaurea</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| MP/20 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 11 | 18 | - | - | L | VL | Na levém břehu a na levé straně silnice směr Modrava ve vlhké loučce |
| MP/21 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 19 | 23 | - | - | L | LP | Na levém břehu |
| MP/22 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 1 | 1 | - | - | L | LP | Na konci loučky, na pravé straně potoka, přímo v břehu nad korytem |
| MP/23 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 3 | 14 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/24 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 1 | 4 | - | - | L | LP | Na levém břehu |
| MP/25 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 2 | 3 | - | - | L | KT | Na pravém břehu, výskyt ca 30 m za mostem po proudu v suchém krátkostébelném trávníku na okraji lesa |
| MP/26 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 18 | 23 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/27 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 19 | 25 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/28 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 10 | 19 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/29 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 5 | 4 | - | - | L | LP | Na levém břehu |
| MP/30 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 5 | 5 | - | - | L | LP | Na pravém i levém břehu |
| MP/31 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 5 | 9 | - | - | L | LP | Na pravém břehu |
| MP/32 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 7 | 12 | - | - | L | LP | Na levém břehu |
| MP/33 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 1 | 0 | - | - | L | LP | Na levém břehu |
| MP/34 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 6 | 2 | - | - | L | LP | Na levém břehu |
| MP/35 | - | - | - | 14.8.2001 | - | 5 | 11 | - | - | L | LP | Na pravém břehu, v nivě potoka, ca 1 m od břehu, na okraji nelesní enklávy obce Modrava |
| M/1 | - | 4 | ZSZ | 6.8.2004 | 12 | 21 | 34 | A | A | L | N | Druhově chudý porost na okraji lesa s dominantním <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , zmlazuje <i>Picea abies</i> |
| M/2 | - | 1 | JZ | 6.8.2004 | 6 | 6 | 10 | A | N | SL | KT | Druhově botaté porosty krátkostébelných trávníků sv. <i>Violion caninae</i> nedaleko pěší cesty z Modravy na Filipovu Huť |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| M/3 | - | 1 | JZ | 6.8.2004 | 800 | 35 | 40 | N | N | L | KT | Druhově ochuzené krátkostébelné louky na mírném výslunném svahu, expanduje <i>Holcus mollis</i> , hojně <i>Stellaria graminea</i> a <i>Hypericum maculatum</i> |
| M/4 | - | 3 | Z | 6.8.2004 | 750 | 55 | 5 | A | A | P | KT | Krátkostébelné trávníky zarůstající náletem <i>Picea abies</i> , vtroušeně <i>Arnica montana</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> |
| M/5 | - | 5 | Z | 6.8.2004 | 2 | 2 | 1 | N | N | SL | L | Trsy v hustém porostu <i>Calamagrostis epigejos</i> ca 300 m SZ od hotelu Klostermann |
| M/6 | - | 1 | V | 7.8.2004 | 30 | 4 | 2 | A | N | L | N | Druhově chudé trávníky sv. <i>Violion caninae</i> na okraji lesa, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>M. sylvaticum</i> aj. |
| M/7 | - | 1 | V | 7.8.2004 | 1700 | 150 | 89 | A | A | L | KT | Druhově chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> s dominancí <i>Nardus stricta</i> , místy zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| M/8 | - | 1 | V | 7.8.2004 | 3200 | 90 | 150 | N | N | L | KT | Krátkostébelné trávníky sv. <i>Violion caninae</i> , hojně <i>Bistorta major</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Potentilla erecta</i> |
| M/9 | - | 5 | V | 7.8.2004 | 8000 | 180 | 80 | A | A | P | KT | Druhově i živinami bohatší krátkostébelné trávníky sv. <i>Violion caninae</i> pod cestou mezi dvěma chatami, zarůstá náletem <i>Picea abies</i> , místy expanze <i>Carex brizoides</i> |
| M/10 | - | 1 | V | 7.8.2004 | 20 | 12 | 0 | N | N | P | KT | Kosená louka, nad chatou u okraje cesty, druhově bohatý trávník sv. <i>Violion caninae</i> |
| M/11 | - | 4 | V | 7.8.2004 | 25 | 7 | 10 | A | N | SL | KT | Několik trsů v nejnižší položeném cípu louky, druhově chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> , expanduje <i>Holcus mollis</i> , zarůstá při okraji <i>Picea abies</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| M/12 | - | 15 | V | 7.8.2004 | 200 | 35 | 15 | A | A | SL | V | Prudký svah pod loukou na okraji lesa, zarůstá náletem <i>Picea abies</i> , trávničky sv. <i>Violion caninae</i> až vřesoviště, hojně <i>Vaccinium myrtillus</i> a <i>Avenella flexuosa</i> , výskyt <i>Imperatoria ostruthium</i> |
| M/13 | - | 5 | V | 7.8.2004 | 32 | 10 | 4 | A | A | PO | N | Prudký svah pod loukou na okraji lesa, zarůstá náletem <i>Picea abies</i> , vegetaci dominuje <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Hypericum maculatum</i> , <i>Cirsium heterophyllum</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Ligusticum mutellina</i> |
| M/14 | - | 1 | SV | 7.8.2004 | 50 | 65 | 21 | A | A | PO | N | Drobná loučka na okraji lesa, dál se táhne výskyt po okraji lesa směrem k jihu, zarůstá lesem |
| M/15 | - | 1 | SV | 7.8.2004 | 1 | 1 | 1 | A | A | P | KT | Osamělý trs na suchém lesním okraji ve fragmentech vegetace sv. <i>Violion caninae</i> s dominantním zastoupením <i>Nardus stricta</i> , vtroušeně <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Lycopodium clavatum</i> |
| M/16 | - | 3 | SSV | 7.8.2004 | 60 | 22 | 7 | A | A | P | N | Výskyt roztroušeně ve skupinách podél celého okraje lesa v porostech s dominantní <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Homogyne alpina</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , v zástínu |
| M/17 | - | 1 | SV | 7.8.2004 | 100 | 77 | 26 | A | A | P/SL | N | Roztroušeně v hustých porostech <i>Calamagrostis villosa</i> na okraji lesa, střídavě dominuje <i>Nardus stricta</i> , nálet <i>Picea abies</i> |
| M/18 | - | 2 | SV | 7.8.2004 | 4800 | 150 | 250 | N | N | SL | KT | Luční porost v cípu lesa, druhově chudý trávnik sv. <i>Violion caninae</i> s dominantním zastoupením <i>Nardus stricta</i> a <i>Avenella flexuosa</i> , místy zrašelinělé, ostrůvkovitě degradované vřesovištní porosty s <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Calluna vulgaris</i> a <i>Arnica montana</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| M/19 | - | 1 | SZ | 7.8.2004 | 40 | 2 | 6 | N | N | P/SL | L | Živiny obohacené travníky sv. <i>Violion caninae</i> , expanduje <i>Phleum pratense</i> , hojně <i>Bistorta major</i> , <i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Cirsium heterophyllum</i> , nekosená část louky na J straně mladých březových náletů |
| M/20 | - | 1 | SZ | 7.8.2004 | 40 | 10 | 4 | A | A | P | N | Loučka při okraji lesa s porosty <i>Calamagrostis villosa</i> , zarůstá <i>Picea abies</i> |
| M/21 | - | 1 | S | 7.8.2004 | 30 | 3 | 1 | N | N | VL | VL | Na J straně elektrického vedení na okraji náletu <i>Betula</i> sp., na okraji místy zrašelinělé, dominuje <i>Carex nigra</i> , <i>Bistorta major</i> aj. |
| M/22 | - | 0 | 0 | 7.8.2004 | 2400 | 50 | 45 | A | N | VL | KT | Skupiny rostlin roztroušeně v chudých krátkostébelných travnících s dominancí <i>Nardus stricta</i> , místy expanze <i>Holcus mollis</i> , vtroušeně <i>Bistorta major</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , roztroušeně nálet <i>Betula</i> sp. |
| M/23 | - | 25 | SV | 7.8.2004 | 10 | 4 | 6 | N | N | P | L | Na prudkém svahu nad potokem, druhově pestrý porost s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Hypericum maculatum</i> , <i>Silene dioica</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Bistorta major</i> aj. |
| M/24 | - | 5 | SV | 7.8.2004 | 25 | 6 | 0 | A | N | SL | KT | Suchý zastíněný okraj lesa, druhově chudý travník s dominantní <i>Nardus stricta</i> a <i>Avenella flexuosa</i> |
| M/25 | - | 5 | J | 7.8.2004 | 15 | 2 | 4 | N | N | PO | L | Na mezi pod loukou ca 15 m Z od elektrického vedení, expanduje <i>Holcus mollis</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Hypericum maculatum</i> aj. |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| M/26 | - | 1 | JV | 7.8.2004 | 125 | 6 | 18 | N | N | SL | KT | Podél kamenného snosu roztroušeně ve skupinách, druhově ochuzený trávník sv. <i>Violion caninae</i> , vliv narušení drmu, případně hnojení v minulosti, dominuje <i>Nardus stricta</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , okrajově expanduje <i>Carex brizoides</i> , místy <i>Bistorta major</i> , <i>Arnica montana</i> aj. |
| M/27 | 69 | 2 | JJV | 7.8.2004 | 100 | 6 | 23 | N | N | SL | KT | V zachovalých lučních porostech sv. <i>Violion caninae</i> |
| M/28 | - | 0 | 0 | 7.8.2004 | 1 | 3 | 1 | A | N | VL | L | Výskyt na hraně staré odvodňovací struhy, druhově chudý porost s dominantní <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> a <i>Molinia caerulea</i> , zarůstá náletem <i>Picea abies</i> a <i>Betula</i> sp. |
| M/29 | - | 3 | JV | 7.8.2004 | 11400 | 200 | 400 | N | N | VL | VL | Skupiny trsů roztroušeně v místy mírně zrašelinělých trávnících sv. <i>Violion caninae</i> přecházející až v porosty rašelinných luk, dominuje <i>Nardus stricta</i> , výskyt <i>Willemetia stipitata</i> , <i>Dactylorhiza majalis</i> |
| M/30 | - | 1 | SSZ | 7.8.2004 | 10300 | 75 | 32 | N | N | P/SL | L | Druhově chudý trávník s expanzí <i>Holcus mollis</i> , dominuje <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Stellaria graminea</i> , <i>Galeopsis bifida</i> aj., s největší pravděpodobností se jedná bývalé pole |
| M/31 | - | 1 | VSV | 7.8.2004 | 1200 | 35 | 11 | A | A | SL | V | Vřesoviště s dominantním zastoupením <i>Vaccinium uliginosum</i> , vtroušeně <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , zarůstá náletem <i>Betula</i> sp. a <i>Picea abies</i> |
| M/32 | - | 2 | VSV | 7.8.2004 | 200 | 27 | 25 | A | A | P | N | Roztroušeně ve skupinách podél lesa v porostech <i>Calamagrostis villosa</i> |
| M/33 | - | 0 | 0 | 7.8.2004 | 1 | 1 | 1 | A | A | P | N | Kamenitý okraj lesa, zarůstá <i>Picea abies</i> , hojně vyvinuté E0, řídké trávníky s <i>Calamagrostis villosa</i> , místy <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Potentilla erecta</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| M/34 | - | 1 | J | 7.8.2004 | 120 | 2 | 1 | A | A | P/SL/PO | N | Dva navzájem vzdálené trsy na zarůstajícím suchém a kamenitém okraji lesa s dominancí <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> |
| M/35 | - | 1 | VJV | 7.8.2004 | 5000 | 110 | 95 | A | A | P/SL/PO | KT | Po obou stranách cesty, početnější výskyt pod cestou, suchý trávník sv. <i>Violion caninae</i> , expanduje <i>Calamagrostis villosa</i> a <i>Holcus mollis</i> , zarůstá nálety dřevin |
| M/36 | - | 2 | V | 7.8.2004 | 2400 | 25 | 36 | N | N | P/SL/PO | L | Živými obohacené trávníky sv. <i>Violion caninae</i> , expanduje <i>Phleum pratense</i> , hojně <i>Bistorta major</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Ranunculus acris</i> , <i>Hypericum maculatum</i> aj. |
| M/37 | - | 0 | 0 | 7.8.2004 | 1 | 1 | 0 | A | A | P | N | Silně zrašelinělý okraj lesa, vysoký zástin, E1 dominuje <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , vzácně <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Melampyrum pratense</i> |
| M/38 | - | 0 | 0 | 7.8.2004 | 35 | 6 | 8 | A | A | L | KT | Chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> přecházející v degradované vřesoviště na okraji lesa, dominantně zastoupena <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Nardus stricta</i> a <i>Avenella flexuosa</i> , zarůstá <i>Picea abies</i> |
| M/39 | - | 0 | 0 | 7.8.2004 | 250 | 36 | 11 | A | A | P | N | Kamenný snos v lesním porostu, na rozvolněných místech roztroušeně většinou sterilní trsy, původně nelesní plochy, v E1 zastoupeny <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Melampyrum sylvaticum</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Hypericum maculatum</i> |
| M/40 | - | 1 | SV | 7.8.2004 | 1 | 5 | 0 | A | A | P | N | Neduživé sterilní růžice na okraji lesa, hojně vyvinuté E0, v E1 zastoupená <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Melampyrum pratense</i> |
| M/41 | - | 5 | V | 7.8.2004 | 100 | 5 | 3 | A | A | SL | N | Bývalé nelesní enklávy zarostlé různě zapojeným náletem <i>Picea abies</i> , řídké trávníky s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Campanula rotundifolia</i> , <i>Hieracium aurantiacum</i> aj. |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m ²) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|---------------------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| M/42 | - | 2 | JV | 7.8.2004 | 200 | 8 | 13 | A | N | SL | VL | Vlhčí a úživnější trávníky s dominantním zastoupením <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Holcus mollis</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Bistorta major</i> , místy zrašelinělé s výskytem <i>Eriophorum vaginatum</i> |
| M/43 | - | 5 | SV | 7.8.2004 | 1000 | 12 | 20 | A | A | SL | L | Degradované trávníky, hojně <i>Bistorta major</i> , <i>Holcus mollis</i> , vroušeně <i>Arnica montana</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Hypericum maculatum</i> , <i>Knautia arvensis</i> , při horním okraji 3 trsy v zástinu |
| M/44 | - | 30 | V | 7.8.2004 | 1 | 3 | 0 | A | A | Z | KT | Na okraji turistické cesty, fragment trávníku sv. <i>Violion caninae</i> pod vzrostlým <i>Picea abies</i> s <i>Nardus stricta</i> a <i>Avenella flexuosa</i> |
| M/45 | - | 10 | V | 7.8.2004 | 1800 | 9 | 14 | A | N | SL | L | Roztroušeně na svahu pod cestou, úživnější trávníky sv. <i>Violion caninae</i> , místy expanze <i>Holcus mollis</i> |
| M/46 | 70 | 0 | 0 | 8.8.2004 | 1 | 1 | 0 | A | A | SL | LP | Jediný trs na otevřené ploše podél břehu říčky, invadováno <i>Lupinus polyphylus</i> |
| M/47 | 71 | 0 | 0 | 8.8.2004 | 7200 | 90 | 57 | A | A | SL | LP | Louka v nivě porostlá roztroušenými smrký, řídké porosty <i>Carex brizoides</i> , hojně zrašelinělé, zarůstá náletem <i>Picea abies</i> , výskyt generativního zmlazení (3 semenáčky) |
| M/48 | - | 5 | Z | 8.8.2004 | 2500 | 5 | 8 | A | A | P | N | Druhově chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> s dominancí <i>Avenella flexuosa</i> , silná expanze <i>Calamagrostis villosa</i> . Zarůstá <i>Picea abies</i> . |
| M/49 | - | 0 | 0 | 8.8.2004 | 4500 | 63 | 141 | A | N | SL | KT | Krátkostébelné trávníky, vysoký podíl <i>Bistorta major</i> , roztroušeně jedinci <i>Picea abies</i> , výskyt po obou stranách vodárny |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| M/50 | - | 0 | 0 | 8.8.2004 | 16 | 2 | 0 | A | A | SL | N | Téměř skomrající, neduživé trsy v zástínu smrkového náletu, na loučce asi 10 m od pravého břehu říčky, dominuje <i>Avenella flexuosa</i> vtroušeně <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Ligusticum mutellina</i> |
| M/51 | - | 0 | 0 | 8.8.2004 | 15 | 3 | 3 | A | N | P | VL | Druhově chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> , hojně zastoupený <i>Bistorta major</i> a <i>Juncus filiformis</i> |
| M/52 | - | 0 | 0 | 8.8.2004 | 1 | 3 | 0 | A | A | SL | LP | Druhově chudý porost s dominantní <i>Carex brizoides</i> , vtroušeně <i>Bistorta major</i> , <i>Petasites albus</i> , <i>Ligusticum mutellina</i> , v lesním porostu na levém břehu říčky |
| M/53 | 72 | 0 | 0 | 8.8.2004 | 150 | 16 | 2 | A | A | P/SL | LP | Zrašelinělá loučka s dominantním zastoupením <i>Calamagrostis villosa</i> , při levém břehu říčky |
| M/54 | - | 0 | 0 | 8.8.2004 | 200 | 10 | 13 | A | N | P/SL | VL | Na loučce uvnitř březového náletu ca 40 m na levém břehu řeky, zrašelinělé trávníky s <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Avenella flexuosa</i> |
| M/55 | - | 4 | J | 8.8.2004 | 200 | 25 | 0 | A | A | L | N | Ve smrkovém lese na terase nad řekou, silný zástín, zastoupeno <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Trientalis europaea</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> |
| M/56 | - | 30 | V | 9.8.2004 | 2000 | 75 | 36 | N | N | P | V | Degradované vřesoviště zarůstající <i>Calamagrostis villosa</i> , zastoupené <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Knautia arvensis</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Potentilla erecta</i> |
| M/57 | - | 0 | 0 | 9.8.2004 | 4 | 1 | 2 | A | N | P | VL | Trs na okraji nivy v hustých porostech <i>Carex brizoides</i> , vtroušeně <i>Carex nigra</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Senecio subalpinus</i> , <i>Galeopsis bifida</i> |
| M/58 | - | 0 | 0 | 9.8.2004 | 12 | 4 | 10 | N | N | Z | KT | Na V okraji cesty (červená turistická značka), trávník sv. <i>Violion caninae</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| B/1 | 65 | 45-0 | JV | 14.8.2001 | 6500 | nad 500 | nad 800 | N | N | SL | KT | Svah nad Modravským potokem, pod Březnickou hájovnou, podél cesty směr Modrava, zachovalé porosty luk sv. <i>Violion caninae</i> |
| B/2 | - | 5 | SSV | 8.8.2003 | 200 | 70 | 110 | N | N | L | L | Svah nad potokem, vysokostébelnější luční porosty Na svahu při pravém břehu potoka pod Březnickou hájovnou, v trávnicích sv. <i>Violion caninae</i> |
| B/3 | - | 20 | V | 23.9.2005 | 250 | 25 | 65 | N | N | SL | L | úživnějšího typu s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Hypericum maculatum</i> aj. |
| B/4 | - | 10 | JV | 23.9.2005 | 600 | 50 | 60 | N | N | L | L | Vlhčí, zapojené trávničky sv. <i>Violion caninae</i> , hojně s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Hypericum maculatum</i> , <i>Cirsium heterophyllum</i> aj. |
| LU/1 | - | 0 | 0 | 4.8.2005 | 9000 | nad 500 | nad 800 | N | N | M | VL | Výskyt roztroušený po obou stranách potoka ve větších či menších skupinách v porostech vlhkých trávniček s <i>Nardus stricta</i> a <i>Molinia caerulea</i> , místy silně zrašelinělé, či s porosty <i>Carex nigra</i> , <i>Avenella flexuosa</i> a <i>Deschampsia cespitosa</i> |
| LU/2 | 73 | 2 | V | 4.8.2005 | 1000 | 50 | 200 | N | N | M | KT | Výskyt na pravém, místy na levém břehu potoka, druhově chudé trávničky blízké sv. <i>Violion caninae</i> s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Bistorta major</i> |
| LU/3 | - | 0 | 0 | 13.7.2005 | 500 | 15 | 50 | N | N | M | KT | Krátkostébelný trávniček na V straně cesty, hned u cesty, rozvolněné porosty druhově chudé |
| LU/4 | - | 4 | Z | 13.7.2005 | 150 | 8 | 40 | N | N | M | VL | Na Z straně cesty na vyvýšeném místě v ohybu potoka, druhově chudé vlhké trávničky s dominantním zastoupením <i>Carex nigra</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Bistorta major</i> |
| LU/5 | - | 3 | V | 13.7.2005 | 2 | 2 | 8 | N | N | M | VL | Zrašelinělý krátkostébelný trávniček, asi 30 m V od cesty s <i>Nardus stricta</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Viola palustris</i> , <i>Bistorta major</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m ²) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|----------------|-----------|----------|---------------|---------------------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| LU/6 | 74 | 5 | JZ | 13.7.2005 | 400 | 100 | 300 | N | N | M | VL | Plošné porosty podél drobného přítoku, výskyt generativního zmlazení |
| LU/7 | 75 | 0 | 0 | 13.7.2005 | 450 | 50 | 90 | N | N | M | VL | Výskyt soustředěný na pravý břeh potoka, stržený drn |
| LU/8 | - | 4 | V | 4.8.2005 | 100 | 3 | 6 | N | N | M | VL | Na pravém břehu potoka v porostech vlhkých vysokostébelných luk s vysokým zastoupením <i>Carex nigra</i> , vtroušeně <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , druhově chudé, zapojené |
| LU/9 | - | 5 | Z | 4.8.2005 | 100 | 10 | 30 | N | N | L | KT | Na pravém břehu potoka na vyvýšeném sušším místě nad potokem asi 30 m od břehu v druhově chudých krátkostébelných porostech |
| LU/10 | - | 0 | 0 | 4.8.2005 | 1 | 1 | 9 | N | N | M | VL | Na levém břehu v ohybu potoka, vlhčí krátkostébelné trávníky s <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Carex nigra</i> |
| LU/11 | - | 3 | V | 4.8.2005 | 1 | 1 | 1 | N | N | M | KT | Ojedinelý výskyt ca 10 m na Z od cesty v druhově chudých trávnících sv. <i>Violion caninae</i> zarůstající <i>Calamagrostis villosa</i> |
| LU/12 | - | 0 | 0 | 4.8.2005 | 6 | 2 | 16 | N | N | SL | KT | Výskyt na vyvýšeném místě v rašeliništi na levém břehu potoka asi 15 m Z od břehu. Druhově chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> s dominantním zastoupením <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Potentilla erecta</i> . |
| LU/13 | - | 10 | V | 4.8.2005 | 1000 | 30 | 100 | N | N | SL | KT | Na levém břehu potoka ca 20 m Z od toku na okraji zrašelinělé, krátkostébelné trávníky (<i>Nardus stricta</i> , <i>Avenella flexuosa</i>) s keříky (<i>Vaccinium myrtillus</i>) |
| LU/14 | - | 2 | V | 4.8.2005 | 200 | 6 | 18 | N | N | M | VL | Výskyt na V straně cesty v porostech druhově chudého trávníku (<i>Carex nigra</i> , <i>Avenella flexuosa</i>) |
| LU/15 | - | 0 | 0 | 4.8.2005 | 800 | 20 | 100 | N | N | L | VL | Výskyt roztroušeně po obou březích potoka v druhově chudých porostech s dominantním zastoupením <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Carex nigra</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| LU/16 | - | 3 | SSV | 4.8.2005 | 600 | 30 | 80 | N | N | SL | KT | V suchém trávníku sv. <i>Violion caninae</i> , ca 40 m V od cesty s dominancí <i>Nardus stricta</i> , <i>Avenella flexuosa</i> |
| LU/17 | - | 5 | V | 4.8.2005 | 450 | 10 | 20 | N | N | SL | V | Výskyt na svahu nad cestou, v suchém porostu degradovaného vřesoviště s <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Arnica montana</i> |
| LU/18 | - | 15 | V | 4.8.2005 | 6 | 2 | 18 | N | N | M | KT | V krátkostébelných trávnících u paty svahu pod cestou a na levém břehu potoka |
| LU/19 | 76 | 0 | 0 | 14.8.2001 | 5000 | 200 | 500 | N | N | M | KT | Za mostem po obou březích potoka v trávnících s dominantním zastoupením <i>Nardus stricta</i> a na svahu cesty, zvlněný terén |
| HK/1 | 29 | 2 | JV | 3.8.2000 | 13000 | nad 500 | nad 800 | A | N | SL | V | Suchá kamenitá louka, místy přecházející ve porost vřesovištního charakteru. |
| HK/2 | 30 | 2 | JV | 3.8.2000 | 800 | 10 | 11 | N | N | SL | L | Úživná, pravděpodobně živinami obohacená louka sv. <i>Violion caninae</i> . |
| HK/3 | 31 | 2 | V | 3.8.2000 | 2000 | 25 | 52 | N | N | SL | VL | Vlhká louka podél pramenné stružky, mírně degradovaná s <i>Gentiana pannonica</i> na sušších místech. |
| HK/4 | - | - | - | 2.8.2001 | 800 | 15 | 25 | A | N | SL | V | V lemu louky či vřesoviště podél cesty. |
| HK/5 | 32 | - | - | 2.9.2000 | 1000 | 20 | 20 | A | N | P | V | Souvislé porosty v porostech degradovaného vřesoviště zarůstáním travami, při potoku, úživné stanoviště, druhově bohaté. |
| HK/6 | 33 | 1 | Z | 2.9.2000 | 2000 | 350 | nad 500 | A | A | SI | V | Suchá kamenitá louka s roztroušenými smrčky místy se zbytky vřesoviště. |
| HK/7 | - | 30 | S | 2.9.2000 | 800 | 15 | 27 | A | A | SL | KT | Na straně prohlubně, nacházející se uprostřed louky sv. <i>Violion caninae</i> . |
| HK/8 | - | - | - | 2.8.2001 | 500 | 47 | 52 | N | N | SL | L | Narušené místo v louce, hojně s <i>Holcus mollis</i> . |
| HK/9 | 34 | 6 | JZ | 2.9.2000 | 350 | 15 | 7 | N | N | SL | L | Úživný, druhově bohatý lučný porost sv. <i>Violion caninae</i> . |
| HK/10 | 35 | 2 | J | 18.7.2001 | 1200 | 224 | 99 | A | A | P | V | Degradované vřesoviště zarůstáním <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> a náletem smrku. |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| HK/11 | 36 | 3 | J | 16.7.2001 | 1000 | 30 | 40 | A | N | P | V | Degradované vřesoviště, zarůstá <i>Avenella flexuosa</i> , přechází v louku, druhově bohaté. |
| HK/12 | - | 4 | J | 16.7.2001 | 700 | 13 | 4 | A | A | P | N | Převážně sterilní růžice v porostu mladých smrků u cesty, v zástínu, dříve asi vřesoviště. |
| HK/13 | 37 | 3 | J | 16.7.2001 | 950 | 35 | 18 | A | N | P | V | Slabě degradované vřesoviště na kraji mladého lesa. |
| HK/14 | 38 | 12 | J | 16.7.2001 | 2000 | 80 | 20 | A | N | L | V | Vřesoviště, náznak ústupu vlivem náletu smrku a zarůstání <i>Avenella flexuosa</i> . |
| HK/15 | - | - | - | 16.7.2001 | 1000 | 7 | 5 | A | A | SL | N | Smrky stíněný porost na sejpech, místy zápoj <i>Calamagrostis villosa</i> . |
| HK/16 | - | - | - | 16.7.2001 | 850 | 59 | 13 | A | A | P | V | Suché, řídké vřesové porosty vrcholků sejpů, na zastíněných místech porost <i>Calamagrostis villosa</i> . |
| HK/17 | - | - | - | 16.7.2001 | 900 | 120 | 20 | A | A | SL | V | Sejpy intenzivně vypásané, vliv zástínu vegetace vřesovišť přechází v luční vegetaci. |
| HK/18 | - | 2 | JZ | 18.7.2001 | 500 | 18 | 0 | A | A | P | V | Degradované vřesoviště |
| HK/19 | 39 | - | - | 18.7.2001 | 1200 | 120 | 200 | A | A | P | V | Vegetace na břehu potoka, mírně u cesty degradované, na vrcholu sejpu prvky vřesovišť |
| HK/20 | - | - | - | 18.7.2001 | 5000 | 19 | 12 | A | A | SL | V | Kombinace vřesovištních porostů na sejpech a společenstev vysokobyliných niv při potoku |
| HK/21 | - | - | - | 18.7.2001 | 23000 | 381 | 182 | A | A | SL | V | Kombinace vřesovištních porostů na sejpech a společenstev vysokobyliných niv při potoku |
| HK/22 | 40 | 1 | J | 18.7.2001 | 400 | 55 | 103 | N | N | SL | KT | Druhově ochuzený luční porost sv. <i>Violion caninae</i> |
| HK/23 | 41 | 10 | Z | 2.8.2001 | 250 | 26 | 9 | N | N | SL | V | Vřesoviště degradované zarůstáním trav, druhově pestré |
| HK/24 | 42 | - | - | 2.8.2001 | 550 | 110 | 200 | N | N | SL | L | Druhově pesrá louka sv. <i>Violion caninae</i> , známky dřívějšího narušení |
| HK/25 | - | 1 | Z | 2.8.2001 | 350 | 10 | 11 | N | N | SL | KT | Louka sv. <i>Violion caninae</i> |
| HK/26 | 43 | - | - | 2.8.2001 | 1500 | 35 | 40 | A | N | P/SL | V | Druhově bohaté vřesoviště na sejpech |
| HK/27 | 44 | 2 | J | 11.8.2001 | 1200 | 120 | 250 | N | N | SL | KT | U cesty v louce sv. <i>Violion caninae</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|-------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| HK/28 | 45 | 1 | JZ | 15.8.2001 | 4600 | 85 | 129 | A | N | P | V | Druhově bohaté vřesoviště, zarůstá <i>Avenella flexuosa</i> . |
| HK/29 | 46 | - | - | 4.9.2001 | 1500 | 32 | 37 | N | N | P | V | Degradované vřesoviště přecházející v louku, ojedinělý nálet smrku |
| HK/30 | 47 | 1 | SZ | 4.9.2001 | 1600 | 100 | 300 | N | N | P | V | Degradované vřesoviště, zarůstá <i>Avenella flexuosa</i> . |
| HK/31 | - | 2 | V | 4.9.2001 | 60 | 7 | 2 | A | A | P | V | Okraj vřesoviště při lesním lemu, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| HK/32 | - | 1 | SV | 4.9.2001 | 50 | 1 | 6 | N | N | SL | L | Neobdospodařovaná, až degradovaná louka |
| HK/33 | - | - | - | 4.9.2001 | 8000 | 120 | 38 | A | A | P/SL | V | Degradované vřesoviště, ve sníženinách sejpů zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| HK/34 | 48 | - | - | 4.9.2001 | 1300 | 60 | 81 | A | N | P | V | Vřesoviště na sejpech, tendence k zarůstání břízami |
| HK/35 | - | - | - | 6.9.2001 | 250 | 3 | 12 | N | N | SL | KT | Suchá louka sv. <i>Violion caninae</i> |
| HK/36 | - | - | - | 6.9.2001 | 500 | 27 | 11 | A | A | P | N | V lesním lemu, u cesty, zástin |
| K/1 | 49 | 1 | JV | 10.8.2001 | 9000 | nad 500 | nad 800 | A | N | P | VL | Vlhká, místy zrašelinělá louka s dominantním zastoupením <i>Molinia caerulea</i> , <i>Nardus stricta</i> aj. Nálet přítomen pouze okrajově, nebo jen nízký jedinci. |
| K/2 | 50 | - | - | 10.8.2001 | 5000 | 280 | 156 | A | A | P | KT | Místy kamenitá společenstva oligotrofních luk, z části přerostlá náletem dřevin, zvlněný terén |
| K/3 | 51 | 1 | J | 10.8.2001 | 200 | 95 | 32 | A | A | P | KT | V lemu lesa - podmáčené smrčiny, krátkostébelné porosty s dominantní <i>Nardus stricta</i> střídá porost s dominantním zastoupením <i>Molinia caerulea</i> |
| K/4 | 52 | - | - | 11.8.2001 | 100 | 55 | 0 | A | A | P | N | V nízkém mladém lese na ploše bývalých krátkostébelných trávníků |
| K/5 | - | 12 | SV | 15.8.2001 | 90 | 2 | 3 | A | N | SL | L | Dva vzdálené trsy na kamenném snosu pod solitérním <i>Picea abies</i> a v druhově pestrém travním porostu na svahu nad Teplou Vltavou |
| K/6 | - | 5 | V | 15.8.2001 | 1 | 1 | 0 | N | N | SL | L | Jediný trs ve vysokostébelné louce s vysokým podílem <i>Cirsium heterophyllum</i> na svahu na řekou |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| K/7 | - | 75 | SV | 15.8.2001 | 10 | 3 | 3 | A | A | SL | N | Několik trsů v porostu náletových dřevin ve svahu na řekou, v podrostu dominuje <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/8 | 53 | 65 | SV | 15.8.2001 | 9000 | nad 500 | nad 800 | A | A | P/SL | L | Početný výskyt na svahu nad řekou v druhově bohatých, květnatých loukách, místy zarůstá nálety dřevin (<i>Betula</i> sp. <i>Picea abies</i>) |
| K/9 | 54 | 60 | SV | 15.8.2001 | 400 | 9 | 12 | N | N | P/SL | L | V druhově pestrých lučných porostech pod pásem náletu břízy na svahu nad řekou |
| K/10 | 55 | - | - | 15.8.2001 | 1000 | 75 | 138 | N | N | SL | V | Zvlněný terén vřesoviště na bývalých sejpech, kamenité s expanzí <i>Avenella flexuosa</i> |
| K/11 | - | 0 | 0 | 15.8.2001 | 15 | 2 | 1 | A | A | L | KT | Krátkostébelné trávníky na okraji lesa zarůstající náletem <i>Picea abies</i> . |
| K/12 | 56 | 1 | J | 15.8.2001 | 500 | 90 | 68 | A | A | SL | KT | Krátkostébelné trávníky na okraji lesa zarůstající náletem <i>Picea abies</i> . |
| K/13 | - | 5 | JZ | 5.9.2001 | 30 | 21 | 4 | A | A | L | N | V lemu lesa, v podrostu dominuje <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/14 | 57 | 3 | Z | 5.9.2001 | 400 | 34 | 13 | A | A | P/SL | N | V lemu lesa a na průseku pod elektrickým vedením |
| K/15 | - | 2 | V | 15.7.2003 | 900 | 50 | 18 | A | A | P | N | V loukách zarůstajících náletem a v lesním okraji, ve trávnících s dominantním zastoupením <i>Calamagrostis villosa</i> , místy s <i>Nardus stricta</i> |
| K/16 | 58 | 1 | ZJZ | 15.7.2003 | 1900 | 200 | 30 | A | A | P | N | V lemu lesa a místy v louce pod lesem, v lese převážně sterilní v louce kvetoucí rostliny, v porostech se střídá dominance <i>Calamagrostis epigejos</i> a <i>Nardus stricta</i> |
| K/17 | 59 | 1 | ZJZ | 15.7.2003 | 500 | 30 | 0 | N | N | P | KT | Suché, druhově chudé, krátkostébelné trávníky na okraji lesa |
| K/18 | - | 0 | 0 | 15.7.2003 | 80 | 12 | 0 | A | A | P | KT | Sterilní trsy na kamenném snosu při staré cestě na okraji lesa, chudé krátkostébelné porosty s <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Homogyne alpina</i> či <i>Melampyrum pratense</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trstů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|-------------------|--------------|----------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------|------------------|--------|---------------------|---------|---|
| K/19 | - | 10 | SSZ | 15.7.2003 | 80 | 7 | 0 | A | A | SL | KT | Sterilní trsy na kamenném snosu při staré cestě na okraji lesa, chudé krátkostébelné porosty s <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Nardus stricta</i> či <i>Melampyrum pratense</i> |
| K/20 | 60 | 5 | SSZ | 15.7.2003 | 90 | 60 | 3 | A | A | P | N | Na okraji louky a lesa, převažují sterilní trsy, suché, živinami chudé, zastíněné okrajem lesa |
| K/21 | - | 10 | V | 15.7.2003 | 100 | 20 | 4 | A | A | P | N | Nad svahem se březovým a smrkovým náletem, na kamenném zarostlém snosu, mladé nálety <i>Picea abies</i> , lesní lemy s <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Pyrola minor</i> aj. |
| K/22 | - | 2 | J | 15.7.2003 | 1300 | 15 | 0 | N | N | P | VL | Druhově pestré vysokostébelné louky s <i>Nardus stricta</i> a <i>Molinia caerulea</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Carex nigra</i> aj. |
| K/23 | - | 0 | 0 | 15.7.2003 | 450 | 20 | 0 | A | N | P | KT | Velmi suchý <i>Violion caninae</i> , přechází ve vřesovištní vegetaci |
| K/24 | - | 0 | 0 | 15.7.2003 | 250 | 4 | 0 | A | A | P | V | Po obou stranách na kamenném snosu v lemu lesa, zarůstá, výskyt <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Avenella flexuosa</i> |
| K/25 | - | 5 | J | 15.7.2003 | 140 | 15 | 0 | A | A | P | N | Zarostlý kamenný snos v lemu lesa, hojně zastoupený <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Homogyne alpina</i> |
| K/26 | - | - | - | 15.7.2003 | 50 | 15 | 6 | A | A | L | KT | Zvlněný terén kamenného snosu, v lemu lesa, krátkostébelné porosty s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Homogyne alpina</i> |
| K/27 | - | 2 | Z | 29.6.2004 | 1 | 1 | 1 | A | N | L | N | V příkopu u cesty, na okraji lesa společně s druhy <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Willemetia stipitata</i> , <i>Carex pilulifera</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| K/28 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 1 | 1 | 0 | A | A | L | N | Při lesní pěšině, jediný trs v druhově chudém porostu s hojným zastoupením E0 a <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Avenulla flexuosa</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> |
| K/29 | 61 | 1 | JZ | 29.6.2004 | 1 | 1 | 2 | A | A | L | N | Drobná loučka při okraji lesa s kamenným snosem v druhově chudém porostu |
| K/30 | - | 1 | V | 29.6.2004 | 1 | 1 | 1 | A | A | L | N | U cesty, nedaleko chaty, zarostlé v náletu <i>Picea abies</i> , dominuje <i>Agrostis stolonifera</i> , vtroušeně <i>Nardus stricta</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Epilobium angustifolium</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Trientalis europaea</i> |
| K/31 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 700 | 120 | 30 | A | A | P | N | Suchý chudý okraj lesa, zarůstá lesem, ve vegetaci s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. myrtillus</i> |
| K/32 | 62 | 2 | SZ | 29.6.2004 | 5000 | 40 | 15 | A | A | P | V | Zbytky původních pastvin, degradovaná vřesoviště, zarůstá <i>Picea abies</i> , na staré cestě bohaté porosty <i>Pedicularis sylvatica</i> |
| K/33 | - | 1 | SSZ | 29.6.2004 | 200 | 10 | 5 | A | N | P | KT | Okraj lesa a pastviny, rostliny roztroušeně po okraji, hlavně při cestě v krátkostébelných trávnicích sv. <i>Violin caninae</i> až vřesovištní vegetace |
| K/34 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 700 | 30 | 2 | A | A | P | V | Degradované vřesoviště zarůstající <i>Calamagrostis villosa</i> a nálety dřevin |
| K/35 | - | 3 | SSV | 29.6.2004 | 6000 | 200 | 60 | A | A | P | V | Vřesoviště podél břehu potoka zarůstá náletem <i>Picea abies</i> , dominuje <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Nardus stricta</i> |
| K/36 | - | 2 | V | 29.6.2004 | 1 | 3 | 2 | A | N | P | V | Chudý porost degradovaného vřesoviště s dominancí <i>Calamagrostis villosa</i> , na sejpech nad potokem na okraji remýzku s nálety <i>Betula</i> sp. a <i>Picea abies</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m ²) | Počet trstů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|-------------------|--------------|----------|------------------|------------------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------|---------------------|---------|---|
| K/37 | - | - | - | 29.6.2004 | 200 | 8 | 3 | N | N | P | V | Výskyt na zvlněném terénu sejpů při pravém břehu potoka, vegetačně různorodé porosty, suché vřesovištní porosty se střídají s vegetací vysokobylinných niv (<i>Aconitum plicatum</i> , <i>Doronicum austriacum</i>) |
| K/38 | - | 2 | JZ | 29.6.2004 | 500 | 60 | 55 | N | N | L | KT | V oplocené zahradě v trávnících sv. <i>Violion caninae</i> až degradovaná vřesoviště |
| K/39 | - | 2 | SV | 29.6.2004 | 1 | 1 | 0 | A | N | L | N | Na okraji lesa s kamenným snosem s dominancí <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Trientalis europaea</i> |
| K/40 | - | 1 | S | 29.6.2004 | 1900 | 50 | 20 | A | A | P | KT | Roztroušeně v pastvině a na okraji lesa, dominuje <i>Nardus stricta</i> , po okraji zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/41 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 500 | 7 | 0 | A | A | P | N | Uvnitř remízku náletů a při jeho V okraji, výskyt <i>Arnica montana</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Scorzonera humilis</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Melampyrum sylvaticum</i> aj. |
| K/42 | - | 1 | Z | 29.6.2004 | 1 | 1 | 0 | A | N | P | N | Na okraji pastviny a remízu asi 50 m od toku Teplé Vltavy |
| K/43 | 63 | 4 | J | 29.6.2004 | 5000 | 300 | 300 | A | A | P | KT | Jižně exponované stráň na tokem Teplé Vltavy s roztroušenými porosty <i>Picea abies</i> |
| K/44 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 80 | 2 | 2 | A | A | P | N | Druhově chudý okraj lesa dominuje <i>Calamagrostis villosa</i> , vtroušeně <i>Melampyrum sylvaticum</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Trientalis europaea</i> |
| K/45 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 50 | 9 | 3 | A | A | P | V | Na okraji lesa v porostech sv. <i>Violion caninae</i> s <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. uliginosum</i> |
| K/46 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 50 | 5 | 0 | A | A | P | N | Chudý zastíněný okraj lesa s porosty <i>Avenella flexuosa</i> , místy <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Melampyrum pratense</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| K/47 | 64 | 1 | JV | 29.6.2004 | 200 | 15 | 32 | N | N | P | L | Na J straně zboženiště budovy v druhově bohatém porostu sv. <i>Violion caninae</i> s <i>Phyteuma nigrum</i> , <i>Briza media</i> a <i>Arnica montana</i> |
| K/48 | - | 3 | J | 29.6.2004 | 1000 | 55 | 65 | A | N | P | KT | V porostech druhově bohatých trávníků, hojně <i>Scorzonera humilis</i> a <i>Arnica montana</i> , prvky degradovaného vřesoviště a místy výskyt druhů vysokobylinných niv, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/49 | - | 2 | JV | 29.6.2004 | 600 | 35 | 58 | N | N | P | KT | Spodní sušší část JV exponovaného svahu, bohaté trávníky sv. <i>Violion caninae</i> místy s keříčky |
| K/50 | - | 3 | V | 29.6.2004 | 200 | 15 | 12 | A | N | P | N | Na okraji lesa a pod elektrickým vedením v druhově chudém porostu s dominantním zastoupením <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/51 | - | 1 | V | 29.6.2004 | 200 | 7 | 4 | N | N | P | KT | Nedaleko ruiny stavení, dominuje <i>Holcus mollis</i> , místy <i>Nardus stricta</i> , <i>Avenella flexuosa</i> |
| K/52 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 600 | 50 | 0 | A | A | P | N | V podrostu remízku s nálety <i>Betula</i> sp., <i>Picea abies</i> , v podrostu dominuje <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , místy <i>Melampyrum pratense</i> |
| K/53 | - | 2 | J | 29.6.2004 | 600 | 30 | 8 | A | A | P | N | V řídkém porostu <i>Betula pendula</i> |
| K/54 | - | 0 | 0 | 29.6.2004 | 100 | 15 | 30 | N | N | SL | VL | Mohutné trsy po obou stranách potoka (Teplá Vltava), na levém břehu roztroušeně v louce, dominuje <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Bistorta major</i> |
| K/55 | - | 25 | V | 29.6.2004 | 3000 | 150 | 40 | A | A | P | N | Svah nad nivou porostlý nálety <i>Betula pendula</i> , zčásti paseno, pasená část výrazně druhově pestřejší, hořce roztroušeně až ve skupinách spolu s <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Ranunculus platanifolius</i> , <i>Convalaria majalis</i> aj. |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| K/56 | - | 2 | S | 9.8.2004 | 4 | 3 | 0 | A | A | P | N | Starý kamenný snos zarůstající <i>Picea abies</i> s vysokým zastoupením E0, dále <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , okraj lesa |
| K/57 | - | 5 | V | 9.8.2004 | 10 | 3 | 0 | A | A | P | KT | Druhově chudý a suchý trávník sv. <i>Violion caninae</i> dominuje <i>Avenella flexuosa</i> , vtroušeně <i>Nardus stricta</i> , <i>Veronica officinalis</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>M. sylvaticum</i> , zarůstá <i>Picea abies</i> |
| K/58 | - | 0 | 0 | 9.8.2004 | 1000 | 35 | 77 | A | A | P | V | Druhově chudý trávník s expandujícím <i>Holcus mollis</i> , vtroušeně <i>Bistorta major</i> , na prudším svahu přechází v degradované vřesoviště s <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Arnica montana</i> . Terénní deprese táhnoucí se S směrem podél lesa |
| K/59 | - | 0 | 0 | 9.8.2004 | 1000 | 6 | 3 | A | A | P | V | Vřesovištní porost na sejpech s dominantním <i>Vaccinium myrtillus</i> , vtroušeně <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Arnica montana</i> aj. V porostech podél potoka dominuje <i>Carex nigra</i> a <i>Deschampsia cespitosa</i> , nálety <i>Betula pendula</i> |
| K/60 | - | 0 | 0 | 9.8.2004 | 12000 | 90 | 27 | A | A | P/SL | V | Okraj lesa s bývalými sejpy podél potoka s porosty degradovaných vřesovišť s <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Potentilla erecta</i> , místy zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> a nálety <i>Picea abies</i> a <i>Betula pendula</i> |
| K/61 | - | 0 | 0 | 9.8.2004 | 4 | 2 | 1 | N | N | P | VL | Zrašelinělý břeh potoka s dominantním zastoupením <i>Avenella flexuosa</i> , vtroušeně <i>Bistorta major</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> |
| K/62 | - | 3 | JJZ | 9.8.2004 | 800 | 20 | 25 | N | N | P | V | Výskyt na zarůstajícím vřesovišti s <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. myrtillus</i> pod bývalou vodní nádrží a jeho blízkém okolí, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , dále <i>Avenella flexuosa</i> a <i>Nardus stricta</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástín | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| K/63 | - | 3 | JZ | 9.8.2004 | 10 | 3 | 0 | N | N | P | KT | Druhově chudé, suché, krátkostébelné trávníky s dominantní <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , vtroušeně <i>Anthoxanthum odoratum</i> , neduživé trsy |
| K/64 | - | 5 | JZ | 9.8.2004 | 17000 | 108 | 99 | A | N | P | KT | Převažují krátkostébelné trávníky, místy zrašelinělé, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , místy <i>Molinia caerulea</i> |
| K/65 | - | 5 | Z | 9.8.2004 | 4500 | nad 500 | nad 500 | A | A | P/SL | V | Vřesovištní porost s místy zarůstající <i>Avenella flexuosa</i> , hojně <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Arnica montana</i> , místy v podrostu náletů, hlavně <i>Betula pendula</i> |
| K/66 | - | 5 | JZ | 9.8.2004 | 2300 | 55 | 20 | A | A | P | L | Relativně druhově pestré trávníky a okraj lesíka z náletových dřevin, součást pastviny |
| K/67 | - | 3 | JZ | 9.8.2004 | 3000 | 120 | 50 | N | N | P | V | Degradované vřesoviště s <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Arnica montana</i> , přechází v trávníky sv. <i>Violion caninae</i> , v pastvině |
| K/68 | - | 4 | JJZ | 13.9.2004 | 2 | 2 | 0 | A | N | P | KT | Suchý chudý okraj lesa s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , neduživé drobné trsy |
| K/69 | - | 2 | JZ | 13.9.2004 | 200 | 12 | 2 | A | A | P | N | Lesní okraj zarůstající <i>Picea abies</i> , paseno, zvlněný terén, počet kvetoucích prýtů není přesná kvůli okusu dobytka |
| K/70 | - | 1 | JZ | 13.9.2004 | 50 | 7 | 0 | A | A | P | N | Okraj druhově bohatého trávníku sv. <i>Violion caninae</i> a na svahu cesty a v podrostu náletu, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/71 | - | 1 | J | 13.9.2004 | 1 | 1 | 0 | N | N | SL | L | Bohatý trávník sv. <i>Violion caninae</i> , zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> s <i>Arnica montana</i> , <i>Pimpinella major</i> , <i>Potentilla erecta</i> , výskyt pod kamenným snosem s porostem <i>Betula pendula</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| K/72 | - | 5 | Z | 13.9.2004 | 50 | 3 | 0 | A | A | P | N | Na okraji lesa, v zástínu roztroušeně neduživé trsy, dominuje <i>Avenella flexuosa</i> , hojně zastoupeno E0, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/73 | - | 0 | 0 | 13.9.2004 | 500 | 45 | 8 | A | N | P | KT | Druhově chudé porosty sv. <i>Violion caninae</i> , výsadba <i>Picea abies</i> , z okraje zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , prvky ruderalizace |
| K/74 | - | 4 | ZJZ | 13.9.2004 | 400 | 16 | 0 | A | A | P | N | Na okraji lesa na suchém okraji s <i>Calamagrostis villosa</i> , zástíněno okrajem lesa |
| K/75 | - | 2 | Z | 13.9.2004 | 1 | 1 | 0 | A | N | PO | N | Neduživý trs na okraji pásu náletu podél kamenného snosu, živinami chudé, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/76 | - | 2 | JZ | 13.9.2004 | 700 | 70 | 9 | A | A | P | KT | Druhově chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> v zástínu na okraji lesa, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| K/77 | - | 4 | SSV | 15.7.2005 | 200 | 25 | 0 | A | N | P | VL | Na pravém břehu Kvildského potoka na vyvýšeném místě, vlhké trávníky s dominantní <i>Carex nigra</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , druhově chudé |
| K/78 | - | 0 | 0 | 15.7.2005 | 150 | 2 | 0 | N | N | P | V | Na vřesovišti na levé straně Kvildského potoka s <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Homogyne alpina</i> aj. |
| K/79 | - | 0 | 0 | 15.7.2005 | 50 | 30 | 0 | N | N | P | VL | Na pravém břehu Kvildského potoka na vyvýšeném místě, vlhké trávníky s dominantní <i>Carex nigra</i> |
| K/80 | - | 6 | Z | 15.7.2005 | 1000 | 50 | 15 | N | N | P | L | Druhově ochuzené trávníky s vysokým zastoupením <i>Bistorta major</i> . |
| K/81 | - | 2 | SV | 4.8.2005 | 800 | 40 | 14 | A | N | P | KT | Suchá louka nad nivou potoka s <i>Nardus stricta</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Bistorta major</i> |
| K/82 | - | 5 | ZJZ | 4.8.2005 | 100 | 10 | 9 | N | N | M | VL | Suché vyvýšené místo s trávníky sv. <i>Violion caninae</i> s dominancí <i>Nardus stricta</i> a <i>Carex nigra</i> |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m ²) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|---------------------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|---|
| K/83 | - | 0 | 0 | 4.8.2005 | 2000 | 30 | 60 | N | N | M | KT | Na bývalých sejpech, zejména ve sníženinách s krátkostébelnými trávníky, zejména na levé straně Kvildského potoka |
| K/84 | - | 3 | Z | 4.8.2005 | 1200 | 4 | 9 | N | N | P | V | Degradované vřesoviště s <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Avenella flexuosa</i> |
| K/85 | - | 3 | VJV | 22.9.2005 | 150 | 15 | 0 | N | N | P | KT | Druhově chudý trávník sv. <i>Violion caninae</i> , zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , louka v ohybu lesa, součást pastviny |
| K/86 | - | 2 | JV | 22.9.2005 | 10 | 6 | 0 | A | A | L | KT | Suchý trávník s dominancí <i>Avenella flexuosa</i> , zastíněný okraj lesa |
| K/87 | - | 0 | 0 | 22.9.2005 | 20 | 30 | 1 | A | N | P | KT | Druhově chudé trávníky při okraji lesa, okus dobytka, suché, živinami chudé s <i>Nardus stricta</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> |
| K/88 | - | 1 | J | 22.9.2005 | 30 | 25 | 34 | A | A | PO | V | Okraj kamenného snosu na pomezí lesa a pastviny s <i>Vaccinium myrtillus</i> |
| K/89 | - | 0 | 0 | 22.9.2005 | 5000 | 6 | 0 | N | N | P/SL | VL | Nepasená část, místy mírně zrašelinělé s <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , hojně E0 |
| F/1 | 10 | 3 | J | 12.8.2001 | 2500 | 500 | 700 | A | A | P/SL | KT | Louka sv. <i>Violion caninae</i> s roztroušenými smrky, vliv zástinu, místy zápoj <i>Calamagrostis villosa</i> . |
| F/2 | 11 | 2 | J | 12.8.2001 | 200 | 24 | 19 | A | A | P | N | Degradované společenstvo sv. <i>Violion caninae</i> , na kraji lesa, silný zápoj <i>Calamagrostis villosa</i> , zástin. |
| F/3 | 12 | 2 | J | 12.8.2001 | 300 | 65 | 80 | A | N | P | V | Vřesoviště <i>Arnico montanae</i> - <i>Callunetum</i> na kraji lesa |
| F/4 | - | - | - | 12.8.2001 | 80 | 58 | 16 | A | A | P | N | Bývalý kamenný snos v lesním lemu, zástin |
| F/5 | 13 | 3 | J | 12.8.2001 | 3000 | 115 | 92 | A | N | P | KT | Louka sv. <i>Violion caninae</i> , druhově chudá s roztroušenými smrky, zástin, zápoj <i>Calamagrostis villosa</i> |
| F/6 | 14 | 2 | J | 12.8.2001 | 600 | 110 | 85 | A | N | Z | V | Degradované vřesoviště, místy zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , část v zástinu |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m2) | Počet trsů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|----------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------|--|
| F/7 | - | 1 | JV | 12.8.2001 | 1 | 1 | 0 | N | N | L | L | Osamnělý trs na suchém okraji cesty mezi loukami |
| F/8 | - | 1 | J | 12.8.2001 | 100 | 4 | 16 | N | N | Z | L | Travníky vlhčího a úživnějšího typu, hojně <i>Hypericum maculatum</i> |
| F/9 | 15 | - | - | 12.8.2001 | 35 | 37 | 57 | N | N | SL | L | Louka sv. <i>Violion caninae</i> , vlhčí, úživnější typ |
| F/10 | 16 | 2 | J | 12.8.2001 | 19000 | nad 500 | nad 800 | N | N | P/SL/PO | L | Úživnější louka sv. <i>Violion caninae</i> s nízkým podílem <i>Nardus stricta</i> , výskyt v různě početných skupinách |
| F/11 | 17 | 3 | J | 12.8.2001 | 20000 | nad 500 | nad 800 | A | N | P/SL | V | Druhově bohaté vřesoviště <i>Arnica montanae-Callunetum</i> , místy zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| F/12 | - | - | - | 12.8.2001 | 1 | 1 | 1 | N | N | SL | KT | Ojedinelý trs v suché louce |
| F/13 | - | - | - | 12.8.2001 | 1 | 1 | 15 | N | N | P | KT | Ojedinelý trs v suché louce |
| F/14 | - | - | - | 12.8.2001 | 3 | 13 | 3 | A | A | L | N | V řídkém lese, suchá světlina s porostem <i>Calamagrostis villosa</i> |
| F/15 | - | - | - | 12.8.2001 | 1 | 6 | 3 | A | A | L | N | V roztroušených smrčcích na okraji lesa v suchém řídkém porostu <i>Calamagrostis villosa</i> |
| F/16 | 18 | - | - | 12.8.2001 | 60 | 63 | 61 | A | A | L | V | Na okraji lesa, bývalé vřesoviště degradované zarůstáním expanzními trávami a zástinem |
| F/17 | - | 1 | SV | 12.8.2001 | 105 | 12 | 7 | N | N | L | KT | Druhově chudá suchá louka s <i>Holcus mollis</i> , od lesa zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> |
| F/18 | - | 1 | V | 12.8.2001 | 1 | 2 | 3 | N | N | P | KT | Suchá, druhově chudá louka sv. <i>Violion caninae</i> |
| F/19 | - | 3 | Z | 12.8.2001 | 4 | 3 | 0 | A | A | PO | KT | Malá lesní louka s roztroušenými smrčky, vliv zástinu |
| F/20 | 19 | 3 | J | 12.8.2001 | 200 | 18 | 44 | N | N | SL | L | Degradovaná až ruderalizovaná louka u silnice, část zničená výkopem |
| F/21 | - | 4 | J | 12.8.2001 | 40 | 3 | 4 | N | N | SL | L | Úživnější, druhově bohatá louka, hojně s <i>Hypericum maculatum</i> |
| F/22 | - | 2 | S | 12.8.2001 | 6 | 2 | 13 | N | N | SL | L | Eutrofizovaná louka, degradovaný sv. <i>Violion caninae</i> |
| F/23 | 20 | - | - | 12.8.2001 | 400 | 60 | 0 | A | A | P | N | V lese a při jeho okraji u kamenného snosu, degradovaný sv. <i>Violion caninae</i> , zástin |
| F/24 | 21 | - | - | 12.8.2001 | 300 | 200 | 3 | A | A | P | V | Degradované, z části lesem zarostlé vřesoviště na kamenných snosech |

| Kód | Snímek (číslo) | Sklon (°) | Expozice | Datum záznamu | Rozloha (m ²) | Počet trsnů | Počet kvet. lodyh | Nálety dřevin | Zástin | Stabilní katastr | Habitat | Popis |
|------|-------------------|--------------|----------|------------------|------------------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------|---------------------|---------|---|
| F/25 | 22 | 2 | SZ | 12.8.2001 | 120 | 12 | 32 | N | N | Z | L | Neobhospodařovaná, degradovaná vlhčí louka, hojně s <i>Holcus mollis</i> |
| F/26 | 23 | 2 | J | 12.8.2001 | 50 | 22 | 15 | N | N | Z | KT | Druhově velmi chudý <i>Violion caninae</i> |
| F/27 | - | 1 | J | 13.8.2001 | 1 | 1 | 9 | N | N | Z | L | Neobhospodařovaná louka s vysokým zastoupením <i>Bistorta major</i> |
| F/28 | 24 | 1 | Z | 13.8.2001 | 20 | 4 | 10 | N | N | P/SL | L | Vlhčí louka se známkami degradace spojené s absencí obhospodařování |
| F/29 | 25 | - | - | 13.8.2001 | 4000 | 600 | 76 | A | A | P | N | V lemu lesa a v roztroušeně v lesním porostu, zarůstá <i>Calamagrostis villosa</i> , zástin |
| F/30 | - | 1 | S | 13.8.2001 | 450 | 68 | 60 | N | N | P/SL/PO | L | Zapojený luční porost, úživnějšího charakteru |
| F/31 | - | - | - | 13.8.2001 | 6 | 3 | 16 | N | N | P | VL | Na břehu potoka v trsech <i>Deschampsia cespitosa</i> |
| S/1 | - | 3 | Z | 13.8.2001 | 10 | 5 | 1 | A | A | Z | N | Po okraji náletů <i>Picea abies</i> |
| S/2 | 6 | 5 | Z | 13.8.2001 | 700 | 50 | 75 | A | N | PO | L | Louky, okrajově s náletem, vysoké zastoupení <i>Holcus mollis</i> |
| S/3 | 7 | 5 | Z | 13.8.2001 | 3000 | nad 500 | nad 800 | N | N | PO | L | Suché, mírně degradované trávníky s významným zastoupením <i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Holcus mollis</i> , <i>Hypericum maculatum</i> a <i>Phleum pratense</i> |
| S/4 | 8 | 3 | Z | 13.8.2001 | 4000 | nad 500 | nad 800 | N | N | PO | KT | Trávníky s <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Hypericum maculatum</i> aj. |
| S/5 | - | 2 | Z | 13.8.2001 | 50 | 2 | 0 | A | A | PO | N | V podrostu mladých <i>Picea abies</i> zarůstajících okraje luční enklávy |
| S/6 | 9 | 1 | Z | 13.8.2001 | 400 | 3 | 2 | A | A | PO/SL | L | Trsy v druhově bohatém trávníku sv. <i>Violion caninae</i> , postupně zarůstá mladým náletem <i>Betula</i> sp. a <i>Salix aurita</i> |

Příloha 2: Tabulka fytoocenologických snímků

Tabulka 2 viz CD na zadním přebalu disertační práce

Příloha 3: Zobrazení výskytu *G. pannonica* na mapovaném území na podkladu současných ortofotomaps a historických map stabilního katastru.

Grafické výstupy viz CD na zadním přebalu disertační práce



Conclusions

Conclusions

The thesis brings a range of novel findings about biological traits, genetic structure of *Gentiana pannonica* and summarized habitat character and conditions of this species. Detailed informations about biological traits and habitats are essential for for the interpretation molecular data and selection of appropriate conservation strategy of study species.

Based on observations of the development of stamens and stigmas and performed pollination experiment, pollination strategy of *G. pannonica* was examined. The species is mainly outcrossing but is still self-compatible. Herkogamous flowers are mainly pollinated by bumble bees. Although selfing may decrease production of viable seeds, open-pollination under natural conditions did not result in reduced set of viable seeds. Only in small and inconspicuous populations the seed set may be lower than in large populations due to insufficient amount of pollinators. In general, present populations of *G. pannonica* in the Bohemian Forest do not suffer from seed limitation (Papers **I, II, IV**).

According to field observations and experiments, successful seedling recruitment is currently almost exclusively tied to the primary habitats. In the secondary habitats, seedlings are very rare and occur entirely on the banks of streams with potentially relict character. Absence of seedling recruitment in the secondary mountain meadows and pastures seems to be a consequence of changes in land use in the last sixty years. The moisture and suitable microhabitat characteristics (low abundance of plant layer, presence of moss layer and bare soil) play the key role in successful seedling recruitment. The development and the survival of seedlings in *G. pannonica* populations therefore seem to be affected by microsite limitation (**Paper II, IV**).

Investigation of genetic variation and structure of *Gentiana pannonica* populations in three disjunct parts of its distribution range (the Eastern Alps, the Bohemian Forest, and the Giant Mts.) revealed a low degree of differentiation on regional and interpopulational level. The main portion of genetic diversity lay on intrapopulation level, in spite of long-term spatial isolation among the regions and the populations. Due to the longevity of the species, it seems that the time of isolation was too short for genetic differentiation. The results indicate the possibility of a

broad distribution of the species during the late Pleistocene and the early Holocene in the unglaciated areas of Central Europe regardless of altitude (**Paper III**).

The level of intrapopulation diversity corresponded to habitat and population history of *G. pannonica*. The highest genetic variation within populations was recorded in alpine populations in the Alps. The continuous existence of the alpine and the subalpine zones in the Alps throughout the Holocene enabled survival of numerous and large populations of the species. Thus the influence of the genetic drift and other stochastic processes was not as pronounced as in the Bohemian Forest. In the latter mountain range the decline of non-forest vegetation in postglacial periods caused retreat of the populations. The decrease of population size and number is reflected in reduced genetic diversity within populations. (**Paper II, III**).

Molecular analyses did not confirm the artificial introduction of *G. pannonica* in the Giant Mts. Given the results from our AFLP study and the absence of any direct evidence on artificial introduction, the native origin of *G. pannonica* in the Giant Mts. actually cannot be excluded. Unfortunately, due to incomplete sampling, we can only speculate about it (**Paper III**).

Investigation of present distribution, together with the results of molecular analyses and seedling regeneration experiments, clarified existence of the primary habitats of *G. pannonica* in the central part of the Bohemian Forest. It seems that the open plots along the streams played a key role in survival of the species during the forest period of Holocene (**Paper II, III, V**).

Projection of present occurrences of *G. pannonica* on the historical maps of the stable cadastre enabled to resolve the question about the impact of cultivation on the distribution of the species. In the central part of the Bohemian Forest the human activities, such as cultivation in the gardens and fields in the forest-free enclaves near the settlements or spontaneous spreading on former fields, affected the general distribution of *G. pannonica* only marginally (**Paper V**).



Appendix

Professional Curriculum Vitae

Professional curriculum vitae

Personal data

ESTER EKRTOVÁ (roz. HOFHANZLOVÁ)

* 15. 10. 1980, Zlín, Czech Republic

address: nám Bratří Čapků 264. Telč CZ-58856

email: ester.hofhanzlova@centrum.cz

Education

1999–2002 Bachelor study; Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia in České Budějovice

BSc. thesis – Reprodukční a opylovací strategie druhu *Gentiana pannonica* SCOP. [Reproduction and polination strategy of *Gentiana pannonica* Scop.]

2002–2005 Master study; Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia in České Budějovice

MSc. thesis, Reprodukční strategie a genetická variabilita vybraných populací druhu *Gentiana pannonica* SCOP. [Reproduction strategy and genetic variation of *Gentiana pannonica* populations]

since 2005 PhD study; Faculty of Sciences, University of South Bohemia in České Budějovice

PhD. thesis, Ecology and genetic diversity of *Gentiana pannonica* populations in different geographical and habitat scales – školitel Ing. Milan Štech, Ph.D

Teaching activities

2005–2009 Practices Systematic Botany of the Higher Plants (Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia)

2005–2009 Field botanical excursions (Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia)

2011 Field course of vegetation mapping (Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia)

Employment

- 2002–2004 Natura 2000 habitat mapping, Agency of Nature Protection of the Czech Republic, Prague
- since 2005 Processing floristic and vegetation surveys and guides of managing nature reserves for state and local offices in nature conservations (http://botanika.prf.jcu.cz/systematics/eeprt_floristika.html)
- since 2006 Natura 2000 habitat updating, Agency of Nature Protection of the Czech Republic, Prague

Grant projects

Mattoni awards for Studies Biodiversity and Conservation

- 2002, 2003 Reproductive biology of *Gentiana pannonica* Scop., endangered species in the Czech Republic
- 2004 Genetic variability within and among populations of *Gentiana pannonica* using RAPD markers and distribution of the species in the Šumava Mts.

Student Grant Agency BF JU

- 2006 Studium genetické variability a demografické struktury populací *Gentiana pannonica* ve vazbě na jejich specifická stanoviště a geografické rozšíření [Genetic variability and demographic structure of *Gentiana pannonica* populations in different habitat and geographical scales].

Grant Agency of the University of South Bohemia

- 2008 Genetická struktura populací *Gentiana pannonica* a její vztah k rozdílné historii rozšíření druhu na různých typech stanovišť v Alpách a na Šumavě [Genetic variability of *Gentiana pannonica* populations in different habitat in the Alps and the Bohemian Forest].

Publications

Scientific papers

- Hofhanzlová E. & Křenová Z. (2007): Pollination strategy and reproductive success of *Gentiana pannonica* in a natural population. – *Silva Gabreta* 13(2): 83–94.
- Hofhanzlová E. & Fér T. (2009): Genetic variation and reproduction strategy of *Gentiana pannonica* in different habitats. – *Flora* 204: 99–110.
- Ekrtová E., Štech M. et Fér T. (2012): Pattern of genetic differentiation in *Gentiana pannonica* Scop.: did subalpine plants survive glacial events at low altitudes in Central Europe? – *Plant Systematics and Evolution* 298(7):1383–1397. (IF = 1,335)
- Ekrtová E. & Košnar J. (accepted): Habitat-related variation in seedling recruitment of *Gentiana pannonica*. – *Acta Oecologica*

Floristic papers

- Hofhanzlová E. (2004): *Blysmus compressus* 72-73p., *Triglochin palustre* 123p. – In: Hadinec J., Lustyk P. et Procházka F. [red.], *Additamenta ad floram Reipublicae Bohemicae III.*, *Zprávy Čes. Bot. Společ.* 39 (1): 63–130.
- Hofhanzlová E., Ekrt L. & Štechová T. (2005): Floristický a vegetační průzkum rašeliniště Na Klátově. – *Acta Rer. Natur.* 1: 45–52.
- Chán V., Růžička V., Lepší P., Boublík K., † Doležal P., Ekrt L., Hofhanzlová E., Lepší M., Lippl L., Štech M., Švarc J. & Žíla V. (2005): Floristický materiál ke květeně Dačicka. – *Acta Rer. Natur.* 1: 17–44.
- Hofhanzlová E. & Ekrt L. (2006): Floristický a vegetační inventarizační průzkum Národní přírodní rezervace Zhejral. – *Acta Rer. Natur.* 2: 19–37.
- Hofhanzlová E. & Ekrt L. (2007): Floristický a vegetační inventarizační průzkum Národní přírodní rezervace Velký Špičák. – *Acta Rer. Natur.* 3: 11–20.
- Ekrt L. & Ekrtová E. (2008): Květena a vegetace Přírodní památky Toužínské stráně u Dačic. – *Acta Rer. Natur.* 5: 207–228.
- Ekrtová E. & Čech L. (2008): Floristický a vegetační průzkum lokality Horní Mrzatec v Jihlavských vrších. – *Acta Rer. Natur.* 5: 195–206.

- Ekrťová E. & Ekrť L. (2008): Floristický a vegetační průřkum horní řásti údolí potoka Strouha u Telče. – Acta Rer. Natur. 4: 17–30.
- Ekrťová E., Ekrť L., Kořnar J., Zapomělová E. & řejková A. (2008): Míčovka kulkonosná (*Pilularia globulifera*) znovu objevena v řeské republice. – Zpr. řes. Bot. Společ. 43(2): 193–208.
- Plunder M., Ekrťová E. & řech L. (2008): Floristický a vegetační průřkum lokality Pilný rybník v Jihlavských vrřích. – Acta Rer. Natur. 4: 43–50.
- Vydrová A., Grulich V, Ekrť L. & Ekrťová E. (2009): Řídká blana u Zahájí na řeskobudějovicku – významná lokalita vodní a mokřadní flóry a vegetace. – Muzeum a současnost, Roztoky, ser. natur., 24: 27–54

Popularization articles

- Ekrť L. & Hofhanzlová E. (2002): Proč jsou určité druhy vzácné – problematika malých populací. – Ochrana Přírody 8: 242–244.
- Hofhanzlová E. (2006): Hořec řumavský – alpský rodák symbolem řumavy. – řiva 4: 155–157.
- Ekrť L., Ekrťová E. & Kořnar J. (2009): Míčovka kulkonosná – vzácný evropský endemit opět souřástí naší flóry. – řiva 2/2009: 64–66.
- Ekrťová E. & Ekrť L. (2012): Křířem krářem arménským Malým Kavkazem I. Diverzita květeny a vegetace v kolébce neolitu pod Araratem – řiva 1/2012: 20–24.
- Ekrťová E. & Ekrť L. (2012): Křířem krářem arménským Malým Kavkazem II. Nelesní formace - od polopouřtí po úpatí vysokohorských svahů. – řiva 2/2012: 69–72.
- Ekrťová E. & Ekrť L. (2012): Křířem krářem arménským Malým Kavkazem III. Křířem krářem arménským Malým Kavkazem III. Diverzita lesní vegetace - její ochrana a paralely se střední Evropou. - řiva 3/2012: 119-122.
- Ekrťová E. & Ekrť L. (2012): Křířem krářem arménským Malým Kavkazem III. Křířem krářem arménským Malým Kavkazem IV. Vysokohorská vegetace - od sopečných kuřelů po krystalické hřebený. - řiva 4/2012: 196-199.

Conferences and thematic meetings contributions

- 2002 Hofhanzlová E.: Pollination and reproduction strategy of *Gentiana pannonica* in the Šumava Mts., Annual Meeting of British Ecological Society, York (poster)
- 2004 Hofhanzlová E.: Pollination and reproduction strategy of *Gentiana pannonica* in the Šumava Mts., 11. Österreichisches Botanikertreffen, Wien, Austria (poster).
- 2004 Hofhanzlová E.: Pollination and reproduction strategy of *Gentiana pannonica* in the Šumava Mts., Aktuality šumavského výzkumu II., Srní, Czech Republic (poster)
- 2005 Hofhanzlová E.: Reproduction and pollination strategy and genetic variability among various populations of the endangered species *Gentiana pannonica*, Second Meeting of Czech and Hungarian Ph.D. students in Plant Ecology and Botany, Hrubá Vrbka, Czech Republic (talk).
- 2005 Hofhanzlová E.: Problematika ochrany druhu *Gentiana pannonica* (hořec panonský) v oblasti NP Šumava [Nature conservation of *Gentiana pannonica* in Šumava National Park], I. Meeting of studies of rare and endangered species in the Czech Republic, Moravský Kras, Czech Republic (talk).
- 2006 Hofhanzlová E.: Reproduction strategy and genetic variation of *Gentiana pannonica* in different types of habitats, 12. Österreichisches Botanikertreffen, Kremsmünster, Austria (poster).
- 2009 Ekrťová E.: Je možné využít výsledky ekologicko-molekulární studie druhu *Gentiana pannonica* pro jeho praktickou ochranu? [It is possible to use the results of ecological and molecular studies of the species *Gentiana pannonica* for nature conservation?], IV. Meeting of studies of rare and endangered species in the Czech Republic, Sedmihorky, Czech Republic (talk).
- 2010 Ekrťová E.: Genetická struktura populací ohroženého druhu *Gentiana pannonica* - co nám může říct o historii

jeho rozšíření [Genetic structure of *Gentiana pannonica* and their history of distribution], Conference of the Czech Botanical Society, Evolution aspects in biology of plants, Prague, Czech Republic (talk).

- 2011 Ekrťová E.: Genetická struktura populací ohroženého druhu *Gentiana pannonica* - co nám může říct o historii jeho rozšíření [Genetic structure of *Gentiana pannonica* and their history of distribution], I. Molecular retreat, PŘF JU, Bejčkův mlýn u Slavonic, Czech Republic (talk).
- 2012 Ekrťová E.: Větrelec nebo relikť? aneb otazníky kolem (ne)původnosti *Gentiana pannonica* v Krkonoších [Invader or relict? Questions about status *Gentiana pannonica* in the Giant Mts.], V. Meeting of studies of rare and endangered species in the Czech Republic, Oldřichov v Hájích, Czech Republic (talk).

Other presentations (popularization, nature conservation)

- 2004 Hofhanzlová E.: Kanárské ostrovy pohledem botanika [Canary Islands according botanical view], SZČ-CEV Dřípátka, Prachatice
- 2005 Hofhanzlová E. & Ekrť L.: Madeira, za přírodou zelené perly Atlantiku [Madeira according botanical view], SZČ-CEV Dřípátka, Prachatice
- 2007 Ekrť L. & Hofhanzlová E.: Od severu na jih národními parky Thajska [National parks of Thailand], SZČ-CEV Dřípátka, Prachatice
- 2008 Ekrťová E. & Křivan V.: Plán péče pro PP Toužínské stráně [Management guide for Toužínské stráně Nature Reserve], odborný seminář "Péče o chráněná území a další přírodně významné lokality na Českomoravské vysočině", SEV Chaloupky, Kněžice
- 2009 Ekrťová E. & Křivan V.: Plán péče pro PP Dubová stráně [Management guide for Dubová stráně Nature Reserve], odborný seminář "Péče o chráněná území a další přírodně

významné lokality na Českomoravské vysočině", SEV Chaloupky, Kněžice

- 2009 Ekrťová E. & Ekrť L.: Poznámky k péči o vybrané lokality [Management guide for interesting localities in surroundings of Telč], odborný seminář "Péče o chráněná území a další přírodně významné lokality na Českomoravské vysočině", SEV Chaloupky, Kněžice
- 2010 Ekrťová E. & Ekrť L. & Křivan V.: Botanické a zoologické průzkumy, mapování a jejich význam pro ochranu přírody a management [Botanical and zoological inventory surveys in nature conservation], odborný seminář "Péče o chráněná území a další přírodně významné lokality na Českomoravské vysočině", SEV Chaloupky, Kněžice
- 2010 Ekrťová E. & Ekrť L. & Čech L.: Nové nálezy druhů střídavě vlhkých luk a vybraných teplomilných druhů na Českomoravské vrchovině [New findings of selected species in the Bohemian-Moravian Highlands], seminář Biodiverzita Vysočiny 2010, Jihlava
- 2010 Ekrťová E. & Křivan V. & Ekrť L.: Botanický a zoologický průzkum lokality Olešský rybník [Botanical and zoological inventory survey of locality Olešský rybník], seminář Biodiverzita Vysočiny 2010, Jihlava
- 2010 Ekrťová E. & Ekrť L.: Floristické, vegetační a kulturní postřehy z arménského Malého Kavkazu [Floristic and vegetation remarks from Armenia], přednáškový cyklus ČBS, Praha; Jihočeské muzeum, České Budějovice; Muzeum Vysočiny, Jihlava
- 2011 Ekrťová E. & Ekrť L.: Floristické, vegetační a kulturní postřehy z arménského Malého Kavkazu [Floristic and vegetation remarks from Armenia], Katedra botaniky UP, Olomouc; Blatské muzeum, Soběslav.
- 2011 Ekrťová E. & Křivan V.: Dva roky realizace plánu péče pro PP Dubová stráň [Management guide for Dubová stráň Nature Reserve after two years], odborný seminář "Péče o

- chráněná území a další přírodně významné lokality na Českomoravské vysočině", SEV Chaloupky, Kněžice
- 2011 Ekrťová E.: Odborné podklady pro péči o ZCHÚ a jiné lokality [Scientific data and their use in management of Nature Reserves], odborný seminář "Péče o chráněná území a další přírodně významné lokality na Českomoravské vysočině", SEV Chaloupky, Kněžice
- 2012 Ekrťová E.: Stereotypy v péči o ZCHÚ aneb změna je život [Stereotypes and changes in management of Nature Reserves], odborný seminář "Péče o chráněná území a další přírodně významné lokality na Českomoravské vysočině", SEV Chaloupky, Kněžice
- 2012 Ekrťová E. & Jelínek V.: Přírodní zajímavosti Dačicka [Natural points of interest in surroundings of Dačice], přednáška pro veřejnost, městská knihovna Dačice, Dačice
- 2012 Ekrťová E. & Jelínek V. & Poledníková K.: Přírodní zajímavosti Dačicka II. Údolí Moravské Dyje jako „biologická dálnice“ [Natural points of interest in surroundings of Dačice, Moravská Dyje, river], přednáška pro veřejnost, městská knihovna Dačice, Dačice
- 2012 Ekrťová E. & Ekrť L.: Madeira, za přírodou zelené perly Atlantiku [Madeira according botanical view], Blatské muzeum, Soběslav; Husitské Muzeum, Tábor

© for non-published parts Ester Ekrťová

ester.hofhanzlova@centrum.cz

Ecology and genetic diversity of *Gentiana pannonica* populations in different geographical and habitat scales.

Ph.D. Thesis Series, 2012, No. 15.

All rights reserved
For non-commercial use only

Printed in the Czech Republic by Vlastimil Johanus
Edition of 20 copies

University of South Bohemia in České Budějovice
Faculty of Science
Branišovská 31
CZ-37005 České Budějovice, Czech Republic

Phone: +420 387 772 244
www.prf.jcu.cz, e-mail: sekret@prf.jcu.cz