

University of South Bohemia in České Budějovice
Faculty of Biological Sciences
DEPARTMENT OF BOTANY



**Vegetation succession in quarries
in the České středohoří Hills**

Spontánní sukcesní procesy v lomech Českého středohoří

Summary of Ph.D. thesis
Souhrn doktorské disertační práce

Jan Novák

Supervisor: Prof. RNDr. Karel Prach, CSc.

České Budějovice 2006

- to demonstrate the spontaneous succession as a suitable and effective tool for restoration of quarries.

Structure of the thesis

The thesis is divided into five papers which were either published or submitted. Their citations and abstracts are presented here.

(1) Novák J. & Prach K. (2003): Vegetation succession in basalt quarries: pattern over a landscapescale. - *Applied Vegetation Science*, 6: 111-116.

A spatio-temporal variation of vegetation during spontaneous succession was studied in 56 basalt quarries spread over 1800 km² in the České středohoří Hills (NW Czech Republic, Central Europe). Differences in the particular habitats inside a quarry, i.e. steep rocky slopes, bottoms and levels, dumps, and screes were considered. The habitats ranged in age from 1 to 78 yr since abandonment. Macroclimate (mean annual temperature and precipitation) significantly influenced the course of succession, which led to a formation of shrubby grassland, shrubby woodland or tall woodland. Participation of target species typical of steppe-like communities significantly depended on the occurrence of the communities in the vicinity, up to a distance of 30 m from a quarry. Disused quarries may become refugia for rare plant species. Spontaneous successional processes led in the reasonable time of ca. 20 yr to semi-natural vegetation. Thus, they can be successfully exploited in restoration programs scheduled for the disused quarries.

(2) Novák J., Konvička M. (2006): Proximity of valuable habitats affects succession patterns in abandoned quarries.- *Ecological Engineering*, 26: 113-122.

Abstract. The study tested the hypothesis that the composition of vegetation formed during primary succession in basalt quarries is affected by the distance to, and area of, conservation-valuable biotopes of surrounding xerophilous grasslands. The successional vegetation was recorded in 270 relèves collected in 34 quarries in the area of Ceske Stredohori Hills, Czech Republic. We used detrended correspondence analysis to visualise the relationship between successional vegetation, ages of individual sites, and distances to the closest xerophilous grasslands. Subsequent

regression analyses of fidelities of individual relèves to the grassland alliances *Festucion valesiacae* and *Allyso-Festucion pallentis* corroborated the view that the probability of development of valuable habitats within the quarries decreased with distance to the closest grassland sites, and increased with their area. It also increased with successional age, but this effect was suppressed if quarry identity was considered as covariable in the regressions. Our results show that the valuable biotopes would eventually develop in quarries situated less than a hundred metres from adjoining xerophilous grasslands. We advocate that quarry operators pay attention to conservation management of biotopes that surround excavation sites, because maintaining valuable vegetation in the vicinity will eventually reduce costs of post-excavation restoration.

(3) Novák J. and Prach K. (submitted): Can artificial sowing of target species promote restoration in disused basalt quarries?

Abstract. Steppe-like dry (semi)natural grasslands are valuable and rare habitats in central Europe. In the study area (the Ceske Stredohori Hills, western part of the Czech Republic) they occur in fragments on southern slopes of volcanic hills, often in a vicinity of the quarries, which are numerous there. We performed sowing experiments and observed seedlings recruitment of six species, typical for the dry grasslands, in 9 basalt quarries located in 3 different climatic regions during 3 years. The sowing experiments were established in the young successional stages, 5-12 yr after quarrying was stopped. The objectives of the experiments were to evaluate (i) if seedlings recruitment and survival of the target species are possible, regarding the different climatic regions; and (ii) what is the influence of weather fluctuations among years on the seedlings survival.

Seedlings of all study species were able to recruit and survive in the early successional stages at least in some quarries. The species, except one, showed significant differences in recruitment among the climatic regions, with the best recruitment and survival in the driest and warmest region. Seedlings of two species did not recruit in the wettest and coldest region. All species survived in the driest and warmest region, while only one in the coldest and wettest region. The number of localities (floristic records) of particular species in the regions was the best predictor of the species germination and survival. Different weather conditions in the studied years significantly influenced recruitment of two species. It emerged, that the artificial sowing can be considered in restoration programs as a way how to restore dry grasslands in the disused quarries.

(4) Novák J. (2006): Variabilita sukcesních změn vegetace v čedičových lomech Českého středohoří [Variability of vegetation succession in basalt quarries in the České středohoří Hills]. -Zprávy České Botanické Společnosti 2006, 21: 107-112.

Abstract. The succession of vegetation was studied in 56 basalt quarries in the area of České Středohoří Hills. The habitats ranged in age from 1 to 78 years since abandonment. The succession is rapid in all habitats but extreme ones, such as stone walls. In central Europe the spontaneous succession in basalt quarries often result to forest. Patches of treeless vegetation in quarries can be classified as *Festucion valesiaca*e and *Allyso-Festucion pallentis*, which represent the most target vegetation. Valuable biotopes can be predicted to develop in quarries situated less than 100 m from adjacent xerophilous grass lands. Quarry operators should pay attention to conservation management of surrounding biotopes, because maintaining valuable vegetation in the vicinity will eventually reduce costs of post-excavation restoration.

(5) Novák J. (2002): Výskyt některých druhů rostlin v lomech Českého středohoří a dolního Poohří [Occurrence of some plant species in quarries in the České středohoří Hills and in the lower Poohří]. - Severočeskou Přírodou 2002, 33-34: 107-110.

Abstract. The České středohoří Hills and lower Poohří are traditional regions of exploitation of building stone - basalt, trachyt and some chalk sediments. Spontaneous succession is very acceptable for development of vegetation. The quarries are important refuge for many plants and animals. In the paper I am interested in spread of 57 phytogeographically important or rare plants in quarries in the study area.

Summary

Investigations of spontaneous succession in basalt quarries in the České středohoří Hills are presented in this thesis. In the first part it is showed a spatio-temporal variation of vegetation during spontaneous succession in 56 basalt quarries. The succession of vascular plants starts in the quarries immediately after habitat creation. There are annual species which usually occur in the initial stages as dominants. The initial stages are followed after 4 years by annual and biennial species. Gradually, after 10 years perennial grasses and hemicryptophytes expand. Trees, shrubs, sciophytes and nitrophytes expand after 25 years, while heliophilous species decrease.

The oldest successional stages are characterized by the gradual formation of a tree layer. The oldest successional stages seem to be rather stabilized, so I expect further successional changes to be slow and mostly of a quantitative character. The establishment of woody species tends to be easier under moderate environmental conditions and is retarded in extreme habitats.

In the second study I tested the hypothesis that the composition of vegetation formed during succession in basalt quarries is affected by the distance of adjoining xerophilous grasslands and the proportion of the grasslands in quarry surroundings. Subsequent regression analysis of fidelities of individual reléves to the grassland alliances *Festucion valesiaca*e and *Allyso-Festucion pallentis* corroborated the view that the probability of development of valuable habitats within the quarries decreased with distance of the closest grassland sites, and increased with their area. The study results show that the valuable biotopes would eventually develop in quarries situated less than 100 m from adjoining xerophilous grasslands. The course of succession in basalt quarries towards conservation-desirable xerophilous grasslands is strongly affected by the distance of the nearest grassland and the proportional share of the grasslands in quarry environs. In the study area, the time of arrival and rate of establishment of plants characteristics for xerophilous grasslands determine whether a site will develop towards a biotope of high conservation value, or towards a compact mesophilous scrub.

The landscape, surrounding the quarries, has passed a substantial transformation during the last half-century due to decline of pasture land and the increase of forests.. The average quarry abandoned some fifty years ago was surrounded by more xeric grasslands than an average quarry abandoned in the present. It can be expected that in recently closed quarries, spontaneous development of "mature" xerophilous grasslands will become increasingly rarer, unless a purposeful management changes the course. Instead, a majority of recent quarries may spontaneously develop more mesophilous vegetation.

In the third section the sowing experiments and seedlings recruitment of six species (*Atragalus excapus*, *Festuca valesiaca*, *Oxytropis pilosa*, *Silene otites*, *Stipa pennata* and *Stipa pulcherrima*) typical for the dry grasslands have been described. Seedlings of all study species were able to recruit and survive in the early successional stages at least in some quarries. The species, except one, showed significant differences in recruitment among the climatic regions, with best recruitment in the driest and warmest region. All species survived in the driest and warmest region, while only one in the coldest and wettest region. The number of localities (floristic records) of particular species in the regions was the best predictor of the species germination and survival. It appeared that the artificial sowing can be considered in restoration programs as a way how to restore dry grasslands in disused quarries.

Disused quarries may become important refuge for many rare plants. Above all species appeared in younger stages (e.g., *Oxytropis pillosa* and *Erysimum crepidifolium*) can find refugia there. Surface area of quarries is a significant part of a landscape. There is a possibility of using the spontaneous or direct succession in quarries to create new alternative site for the species which are rare and endangered nowadays.

At present the technical measures of restoration of quarries prevail in the Czech Republic. The results of this thesis suggest that restoration of abandoned quarries via spontaneous succession has been proposed as a cheap alternative to expensive technical reclamation. It is equally important that high quality biotopes should persist in quarry vicinity in order to provide colonising propagules for eventual succession after cessation of quarrying. This highlights the importance of managing the areas surrounding active quarries. It is in the best interest of quarry operators to support such activities as non-intensive grazing or eradication of aggressive alien species at habitats adjoining excavated sites.

Souhrn

Předložená práce se zabývá spontánní sukcesí čedičových lomů v Českém středohoří. V první části je prezentována časoprostorová variabilita spontánní sukcese vegetace v 56 čedičových lomech. Sukcese vegetace začíná záhy po ukončení těžby. Iniciální stádia jsou charakteristická řídkou vegetací jednoletých druhů. V následujícím sukcesním stádiu (4-10 let) se vedle jednoletých a dvouletých druhů začínají objevovat i vytrvalé byliny a trávy. Následující období (11-25 let) je charakteristické přítomností zapojené vegetace s dominancí vytrvalých trav a bylin. Výrazný nástup dřevin, sciofytů, nitrofytů a ústup heliofilních druhů je typický znak pro následující sukcesní stádium (26-40 let) především v regionu Verneřického a Labského středohoří. Nejstarší existující sukcesní stádia (40 let a více) jsou v Labském a Verneřickém středohoří charakterická vyvinutým stromovým patrem. V Lounském středohoří mají nejstarší zjištěná sukcesní stádia charakter „křovinaté stepi“. Je velmi pravděpodobné, že mimo extrémní stanoviště (jako jsou např. stěny lomů či prudké jižní svahy), bude sukcese bez dalších zásahů i v Lounském středohoří povolna směřovat k lesní vegetaci. Nejstarší zaznamenaná sukcesní stádia se zapojeným stromovým patrem se zdají být poměrně stabilizovaná a další sukcesní změny budou zřejmě probíhat pomaleji a budou mít především kvantitativní charakter.

V druhé části práce se zabývám vlivem vzdáleností a rozlohy okolních xerothermních trávníků na druhovou skladbu vegetace v průběhu sukcese opuštěných lomů. Fidelita (věrnost) vegetace v lomu k vegetaci sv. *Festucion valesiaca* a *Allyso-Festucion pallentis* vzrůstá s rozlohou xerothermního trávníku a naopak klesá s jeho vzdáleností. U mladších sukcesních stádií fidelita vegetace v lomu roste s velikostí okolního xerothermního trávníku monotónně. Ovšem u starých sukcesních stádií je fidelita téměř nulová až do 40% zastoupení xerothermních trávníků v okolí, pak ale její

hodnoty strmě stoupají. Brzký příchod relativně kompetitivních xerothermních trav rozhoduje, zdali bude průběh sukcese směřovat k tvorbě xerothermního trávníku či nikoliv. Jestliže v raně sukcesním stádiu nebudou trávy xerothermních biotopů hojně zastoupeny, bude sukcese poměrně rychle směřovat k mezofilním křovinám. Diaspory trav se budou na lokalitě vyskytovat dříve a ve větším množství, jestliže se trávníky budou vyskytovat v blízkém okolí. Sukcese na stanovišti vzdáleném více jak 100 m od xerothermní vegetace má obvykle víceméně mezofilní průběh.

Během posledních padesáti let dochází k výrazným změnám krajinného rázu. Vedle intenzivního zemědělského hospodaření je nápadné postupné snižování pastvy a zároveň zvyšování zastoupení dřevin. Lomy, kde těžba byla ukončena před 50 lety, měly vlivem pastvy a hospodaření více xerothermní okolí, než jaké je mají lomy dnes. Nedojde-li k zásadní změně způsobu současného hospodaření, lze očekávat, že lomy budou fungovat především jako refugia raně sukcesních druhů a stepní druhy pozdějších sukcesních stádií se uplatní omezeněji, než tomu bylo dosud.

Třetí část práce přibližuje výsevové experimenty šesti druhů charakteristických pro suché trávníky (*Atragalus excapus*, *Festuca valesiaca*, *Oxytropis pilosa*, *Silene otites*, *Stipa pennata* and *Stipa pulcherrima*) v čedičových lomech. Výsevy byly prováděny v raných sukcesních stádiích vybraných lomů a všechny sledované druhy zde klíčily a přežívaly po dobu sledování. V rámci třech klimaticky odlišných oblastí Českého středohoří byl kromě jednoho druhu patrný značný rozdíl v klíčení. Semenáčky sledovaných druhů nejlépe přežívaly v suchém a teplém Lounském středohoří. V lomech Verneřického středohoří byl schopen přežívat pouze jeden druh.

Počet lokalit (floristických zápisů) sledovaných druhů v jednotlivých regionech se ukázal jako nejlepší prediktor klíčení a přežívání druhů. Výsevy vybraných druhů mohou výrazně napomoci obnově vegetace suchých trávníků v opuštěných lomech.

Opuštěné lomy se mohou stát významnými refugii řady vzácných druhů rostlin i živočichů. Především pro druhy raně sukcesních stádií (např. *Oxytropis pilosa*, *Erysimum crepidifolium*) jsou v dnešní kulturní krajině lomy významná stanoviště. Vzhledem k tomu, že lomy zaujímají významnou část krajiny, nabízí se zde možnost využít spontánní či řízené sukcese pro tvorbu nových lokalit těchto dnes již vzácných druhů. V současnosti však stále převažují technické rekultivace lomů. Spontánní sukcese je finančně výrazně méně náročnou alternativou. Vzhledem k tomu, že druhová skladba vegetace je v průběhu sukcese značně ovlivněna přísunem diaspor, je důležité aby v blízkém okolí lomu byly zachovány přírodě blízké biotopy. Prostředky určené na rekultivace lomu by bylo vhodné využít na údržbu kvality stávajících biotopů v blízkém okolí, jako např. na extenzivní pastvu, odstraňování dřevinného náletu a invazních druhů (např. akátu) ze stepních trávníků.

Publikace

Novák, J. 1999. Subhalofilní vegetace v okolí obce Koštice (okr. Louny). Severočes. Přírod., 31: 91-96.

Novák, J. 1999. *Glaux maritima* L. v dolním Poohří. Severočes. Přírod., 31: 81-82.

Novák, J. 2000. Které charakteristiky prostředí významně ovlivňují subhalofyty v dolním Poohří? Severočes. Přírod., 32: 37-43.

Novák, J. 2000. Zajímavá plevelová společenstva západní části Holého vrchu u Vrbky (okr. Litoměřice). Severočes. Přírod., 32: 96-98.

Novák, J. 2000. *Gagea bohemica* (Zauschn.) J. A. et J. H. Schultes a *Polycnemum majus* A. Braun - staronové druhy Českého středohoří. Severočes. Přírod., 32: 98-101.

Novák, J. 2002. Výskyt některých druhů rostlin v lomech Českého středohoří a dolního Poohří. Severočes. Přír. 33-34: 107-110.

Novák, J. 2002. *Rosa pimpinelifolia* L. na vrchu Liščin u Pohořan. Severočes. Přír., 33-34: 47-48.

Novák, J. 2003. Slatinná vegetace na Podřipsku. Vlastivědný sborník Podřipsko 13: 108-109.

Novák, J., Prach, K., 2003. Vegetation succession in basalt quarries: Pattern on a landscape scale. Appl. Veg. Sci. 6, 111-116.

Boublík, K., Brabec, J., Buryová, B., Čech, L., Červinka, Z., Ducháček, M., Grulich, V., Hadinec, J., Havlíček, P., Husáková, J., Chrtek, J. jun., Kaplan, Z., Lepší, M., Novák, J., Roleček, J., Rybka, V., Rydlo, J., Sádlo, J., Štěpánek, J. et Trávníček, B., 2003. Výsledky floristického kursu České botanické společnosti v Nymburce v roce 2002. - Muzeum a Současnost, Roztoky, 18: 3-105.

Novák, J. 2003. Změny vegetace na plochách vzniklých disturbancí zvěří. Severočes. Přírod., 35: 99-102.

Novák, J., Nováková, K., Šafránková, J., 2005. Archeologický výzkum pozdně středověkých haltýřů v Českém Dubu. Archeologie ve středních Čechách 9, 709-714.

Novák, J. et Sádlo, J. 2005. Co způsobuje přítomnost nelesních druhů v borech na křídových podkladech? Severočes. Přírod., 36-37: 1-10.

Jaroš P. et Novák, J. 2005. Současný stav populace *Aster alpinus* L. v NPR Bořeň a NPR Sedlo v Českém středohoří. Severočes. Přírod., 36-37: 53-60.

Krahulec, F., Kaplan, Z. & Novák, J. 2005. *Tragopogon porrifolius* × *T. pratensis*: the present state of an old hybrid population in Central Bohemia, the Czech Republic. - Preslia, 77: 297-306.

Novák J. 2006. Variabilita sukcesních změn vegetace v čedičových lomech Českého středohoří. - Zprávy České Botanické Společnosti 2006, 21: 107-112.

Novák J. 2006. Slivínko - antrakologická analýza. In: Droberjar, E., Lutovský, M. (eds.) Archeologie barbarů, ÚAPPSSČ, Praha.

Novák, J., Konvička, M. 2006. Proximity of valuable habitats affects succession patterns in abandoned quarries. Ecol. Eng. 26: 113-122.

Šumberová K., Novák J. & Sádlo J. 2007. *Puccinellion limosae* Soó 1933. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Šumberová K., Novák J. & Sádlo J. 2007. *Juncion gerardii* Wendelberger 1943. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. & Šumberová K. 2007. *Loto tenuis-Potentilletum anserinae* Vicherek 1973. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. & Šumberová K. 2007. *Agrostio stoloniferae-Juncetum ranarii* Vicherek 1962. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

K. Šumberová & **Novák J.** 2007. *Scutellario hastifoliae-Veronicetum longifoliae* Walth. 1955. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. & Chytrý M. 2007. *Cirsio-Brachypodium pinnati* Hadač et Klika ex Klika 1951. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. & Chytrý M. 2007. *Scabioso ochroleucae-Brachypodietum pinnati* Klika 1933. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. 2007. *Cirsio pannonici-Seslerietum caeruleae* Klika 1933. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. 2007. *Plantagini maritimae-Caricetum flacca* Novák ass. Nova. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Chytrý M. & **Novák J.** 2007. *Bromion erecti* Koch 1926. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. & Chytrý M. 2007. *Carlino acaulis-Brometum erecti* Oberdorfer 1957. In: Chytrý M. (ed.) Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation.- Academia, Praha [in press].

Novák J. Dřevinná skladba severní části Oderské brány starší doby železné z pohledu antrakologické analýzy. - Bioarcheologie v České republice, AÚ AVČR, Praha [přijato].

Nováková K., **Novák J.** a Šafránková J. Paleoeologický výzkum Velanské cesty u Českých Velenic: zachycení lidské činnosti ve středověku v málo ovlivněné krajině. - Bioarcheologie v České republice, AÚ AVČR, Praha [přijato].

Novák J., Adámková I., Beneš J., Křováková K., Nováková K. Interpretace recentního pylového záznamu ve vztahu k okolní vegetaci na vybraných lokalitách jižních a západních Čech a otázka poznání vegetačního krytu a lidské činnosti v minulosti. - Bioarcheologie v České republice, AÚ AVČR, Praha. [přijato]

Sedláček R., Čejková A., Kolář T., Komárková V., Kyncl T., **Novák J.**, Nováková K., Beneš J. Studna z Dražkovic u Pardubic: komplexní archeologická a archeobotanická analýza. - Bioarcheologie v České republice, AÚ AVČR, Praha. [přijato]

Novák J. and Prach K. Can artificial sowing of target species promote restoration in disused basalt quarries? [submitted]

Curriculum vitae

Jan Novák

Born January 3th 1975 in Třebíč, Czech Republic

Education:

since 2000: Postgradual study at University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Biological Science, Department of Botany

1997-1999: MSc. study, Palackého University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Ecology

1994-1997: BSc. study, Palackého University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Ecology

Employment:

since December 2003: Laboratory of archeobotany and paleoecology, Department of Botany, Faculty of Biological Science, University of South Bohemia in České Budějovice

Scientific orientation:

Geobotany, Paleoecology, Antracology

Acknowledgements

First of all I would like to thank to my supervisor. Karel gave me the freedom in my investigations and made an effort to teach me detached thinking. Thank you also for your interest in my work and the time you spent on my manuscripts. Great thanks belong to Katka for her support and help with creation of this manuscript. I would thank to Martin Konvička for fruitful discussions, great support and valuable comments to my manuscripts. Special thanks go to my friends Martin, Libor, Milan, Poko, Beny and Rolda for their company and moral support. Žluťas and Marťa thank you for the effort in English correction of my final manuscript. Jaromír and LAPE group thanks for your meekness and understanding. This work would not have been possible without grants which enabled me to provide my own PhD-research. I am also grateful to my parents for their material support and sporadic dogs watch.