

The Early Medieval landscape, and transformation during the High Medieval colonization

Ph.D. Thesis

Radka Kozáková



Charles University Prague, Faculty of Science
Department of Botany
Prague 2011

Supervisor: Mgr. Petr Pokorný, Ph.D.

Contents

Acknowledgements.....	4
Introduction.....	5
Příspěvek pylové analýzy k rekonstrukci přírodních poměrů v okolí Libice nad Cidlinou. Kozáková R and Kaplan M, <i>Archeologické rozhledy</i> 2006, vol. 58, p. 540-549	16
Přírodní prostředí Pražského hradu a jeho zázemí v raném středověku – výpověď pylové analýzy sedimentů ze III. nádvoří. Kozáková R and Boháčová I, <i>Archeologické rozhledy</i> 2008, vol. 60, p. 547-564	30
Dynamics of the biotopes at the edge of a medieval town: pollen analysis of Vltava river sediments in Prague, Czech Republic. Kozáková R and Pokorný P, <i>Preslia</i> 2007, vol. 79, p. 259-281	63
The potential of pollen analyses from urban deposits: multivariate statistical analysis of a data-set from the medieval city of Prague (Czech Republic). Kozáková R, Pokorný P, Havrda J and Jankovská V, <i>Vegetation History and Archaeobotany</i> 2009, v. 18, p. 477-488	91
Contrasting local and regional Holocene histories of <i>Abies alba</i> in the Czech Republic in relation to human impact: Evidence from forestry, pollen and anthracological data. Kozáková R, Šamonil P, Kuneš P, Novák J., Kočár P and Kočárová R, <i>The Holocene</i> 2011 (on-line), DOI: 10.1177/0959683610385721.....	112
Conclusions.....	139
Curriculum vitae	142

I declare that this thesis or any part of it was never submitted to obtain any other academic degree.

Acknowledgements

I would like to thank to my supervisor Petr Pokorný for introducing me into the pollen analytical work and for high level and great inspiration that he provided me during my doctoral studies.

I am very grateful to Jacqueline van Leeuwen, that she professionally and kindly trained me in pollen morphology and to Pim van der Knaap for his good school in writing scientific texts. I am glad I could stay at University of Bern thanks to Brigitta Ammann and I appreciate the support I received from her and from Jacqueline and Pim.

During my Ph.D. studies I enjoyed very much field work and excursions with my colleagues and friends – Petr Pokorný, Petr Kuneš, Vojtěch Abraham, Dagmar Dreslerová, Libor Petr and others - and I thank them for that nice time and fun.

The research would not be possible without financial support. I was supported by the project directed by Jarmila Čiháková (NPÚ, No. 3/05), then by the grants of the GA AV no. IAAX00020701 and IAA800020706 and GA ASCR no. 404/08/1696.

Introduction

Landscape transformation that occurred during the Middle Ages in western and central Europe is reflected in all pollen diagrams. An event that was so striking and widespread was used by Firbas to distinguish a biostratigraphical period called the Younger Subatlantic (zone X; Firbas 1949). The medieval landscape transformation was so rapid and extensive that it can be compared with environmental changes at the transition of the Pleistocene and Holocene. While other vegetation changes were driven by gradual and long term processes, allowing ecosystems to adapt without losing their overall balance, both the beginning of the Holocene and the medieval landscape transformation were caused by sudden external factors: in the first case rapid climatic change and in the latter case vast human impact. During a few centuries, these anthropogenic factors that were enormously enhanced throughout the Middle Ages formed a cultural landscape that was much more similar to the landscape of today than to the landscape of, for instance, the 9th century. The dynamics of medieval changes in Europe were supported by a climatic shift toward higher mean temperatures from AD 1000 – 1300. During this time, the population rose from an estimated 46 million in AD 1000 to approximately 73 million in AD 1300 (Behringer 2010). In western Europe, this medieval transformation, characterized in part by the rise of many new towns, was about two centuries ahead. In our lands, the primary moments that marked later social, demographic, cultural and also landscape changes were the establishment of the Czech state and the introduction of the Christian religion in the late 9th century.

This doctoral thesis is focused on the Early Medieval landscape in the Czech lands and its transformation that culminated during the 13th and 14th centuries. From that time onwards the prehistoric landscape pattern was definitively lost and replaced by much coarser patches with different species composition and distribution of particular biotopes. Landscape changes are reflected in pollen from natural sediments as well as from urban archaeological layers from the town of Prague. Apart from landscape and environmental studies, this thesis aims to draw the limits of the pollen analytical method for detailed reconstruction of vegetation during relatively short period of time.

Great medieval transformation – social and cultural background

The present character of the cultural landscape in the Czech Republic started to be formed during the Early Medieval times. This is a period of transition as is indicated by the unclear temporal definition. The start of the Early Middle Ages is often put by scholars in the year AD 476 when the Western Roman Empire fell, but in fact it started sometimes during the complicated time of Migration Period between approximately AD 300-500/600 (Meduna 2008, Le Goff 2005). In the Early Medieval period many changes were started that later culminated in the High Medieval period dated from around AD 1250 until AD 1500.

During the Middle Ages, Czech lands were being intensively colonized. Archaeological data has documented an extension and concentration of settled area from as early as the 6th century as a result of the growing population (Klápště 1994, Kuna – Profantová et al. 2005; Appendixes 15-17). Many new villages were established, especially in the first half of the 13th century. At the same time towns were being formed, which was another result of the transformation wave coming from the western part of Europe with a delay of a few centuries (Klápště 2005, Le Goff 2005, Bakels 2009). From the 13th century construction of new villages and towns were planned in advance, and therefore connected with various ground adaptations that were absolutely unusual before that (Čiháková 1999, Klápště 2005, Čiháková - Havrda 2008). Urban places represented a concentration of multiple activities, people and cultures (Antrop 2004) and their prosperity depended primarily on relationships with the adjacent countryside. Therefore, organization of rights and land ownership was needed. Christianization played a crucial role in the medieval transformation process, giving the overall centralization a unified spiritual background. Officially, all the people and whole land were put under state control and in a symbolic way the state was under the patronage of the Christian God. In later centuries, private ownership was split among the king, monasteries, towns and the nobility. A very new aspect was that every piece of land had an owner and everybody was involved in a social system and was obliged to some authority. During the Early Medieval, the worth of human labour was very important, and therefore trade with slaves flourished. Such a focus on human labour was modified at the end of the 12th century when heredity rights for noble estates were officially introduced. Since that time, aristocrats had more certainty with their land investment, which supported colonization even in less fertile regions (Klápště 2005, Meduna 2008, Smetánka 1988).

All the changes brought by the High Medieval had one principle in common which was organization. Religion, time, the social system, land ownership and architecture were all organized, which had enormous consequences for the landscape.

The Early Medieval landscape

During the Migration Period that preceded the Middle Ages, there was a large reduction in settlement, which is reflected not only by archaeological data (Appendix 15) but also by pollen diagrams, with arboreal pollen increases and anthropogenic indicator curves being discontinued. Such a withdraw of the cultural landscape is strongly evidenced by pollen diagrams from sites situated at the margin or outside the old settlement zone (Appendix 8) but is also obvious at some sites from within the old settlement zone (Appendixes 3 and 7). The area of the recent Czech Republic was colonized by the Slavs in the 5th and 6th centuries and the population in Czech lands rose from an estimated 250 thousand during the last two centuries BC (Salač 2006) to perhaps half a million around AD 1000 (Fialová et al. 1996). Settlement gradually reached the same extent as it had during the prehistoric maximum in the

La Tène period and was mainly concentrated within the same area (Klápště 1994, Speranza 2000; Appendixes 14 and 16).

Pollen diagrams from the old settlement zone in the flat Labe valley show a gradual reduction in forests (Appendixes 1-3 and 6) during the Early Medieval period. Yet at least during the older phase (up until approximately AD 1000), the species composition remained more or less the same as it was throughout the previous 3000 years. In the lowlands, deciduous forests with *Quercus*, *Carpinus*, *Tilia*, *Ulmus* and *Corylus* prevailed. *Acer* has very low pollen production and is therefore scarcely represented in pollen data, but it also must have been common. The same taxa grew in the floodplain, where they formed a mosaic with *Alnus* and *Salix* in the close vicinity of water or in highly waterlogged sites. *Pinus* was common on dry substrates where it grew together with mostly *Quercus* and *Betula*. In areas with prevailing sandy or gravel subsoil, *Pinus* replaced mixed deciduous forests as early as around 3100 BP during the Late Bronze Age. This change seems to have been caused mainly by nutrient loss during gradual soil acidification (Ložek 1973, Pokorný 2005, Sádlo et al. 2008). Since this early *Pinus* expansion is restricted to sandy areas, the role of human impact seems to be marginal, and probably only accelerated this natural process of acidification.

The human role in changes to forest species composition during the Early Medieval is unambiguous, even though the changes were rather slow and gradual, resulting from accumulating human impact. *Pinus* started to expand, since as a typical r-strategist it profited from intensified deforestation as well as top soil degradation caused by long lasting forest pasturing and litter raking. This Early Medieval *Pinus* expansion occurred mostly at the expense of *Quercus* and other demanding deciduous trees, mainly *Tilia*, *Ulmus* and *Corylus*, though these taxa were not yet seriously reduced (Appendixes 2, 3, 5 and 7). In addition to flat valley floors, *Picea*, *Fagus* and especially *Abies* were also present in lowland forests, mainly at northern slopes, within the Vltava River canyon and other sites with increased humidity and with the occurrence of climatic inversions. Only *Picea* could grow also in the floodplain forests, yet it was not abundant. These three taxa were important in higher elevations such as the Moravian-Bohemian Uplands and of course in the mountains. Several pollen diagrams from the Moravian-Bohemian Uplands show a maximum of *Abies* and *Fagus* shortly before and during the beginning of a *Secale cereale* and *Triticum/Avena* type increase, which very probably dates to the Early Medieval time (Rybníčková 1974). In higher elevations, forests still covered most of the area (eg. Rybníčková 1974; Speranza 2000; Rybníček-Rybníčková 2008). Due to the harsh climate, *Secale cereale* was a common cereal crop in higher altitudes (Pokorný et al. 2000; Rybníčková 1974; Rybníčková-Rybníček 1985; Rybníček-Rybníčková 2008), while in the lowlands *Triticum/Avena* type was more abundant in most cases (Appendixes 3, 4 and 5).

Increased human impact on the natural environment was a consequence of the growing population, but the means of agriculture, pasturing and settlement remained largely the same as during prehistory. Archaeological research at Early Medieval villages and urban sites gives

the impression of spontaneous settlement establishment that respected local natural conditions (Čiháková-Havrdá 2008). Knowledge of how agriculture looked before the 13th century concerning both the extent of tilled land and field system is generally poor. There are some indices about agriculture in the countries west of Rhine, where unlike in the Czech lands, cultivation had a long tradition under the Romans. According to these indices, derived mainly from the carolingian written texts, the field systems varied from region to region and can be characterized as a three-year system, three-field system or two-year system (Bakels 2009). In the Czech lands, we can assume even more that the agricultural system was not unified. In any case, villages were small consisting on average of approximately four houses (Klápště 1994, Kuna – Profantová a kol. 2005). Considering that every farmstead was an independent agricultural entity, this necessarily leads toward a highly diverse and decentralized agriculture. Moreover, the area was much less inhabited than in the High Medieval (Appendixes 16 and 17) and therefore the use of land was far from absolute, meaning that some piece of land always remained abandoned and exposed to natural succession (Sádlo et al. 2008). The question of who owned what concrete land was expressed by fences or had a character of collective agreement among settlers, yet private ownership was respected. Nevertheless, large areas and especially forests did not yet have any owner (Meduna 2008, Bakels 2009).

Early Medieval pollen spectra often include increased numbers of shrubs such as *Viburnum opulus*, *Prunus* type, *Sorbus* type, *Rhamnus*, *Euonymus*, *Cornus sanguinea*, etc. (Appendixes 2 and 5; Chapter 1). Also, herbs representing meadow and pasture biotopes often increase in species number and counts (eg. *Centaurea scabiosa*, *Helianthemum*, *Melampyrum*, *Onobrychis*, *Mentha* type, *Campanula/Phyteuma*) in both cultural layers and natural sediments from the Early Medieval period (Appendixes 1 and 2; Chapter 1). Both the shrubs and herbs just mentioned are entomogamous species, with low pollen production and short pollen transport. Therefore, their increased numbers in early medieval pollen spectra represent subtle changes that can hardly be tested statistically, but which is most obvious at pollen sites situated very close to settlements or right in towns. Nevertheless, the pollen shows that which was mentioned in the previous paragraph. Abundant shrub communities together with a high number of herbs can indicate both a large area of natural borders between numerous small fields as well as relatively old fallow land.

High Medieval landscape transformation

The most radical landscape changes occurred during the 13th century. At that time, under the rule of Přemysl Otakar II, many new towns were established and the colonists were often invited Germans that brought new technologies and useful trade contacts. During the first half of the 13th century, the settlement network was already stabilized and was very similar to the current state (Klápště 1994, for the extent of settlement, see Appendix 17). Colonization

proceeded a bit more than was optimum, however, thanks to very beneficial conditions for locators and settlers in the beginning. A number of villages were later abandoned in the 14th and 15th centuries mostly due to poor locations that did not allow settlers to easily survive (Smetánka 1988, Klápště 2005, Klír 2008). New organization and changes in land ownership, as well as a need for more effective agriculture, resulted in the connecting of small fields into larger ones and in an increase of cultivated area (Klápště 1994). The use of the land was different, and for the first time complete (Bakels 2009).

In all pollen diagrams, this period is indicated by a marked decrease in arboreal pollen and an increase in cereals, especially *Secale cereale*. As viewed through the prism of pollen diagrams, the High Medieval transition is striking even in the centre of an old settlement zone, where settlement continued intensively (Appendix 1). The increase in *Secale cereale* pollen, so characteristic for this transitional period, may indicate several causes: the rotation of fields was faster with an inclination toward the three-field system, less productive land was cultivated, and higher elevations with more severe climate were colonized. *Secale cereale* is a deeply rooting plant with more effective nutrient utilization, and is a typical winter crop that better resists severe climate than the other most common cereal *Triticum aestivum* (Bakels 2009). New agricultural practices such as deeper tilling and the regular use of winter crops are also evident from changes in the species composition of weed communities in assemblages of plant macro-remains found in archaeological contexts (Kočár unpublished). In pollen diagrams, *Secale cereale* is accompanied with *Centaurea cyanus*, an annual weed that only began to be very abundant from the High Medieval time, indicating vast and extensive changes in agriculture (Appendixes 1 and 3).

High Medieval pollen spectra also show the intensified use of non-agrarian land. An increase in typical grazing indicators such as *Plantago lanceolata*, *Plantago major*, *Plantago media* and *Rumex acetosa* type is the result of vast deforestation as well as more numerous cattle and thus more intensive grazing, as is also sometimes indicated by other taxa e.g. *Trifolium repens* type (Appendix 1). Centralized land ownership led toward bigger fields, and therefore large areas of balks formed by shrubs and meadow communities were destroyed. Pollen spectra reflect this increase in the extent and use of cultivated land through the increased ratios of a few ruderals that dominate over other synanthropic taxa. A typical example is the pollen of Chenopodiaceae, a group of nitrophilous species indicating eutrophication (Appendixes 1 and 2; Chapter 2).

Another important change was extensive deforestation that also began to encroach on mountain areas. Runoff in rivers and brooks subsequently increased, because of the missing forest vegetation that had previously retained an important amount of water. Masses of eroded soil from deforested slopes accumulated in lowland depressions, which probably forced some settlers to move their houses and fields (Klápště 1994). Eroded material was transported by rivers and accumulated in the form of flood loams in all lowland flood plains. Before these changes, the floodplain soils were permeable sands or gravels. Floods were generally smaller

thanks to the greater capacity of forested catchment areas to hold rainwater, and mostly affected a narrow strand along the banks. In addition, flooded rivers returned relatively quickly to normal levels thanks to the permeable soils and rugged terrain. During the High Medieval, however, several meters of flood loams gradually leveled, flattened and extended the surface of the floodplains. Hence, during floods water spread much further from the river and stayed longer on the leveled ground formed by impermeable loams. Floodplain forests of *Alnion glutinosae*, *Alnion incanae* and *Salicion albae* types originate in this time, as do reed swamps and wet meadows mainly of *Calthion palustris*, *Alopecurion pratensis* and *Molinion caeruleae* types, which expanded to deforested sites within floodplains. Although these changes in floodplains were radical and extensive, they are not well reflected by pollen data. Firstly, some species of newly established floodplain forests are not easy to detect by pollen, namely *Populus* and *Prunus padus*. Secondly, other species of floodplain forests remained the same, and only changed in their proportion and spatial distribution. Since the pollen record of wet biotopes is mostly influenced by specific local conditions including human impact, vegetation changes valid for floodplains over a whole region are hard to separate from local trends. However, in some pollen diagrams an expansion of reeds is suggested by an increase in Gramineae pollen in floodloam layers (Appendixes 1-3), and the expansion of *Alnus* carr is also evident at some sites (Appendixes 3 and 6).

The forest species composition was also modified. In the lowlands, *Pinus* further spread in sites where mixed deciduous oak forests were previously abundant. The natural process of soil acidification was strongly enhanced by human activities such as intensive forest pasturing and litter raking. General nutrient loss suppressed demanding trees such as *Tilia*, *Acer* or *Ulmus*, while *Quercus* and *Carpinus* were better able to resist. According to most pollen diagrams, *Abies* and *Fagus* were also markedly reduced during the High Medieval and their reaction to overall impacts was similar (Rybniček-Rybničková 2008; Appendixes 3, 6 and 7). From historical forestry archives, we have reliable reports about *Abies* expansion and *Fagus* decline in human-influenced forests (Málek 1983; Chapter 3). Pollen diagrams from uplands and mountains show an expansion of *Picea* from the High Medieval up to the present (Rybniček-Rybničková 2008, Svobodová et al. 2001). Unlike *Abies* and *Fagus*, *Picea* grew in higher elevations that were deforested at later dates. *Picea* successfully regenerated on abandoned agrarian land as well as in forests that were induced by pasturing and selective cutting (Málek 1966, 1980, 1983). Later during the 18th and mostly 19th centuries, *Picea* was extensively planted in the Czech lands (Nožička 1957, Málek 1983) which definitely changed the species composition of our forests.

Heritage of the High Medieval landscape transformation

The typical recent European landscape, with a contrast between completely exploited land and protected areas, mainly forested, has its origin in the High Medieval period. Initially, the

rapidly growing population led toward the intensification of old land use practices, with the exception of agricultural cultivation. In forests, litter raking, forest pasturing and selective cutting gradually became extremely devastating, and even in the early 19th century was hard to regulate because the need for timber and fodder among ordinary people was stronger than moral constraints (Nožička 1957; Jančík 1958). Such forest management in uplands and mountain regions was conducive for *Abies alba*, which expanded in cultural forests until approximately AD 1600, when forest exploitation probably reached a degree that was too destructive (Málek 1983; Chapter 3). *Picea abies* was also continuously recovering in exploited forests, but unlike *Abies* was restricted to higher elevations (Málek 1966; 1980). Considering the massive *Pinus* expansion in lowlands, conifers better responded to the different landscape use during the High Medieval, even before artificial plantations, (Málek 1971, 1983). The only exceptions from deciduous taxa are possibly *Quercus* and *Carpinus*. Another special case is *Fagus*, which is sometimes referred as a taxon supported by human activities (Küster 1997, Bakels 2009). According to other sources, however, it did not recover at all in cultural forests (Málek 1983). In any case, it is now evident that *Fagus* is replacing *Abies* in many forest nature reserves (Šamonil – Vrška 2007, Vrška et al. 2009). For *Abies* at least, the reason is the lack of specific type of management, mainly selective cutting, that was replaced by large clearcuts in the 18th century. With the exception of *Pinus*, shifts in the forest species composition are not explicitly reflected by pollen data, and are extremely hard to detect in pollen from the 18th century when massive sowing and planting of mostly *Pinus* and *Picea* monocultures became common (Nožička 1957, Málek 1983; Chapter 3).

Whether in a forest or deforested landscape, the High Medieval period was the start of human activity as an absolutely dominant landscape-forming factor. The more the natural environment was regulated, the more arose contrasts between the natural and cultural parts of the landscape. From this point of view, the Early Medieval was the last time when a fine gradient in biotopes from the natural to the anthropogenic existed.

Structure and main questions of the thesis

Chapter 1 brings the introduction to the problem, which is resolved in detail in particular studies, that are sorted chronologically. Pollen diagrams and maps given in the Appendix 1-17 are supplementing the introduction.

Chapter 2 deals with the Early Medieval landscape around or in between settled areas. The first case study is from the Early Medieval hillfort in Libice nad Cidlinou, the second is from the beginnings of the Prague castle. The main questions of both studies are concerned with the impact of Early Medieval settlement on the natural environment. The results reflect the rural character of settlements, even in the case of the town of Prague. Pollen spectra, although coming from cultural layers, are markedly diversified within all ecological groups. The results

give a picture of land that is not yet intensively used and not yet extensively deforested. A similar fine balance between the natural and anthropogenic characteristics of the Early Medieval landscape is seen in pollen diagrams of natural sediments from Hradištko and Libice (Appendixes 1 and 2).

Chapter 3 is focused on the difference between Early and High Medieval towns as reflected by pollen data. The main questions are whether the differences that are subjectively evident are also statistically significant, and what potential pollen analysis has in urban contexts where other palaeoecological disciplines such as macroremain analysis seem to give more explicit results. The complicated taphonomy of cultural layers makes the interpretation of pollen results difficult. Analyzing many different archaeological contexts can at least partly discriminate different pollen sources. Results that best reflect the natural environment of the town come from less defined archaeological contexts, such as street surfaces or mixed settlement and waste layers that are common in the Early Medieval but rather scarce later, when defined archaeological features such as wells or cesspits prevail. The rise of the gothic town is in many aspects similar to the transformation that happened on the landscape scale. The building of new houses but also the use of space was planned and organized, because it was modern and necessary due to the increasing number of inhabitants. The vegetation of nearby natural biotopes (grasslands, pastures), which was present to quite a large extent in Early Medieval towns, became rare. High Medieval pollen spectra are characterized by the predominance of a few taxa. In addition to cereals, these pollen grains are mainly from nitrophilous weeds, very often Chenopodiaceae, signifying increased eutrophication. The difference between the Early and High Medieval pollen spectra lays mainly in altered proportions of the same pollen types, and younger pollen spectra has only partly lower species diversity. The only relatively reliable indicator of High Medieval sediments is the abundant *Centaurea cyanus*.

Chapter 4 is concerned with the rather fine or scattered landscape changes that are primarily detected by other than pollen data. A good example is the expansion of *Abies alba* in Czech forests that is evidenced by forestry archives and assumed to have happened between AD 1300 – 1600. Because every method describing past natural processes has its disadvantages and can result in misleading generalizations, three data sources concerning *Abies* growth are compared – pollen, anthracological assemblages from archaeological layers and interpreted historical forestry archives. The main motivation for this comparison is that forestry records tell that *Abies* was expanding in forests influenced by pasturing, litter raking and selective cutting, which is in conflict with mainly alpine pollen results suggesting that *Abies* is very sensitive toward human impact. There are questions whether the forestry records as they are interpreted are valid regionally, and whether the mountain populations of *Abies* have the same ecological demands as the population growing in the upland landscape of the Czech Republic.

Pollen diagrams show that the main period of extensive *Abies* expansion was during the Bronze and Iron Ages (2200BC – AD 0). The regional character of pollen data can be taken as reliable evidence that the expansion of *Abies* during High Medieval and early Modern times was not extensive but rather fragmented. Anthracological data also show the “golden age” of *Abies* during the Bronze and Iron Ages, but they further support forestry record, because the *Abies* charcoals were among the most abundant in High Medieval layers. Even though pollen data can sometimes be too coarse to show even relatively striking but fragmented landscape changes, contrasting pollen results from the Alps probably have a very different explanation, which is the greater ecological amplitude of *Abies* populations growing at lower elevations.

References

Antrop M (2004) Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning* 67 (1-4): 9-26.

Bakels C (2009) *The Western European Loess Belt: Agrarian History 5300 BC – AD 1000*. Springer

Behringer W (2010) *Kulturní dějiny klimatu*. Paseka, Praha.

Čiháková J (1999) Malá Strana od pravěku do vrcholného středověku. In: Vlček P (ed), *Umělecké památky Prahy, Malá Strana*, p. 11-27, Academia, Praha.

Čiháková J and Havrda J (2008) Praha – Malá Strana v raném středověku. Stav výzkumu a rekapitulace poznání. *Archeologické rozhledy* 60: 187-228.

Fialová L, Horská P, Kučera M, Maur E, Musil J and Stloukal M (1996) *Dějiny obyvatelstva českých zemí*. Mladá fronta, Praha.

Firbas F (1949) Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. I. Allgemeine Waldgeschichte. Jena.

Jančík A (1958) Lesy těšínské komory za nástupu režijního hutnictví. *Lesnictví* 12: 1109-1135.

Klápště J (1994) *Paměť krajiny středověkého Mostecka*. Státní galerie výtvarného umění, Most; Ústav archeologické památkové péče severozápadních Čech, Most; Archeologický ústav AV ČR, Praha; Most.

Klápště J (2006) *Proměna českých zemí ve středověku*. Nakladatelství Lidové noviny, Praha.

Klír T (2008) Osídlení zemědělsky marginálních půd v mladším středověku a raném novověku. *Dissertationes Archaeologicae Brunenses/ Pragensesque* 5, Praha.

- Kuna M and Profantová N (eds.) (2005): *Počátky raného středověku v Čechách*. Archeologický ústav AV ČR, Praha.
- Küster H (1997) The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe, *The Holocene* 7, 239-242.
- Ložek V (1973) *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia, Praha.
- Málek J (1966) Vývoj vegetace na území osad zaniklých v 15. a 16. století v oblasti jihozápadní Moravy. *Časopis moravského muzea Acta Musei Moraviae* 51: 153-180.
- Málek J (1971) Vliv pastvy dobytka na přežívání semenáčků a přirozenou obnovu jedle (The influence of livestock grazing on the survival of silver fir seedlings and on the natural regeneration of the silver fir). *Lesnická práce* 50, 543-546.
- Málek J (1980) Historie lesů v Podyjí se zřetelem na přírodní výskyt jedle a srku (Uherčicko a Bítovsko). *Acta Scientiarum naturalium musei Moraviae occidentalis in Třebíč* 11, 69-79.
- Málek J (1983) Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. (Ecology of *Abies alba* and its dieback) *Studie ČSAV* 11, Academia, Praha.
- Meduna P (2008) Aby skutkové minulých časuův stáli zůstati mohli. *Prameny paměti*, Praha, 17-54. <http://www.historickededictvi.cz/files/u52/archeologie2008.pdf>
- Le Goff J (2005) *Kultura středověké Evropy*. Vyšehrad.
- Pokorný P, Klimešová J and Klimeš L (2000) Late holocene history and vegetation dynamics of a floodplain alder carr: A case study from eastern Bohemia, Czech Republic. *Folia Geobotanica*, 35(1): 43-58.
- Pokorný P (2005) Role of man in the development of Holocene vegetation in Central Bohemia. *Preslia* 77: 113-128.
- Rybníček K and Rybníčková E (2008) Upper Holocene dry land vegetation in the Moravian-Slovakian borderland (Czech and Slovak Republics). *Vegetation History and Archaeobotany* 17(6): 701-711.
- Rybníčková E (1974) Die Entwicklung der Vegetation und Flora im südlichen Teil der Böhmischo-mährischen Höhe während des Spätglazials und Holozäns. *Vegetace ČSSR* 17, Academia, Praha.
- Sádlo J, Pokorný P, Hájek M, Dreslerová D, Cílek V (2008) *Krajina a revoluce*. Malá Skála, Praha.
- Salač V (2006) O obchodu v pravěku a době laténské především. *Archeologické rozhledy* 58: 33-58.
- Smetánka Z (1988) *Život středověké vesnice (Zaniklá Svidna)*. Academia, Praha.
- Smetánka Z (2004) *Legenda o Ostojovi*. Nakladatelství Lidové noviny. Praha.

Speranza A, Hanke J, van Geel B and Fanta J (2000) Late-Holocene human impact and peat development in the Černá Hora bog, Krkonoše Mountains, Czech Republic. *The Holocene* 10 (5): 575-585.

Svobodová H, Reille M and Goeury C (2001) Past vegetation dynamics of Vltavský luh, upper Vltava river valley in the Šumava mountains, Czech Republic. *Vegetation History and Archaeobotany*, 10(4): 185-199.

Šamonil P and Vrška T (2007) Trends and cyclical changes in natural fir-beech forests at the north-western edge of the Carpathians. *Folia Geobotanica* 42: 337-361.

Vrška T, Adam D, Hort L, Kolář T and Janík D (2009) European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians – A developmental cycle or a linear trend induced by men? *Forest Ecology and Management* 258, 347-356.

Příspěvek pylové analýzy k rekonstrukci přírodních poměrů v okolí Libice nad Cidlinou

Radka Kozáková^{1*}, Miloš Kaplan

¹Archeologický ústav AV ČR, v.v.i., Letenská 4, CZ-118 01 Praha

* Author for correspondence, e-mail: kozakova@arup.cas.cz

1. Úvod

V rámci záchranného archeologického výzkumu v roce 1999, který probíhal na jižní straně předhradí v Libici nad Cidlinou na parcele č. 5, byly z odkrytých vrstev (prostřednictvím vrtů a následně při skrývání vrstev v sondě č. 236/2; *Mařík 2006*, obr. 1) odebrány vzorky pro pylovou analýzu doplňující současně zajištěnou analýzu rostlinných makrozbytků (*Čulíková 2006*). Makrozbytková analýza byla provedena také ze sedimentů objektu ze středu předhradí (*Čulíková 1999*). Archeobotanické výzkumy v zázemí sídliště pokračovaly pylovou analýzou zbytku medem slazené potraviny, jenž byla součástí výbavy hrobu z 10. století (*Pokorný – Mařík 2006*). Tyto paralelně provedené studie spolu s archeologickým kontextem jsou výjimečnou příležitostí k hlubokému vhledu do života hradu a jeho vztahů s okolím. Pylová analýza by přitom měla přispět především k poznání druhové skladby a stavu lesních porostů v okolí lokality.

Lokalita se nachází na jz. okraji vyvýšeniny – zbytku pleistocénní štěrkopískové říční terasy. Uvnitř prostorově značně rozrůzněné vnitřní delty bylo místo s ideální predispozicí k založení hradu. Archeologická interpretace pokládá odběrové místo za nejtěsnější vnější okolí starší fáze opevnění předhradí. Nepočtený soubor zlomků keramiky neumožnil bližší datování analyzovaných sedimentů než do přelomu 9. a 10. až počátku 12. století.

2. Odběr a zpracování vzorků

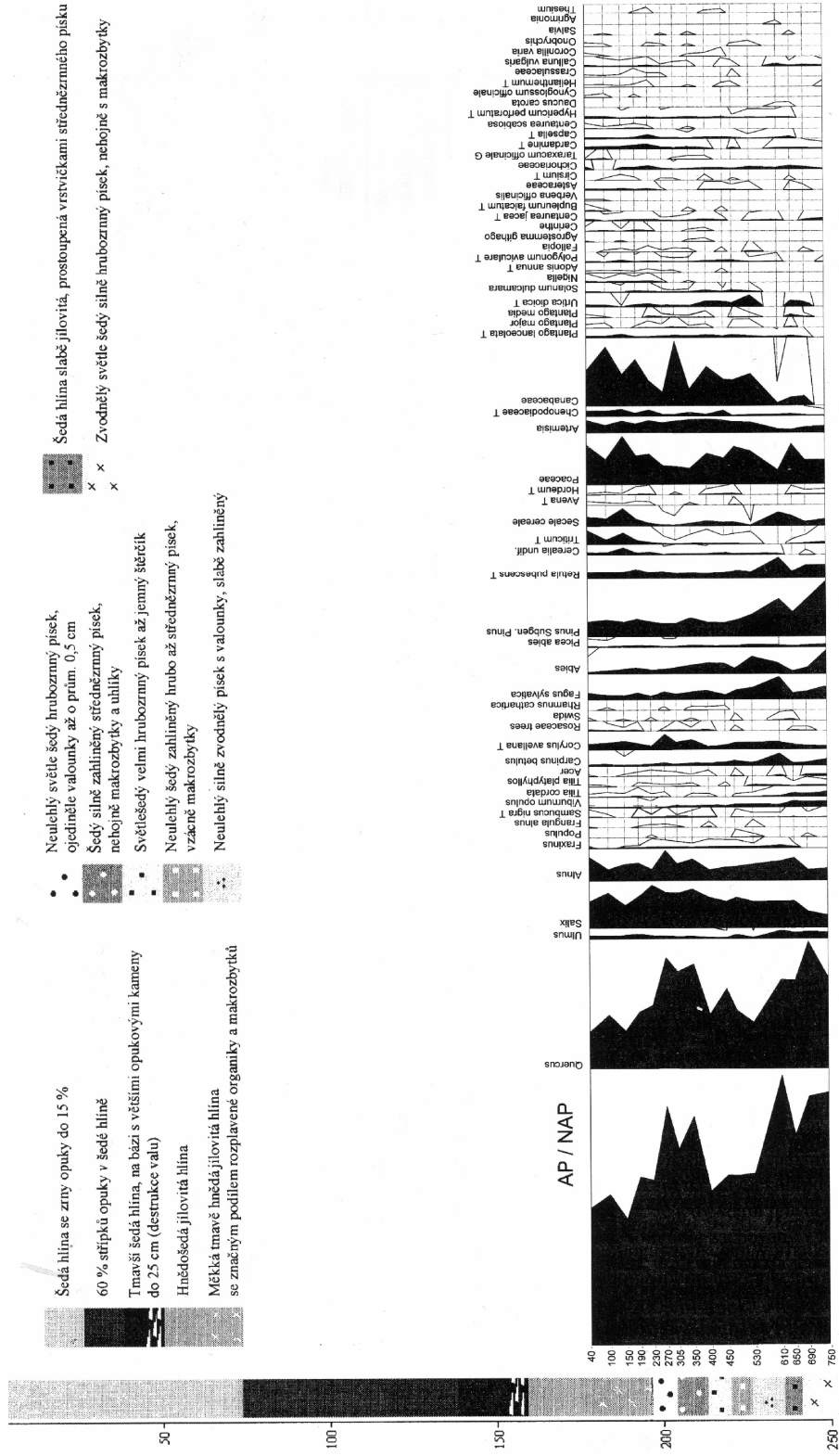
Pylové analýze byly podrobeny sedimenty uložené pod 150 cm mocnou vrstvou šedé hlíny na bázi s opukovými kameny (pravděpodobně destrukce přední kamenné plenty opevnění). V horní části měly hlinitojílovitý charakter a směrem dolů postupně přecházely v písčité vrstvy s různým stupněm zahlinění (*obr. 1*). Veškerý zkoumaný sediment zřejmě vznikl pod vodní hladinou, i když výška vodního sloupce nebyla stálá.

Z profilu kopané sondy (236/2) byl odebrán blok sedimentů (5 x 5 x 80 cm) pod zmíněnou destrukcí a z něj byly v intervalech 5 cm pomocí seříznuté injekční stříkačky získány vzorky pro pylovou analýzu. Další materiál ze stejných stratigrafických úrovní byl odebrán a předán k analýze rostlinných makrozbytků a k malakologické analýze.

Chemické zpracování materiálu proběhlo metodou upravenou podle autorů *Faegri – Iversen (1989)*: odstranění uhličitanů 10% HCl, odstranění křemičitanů koncentrovanou HF, odstranění organických součástí 10% KOH a acetylační směsí (směs acetanhydridu s H₂SO₄ v poměru 9 : 1).

2.1. Přehled nalezených pylových typů

Výstupem pylové analýzy je identifikace pylových typů, jež zřídka představují jednotlivé druhy. Častěji se jedná o skupiny druhů nebo vyšší taxonomické jednotky, tedy rody, čeledě, skupiny čeledí nebo části čeledí (nomenklatura rostlinných taxonů podle *Kubát ed. 2002*). Nálezy pylových typů jsou v *tab. 1* při popisu charakteru stanoviště často upřesněny na druhovou úroveň díky analýze rostlinných makrozbytků (AM), prezentované v samostatné stati (*Čulíková 2006*).



Obr. 1. Libice nad Cidlinou, sonda 236. Zkrácený procentický pylový diagram.
Fig. 1. Libice nad Cidlinou, trench 236. Short percentage pollen diagram.

Pylový typ	Zahrnuté druhy	Charakter stanoviště
<i>Abies</i> (jedle)	<i>Abies alba</i>	součástí dubohabrových lesů
<i>Acer</i> (javor)	<i>A. campestre</i> , <i>A. platanoides</i> , <i>A. pseudoplatanus</i>	dubohabřiny, lužní lesy, křoviny
<i>Achillea</i> (heřmáněk)	rody <i>Achillea</i> , <i>Chrysanthemum</i> , <i>Matricaria</i>	podle AM řebříček obecný (<i>A. millefolium</i>) - mezofilní louky, okraje cest, meze, lesní paseky
<i>Adonis annua</i> (hlaváček roční)	všechny naše druhy rodu <i>Adonis</i>	podle AM hlaváček letní (<i>A. aestivalis</i>) - společenstva teplomilých polních plevelů
<i>Agrimonia eupatoria</i> (řepík lékařský)	zahrnuje i řepík vonný (<i>A. procera</i>), který je však v Polabí vzácný	suchá a slunná stanoviště, subxerothermní trávníky
<i>Agrostemma githago</i> (koukol polní)	pouze <i>A. githago</i>	plevel obilných kultur - ozimů i jaří
<i>Alchemilla</i> (kontryhel)	rody kontryhel (<i>Alchemilla</i>) a nepatrnec (<i>Aphanes</i>)	kontryhel - vesměs vlhčí louky a trávníky často ruderalizované, nepatrnec - plevele polních kultur
<i>Alisma</i> (žabník)	všechny naše druhy rodu <i>Alisma</i>	podle AM <i>Alisma plantago-aquatica</i> - stojaté vody, obnažená dna
<i>Alnus</i> (olše)	<i>A. glutinosa</i> , <i>A. incana</i>	podle AM olše lepkavá (<i>A. glutinosa</i>) - vlhčí partie lužních lesů, bažinné olšiny
<i>Anthriscus sylvestris</i> (kerblík lesní)	pro střední Polabí připadá v úvahu pouze kerblík lesní (<i>A. sylvestris</i>)	vlhčí louky, křoviny, příkopy, rumiště
<i>Artemisia</i> (pelyněk)	všechny druhy rodu <i>Artemisia</i> , nejprvděpodobněji jde o pelyněk černobýl (<i>A. vulgaris</i>)	pelyněk černobýl - rumiště, okraje cest, úhory, pobřežní křoviny; ostatní pelyňky součástí světlomilných spíše xerothermních společenstev
<i>Avena</i> (oves)	vedle ovsu setého (<i>A. sativa</i>) zřejmě i další druhy rodu <i>Avena</i>	
<i>Betula</i> (bříza)	všechny druhy rodu <i>Betula</i> , v Polabí lze počítat s břízou bělokorou (<i>B. pendula</i>) a břízou pýřitou (<i>B. pubescens</i>)	bříza bělokorá - kyselé doubravy, křoviny, pionýrská světlomilná dřevina; bříza pýřitá - vlhká stanoviště
<i>Bistorta</i> (rdesno)	pouze rdesno hadí kořen (<i>B. major</i>)	podmáčené kosené louky
<i>Bupleurum</i> (prorostlík)	všechny druhy rodu <i>Bupleurum</i>	podle AM prorostlík okrouhlostý (<i>B. rotundifolium</i>) - teplomilná plevelová společenstva
<i>Calluna vulgaris</i> (vřes obecný)	pouze vřes obecný (<i>Calluna vulgaris</i>)	světlomilný a acidofilní druh, pastviny, světlé (často degradované) lesy
<i>Calystegia</i> (opletník)	pouze opletník plotní (<i>C. sepium</i>)	vlhké křovinaté porosty často kolem vod
<i>Cannabis</i> / <i>Humulus</i>	konopí seté (<i>Cannabis sativa</i>) a chmel otáčivý (<i>Humulus lupulus</i>)	chmel otáčivý - lužní lesy, vlhké křoviny
<i>Carpinus betulus</i> (habr obecný)	pouze habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>)	dubohabřiny
<i>Centaurea jacea</i>	chrpa luční (<i>Centaurea jacea</i>), chrpa parukářka (<i>Centaurea pseudophrygia</i>), chrpa latnatá (<i>Centaurea stoebe</i>)	xerothermní trávníky až vlhké louky
<i>Centaurea scabiosa</i> (chrpa čekánek)	pouze chrpa čekánek (<i>C. scabiosa</i>)	křovinaté stráně, meze, sušší louky lesní okraje
Cerealia	obiloviny, které se nepodařilo blíže určit - pšenice, oves, ječmen, žito	pěstované v polních kulturách
<i>Cerinthe</i> (voskovka)	pouze voskovka menší (<i>C. minor</i>)	teplomilný druh; křoviny, lesní lemy, pole, rumiště, úhory, násypy
Chenopodiaceae (merlíkovité)	příslušníci čeledí merlíkovité (<i>Chenopodiaceae</i>) a laskavcovité (<i>Amaranthaceae</i>)	dusíkem bohatá místa, často vlhčí; ruderalní stanoviště, obnažená dna, okolí hnojišť apod.
<i>Cicuta</i> (rozpuk)	pouze rozpuk jízlivý (<i>C. virosa</i>)	světlomilný druh; neznepevněné půdy bažinných olšin a břehů řek

		podle AM bodlák obecný (<i>Carduus acanthoides</i>) - ruderalní nitrofilní společenstva, pcháč rolní (<i>Cirsium arvense</i>) nebo pcháč bahenní (<i>C. palustre</i>) - pole, úhory, rumišťe, pastviny a pcháč bahenní vlhké louky a olšiny
<i>Cirsium</i> (pcháč)	chápán jako suma druhů pcháč (<i>Cirsium</i>) a bodlák (<i>Carduus</i>), obsahuje však i další rody	
<i>Coleogeton</i> (rdestík)	pouze rdestík hřebenitý (<i>C. pectinatus</i>)	vodní druh; mělké eutrofní vody
<i>Cornus sanguinea</i>	pouze svída krvavá (<i>Cornus sanguinea</i>)	lužní lesy, křoviny, světlé listnaté lesy
<i>Coronilla varia</i> (čičorka pestrá)	pravděpodobně jen čičorka pestrá (<i>Coronilla varia</i>)	sušší slunná místa; xerothermní trávníky a křoviny
<i>Corylus avellana</i> (líška obecná)	pouze líška obecná (<i>Corylus avellana</i>)	lesní okraje, světlé lesy a křoviny
Crassulaceae (tlusticovitě)	nejpravděpodobněji se jedná o rod rozchodník (<i>Sedum</i>)	suché trávníky, okraje cest, zidky, skalnatá a kamenitá místa
<i>Cuscuta europaea</i> (kokotice evropská)	kokotice evropská (<i>C. europaea</i>), k. povázka (<i>C. epithymum</i>) a k. hubilen (<i>C. epilinum</i>)	parazitické rostliny, <i>C. epilinum</i> pouze na lnu setém, <i>C. epithymum</i> - výrazně teplomilný druh
<i>Cynoglossum</i> (užanka)	v Čechách roste pouze užanka lékařská (<i>C. officinalis</i>)	teplomilná ruderalní společenstva
Cyperaceae (šáchorovitě)	druhy čeledi šáchorovitě (Cyperaceae)	podle AM několik druhů rodu ostřice (<i>Carex</i>), bahnička mokřadní (<i>Eleocharis palustris</i>), skřípina kořenující (<i>Scirpus radicans</i>), skřípina lesní (<i>S. sylvaticus</i>) a skřípinec dvoubilzný (<i>S. tabernaemontani</i>) - bahnitě substráty, podmáčené louky, rákosiny apod.
<i>Daucus carota</i> (mrkev obecná)	pouze mrkev obecná (<i>Daucus carota</i>)	sušší slunná místa; suché trávníky, ruderalní kamenitá stanoviště
<i>Echium vulgare</i> (hadinec obecný)	pouze hadinec obecný (<i>Echium vulgare</i>)	sušší slunná místa; suché trávníky, ruderalní kamenitá stanoviště
<i>Fagus sylvatica</i> (buk lesní)	pouze buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)	zřejmě součástí dubohabrových lesů
<i>Filipendula</i> (tužebník)	tužebník jilmový (<i>Filipendula ulmaria</i>) a t. obecný <i>F. vulgaris</i>)	podle AM tužebník jilmový - podmáčené nepravidelně kosené louky, lužní lesy
<i>Fallopia</i> (opletka)	opletka obecná (<i>F. convolvulus</i>) a opletka křovištní (<i>F. dumetorum</i>)	podle AM opletka obecná (<i>F. convolvulus</i>) - vlhké až mírně vysychavé půdy, často podél cest
<i>Frangula alnus</i> (krušina olšová)	pouze krušina olšová (<i>Frangula alnus</i>)	kyselé vlhčí půdy, pobřežní porosty, acidofilní doubravy, křoviny
<i>Fraxinus</i> (jasan)	pouze jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	lužní lesy
Gramineae	téměř všechny druhy z čeledi lipnicovitě (Poaceae), zahrnuje zejména tzv. divoké trávy	podle AM bér sivý (<i>Setaria pumila</i>) a bér zelený (<i>Setaria viridis</i>) - plevele; lipnice roční (<i>Poa annua</i>) - pastviny a sešlapávaná místa
<i>Helianthemum</i> (devaterník)	rody devaterník (<i>Helianthemum</i>) a devaterníček (<i>Rhodax</i>), zde se jedná asi o devaterník velkokvětý tmavý (<i>Helianthemum grandiflorum</i> ssp. <i>obscurum</i>)	teplomilné trávníky, lesní bylinné lemy
<i>Hordeum</i> (ječmen)	především ječmen obecný (<i>Hordeum vulgare</i>), velikostně se pylový typ kryje s některými druhy divokých trav - zblochan vzplývavý (<i>Glyceria fluitans</i>)	polní kultury, zblochan vzplývavý (<i>Glyceria fluitans</i>) - pobřežní porosty
<i>Hottonia palustris</i> (žebratka bahenní)	pouze žebratka bahenní (<i>Hottonia palustris</i>)	stojaté eutrofní vody, snáší i přechodné vyschnutí
<i>Juniperus</i> (jalovec)	pouze jalovec obecný (<i>Juniperus communis</i>)	pastviny, náhradní společenstva po duboborových lesích

<i>Hyoscyamus niger</i> (blín černý)	pouze blín černý (<i>Hyoscyamus niger</i>)	teplomilná ruderalní společenstva, nitrofilní druh
<i>Hypericum perforatum</i> (třezalka tečkovaná)	všechny naše druhy třezalek	podle AM třezalka chlupatá (<i>H. hirsutum</i>) - lužní lesy a dubohabřiny; třezalka tečkovaná (<i>H. perforatum</i>) - pastviny, úhory, světlé lesy apod.; třezalka čtyřkřídla (<i>H. tetrapterum</i>) - podmáčené louky, rákosiny, pobřežní porosty
<i>Iris</i> (kosatec)	všechny naše druhy kosatců - zde pravděpodobně běžný kosatec žlutý (<i>Iris pseudacorus</i>)	rákosiny, porosty vysokých ostřic, bažinné olšiny, pobřežní porosty
<i>Jasione montana</i> (pavinec chlumní)	pouze pavinec chlumní (<i>Jasione montana</i>)	nevápnité písčité půdy, nezpevněné písky po acidofilních doubravách
<i>Nigella</i> (černucha)	u nás pouze černucha rolní (<i>Nigella arvensis</i>)	pole, úhory, suchá pustá místa, teplomilný druh
<i>Onobrychis</i> (vičenec)	jedná se nejspíše o vičenec písečný (<i>O. arenaria</i>)	teplá suchá stanoviště, xerothermní trávníky
<i>Papaver rhoeas</i> (mák vlčí)	mák vlčí (<i>P. rhoeas</i>), mák pochybný (<i>P. dubium</i>), mák setý (<i>P. somniferum</i>)	podle AM mák vlčí - ruderalní a plevelná společenstva; mák setý - kulturní plodina
<i>Persicaria maculosa</i> (rdesno červinec)	kromě rdesna obojživelného (<i>P. amphibia</i>) všechny naše druhy rodu <i>Persicaria</i>	podle AM tři druhy podobných ekologických nároků - vlhké půdy s vyšším obsahem dusíku, plevelná společenstva, obnažená dna
<i>Phragmites</i> (rákos)	pouze rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	rákosiny
<i>Picea</i> (smrk)	pouze smrk ztepilý (<i>P. abies</i>)	zde nejspíše příměs v bažinných olšinách
<i>Pinus</i> (borovice)	pouze borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	minerálně chudé a kyselé půdy, součástí acidofilních doubrav, pionýrská dřevina
<i>Plantago lanceolata</i> (jitrocel kopinatý)	pouze jitrocel kopinatý (<i>P. lanceolata</i>)	louky, pastviny, ruderalizované trávníky
<i>Plantago major</i> (jitrocel větší)	pouze jitrocel větší (<i>P. major</i>)	krátkostébelné pastviny, silně sešlapávaná místa
<i>Plantago media</i> (jitrocel prostřední)	pouze jitrocel prostřední (<i>P. media</i>)	ruderalní stanoviště, okolí cest, louky, pastviny
<i>Polygonum aviculare</i> (truskavec ptačí)	pravděpodobně jde o truskavec ptačí (<i>P. aviculare</i>)	nitrofilní plevelná společenstva, silně sešlapávaná místa
<i>Populus</i> (topol)	topol černý (<i>P. nigra</i>), topol osika (<i>P. tremula</i>)	topol černý - lužní lesy, topol osika - kyselé doubravy, křoviny
<i>Potamogeton natans</i> (rdest vzplývavý)	většina našich druhů rodu <i>Potamogeton</i>	podle AM rdest kadeřavý (<i>P. crispus</i>) a rdest světlý (<i>P. lucens</i>) - eutrofní vody
<i>Potentilla</i> (mochna)	rody mochna (<i>Potentilla</i>), záběhlík (<i>Comarum</i>), jahoda (<i>Fragaria</i>)	podle AM mochna písečná (<i>P. arenaria</i>) - suché trávníky; mochna nátržník (<i>P. erecta</i>) - louky; mochna nízká (<i>P. supina</i>) - vlhká stanoviště, břehy; jahodník obecný (<i>F. vesca</i>) - paseky a světliny lesů
<i>Sanquisorba officinalis</i> (krvavec toten)	pouze krvavec toten (<i>S. officinalis</i>)	mezofilní až vlhké louky
<i>Primula veris</i> (prvosienka jarní)	druhy prvosenka jarní (<i>P. veris</i>) a prvosenka vyšší (<i>P. elatior</i>)	prvosienka jarní - sušší dubohabřiny a doubravy, bylinné lemy; prvosenka vyšší - vlhčí lesy, lužní lesy
<i>Pulmonaria</i> (plicník)	druhy rodu plicník (<i>Pulmonaria</i>) a pilát lékařský (<i>Anchusa officinalis</i>)	pilát lékařský - teplomilná ruderalní společenstva; plicník - většina druhů roste v bylinném patře listnatých lesů

<i>Ranunculus acris</i> (pryskyřník prudký)	rody sasanka (<i>Anemone</i>), plamének (<i>Clematis</i>), koniklec (<i>Pulsatilla</i>), lakušník (<i>Batrachium</i>), pryskyřník (<i>Ranunculus</i>), orsej (<i>Ficaria</i>) a rohožlavec (<i>Ceratocephala</i>)	podle AM lakušník vodní (<i>B. aquatile</i>) - vody s bahňitým substrátem; pryskyřník prudký (<i>R. acris</i>) a p. plazivý (<i>R. repens</i>) - vlhké louky, pobřežní porosty; p. lýtý (<i>R. sceleratus</i>) - bahnitě náplavy řek
<i>Rhamnus cathartica</i> (řešetlák počistivý)	pouze řešetlák počistivý (<i>R. cathartica</i>)	lužní lesy, křoviny, lesní lemy, světlé lesy
Rosaceae trees (růžovité dřeviny)	druhy čeledi Malvaceae a Amygdalaceae	podle AM slivoň trnitá (<i>Prunus spinosa</i>), jablono obecná (<i>Malus domestica</i>), hloh (<i>Crataegus</i> sp.), třešeň (<i>Cerasus</i>) - druhy křovin a keřových plášťů
Rubiaceae (mořenovitě)	všechny naše druhy této čeledi	podle AM mařinka rolní (<i>Asperula arvensis</i>) - druh teplomilných plevelů; svízel přítula (<i>Galium aparine</i>) -pobřežní porosty, ruderalní společenstva; svízel povázka (<i>G. molugo</i>) - břehy, vlhké louky apod.; svízel klamavý (<i>G. spurium</i>) - teplomilný plevel, druh sušších ruderalních stanovišť
<i>Rumex</i> (šťovík)	druhy rodu šťovík v širším pojetí - kyseláč (<i>Acetosa</i>), kyselka (<i>Acetosella</i>) a šťovík (<i>Rumex</i>)	podle AM několik druhů vlhkých stanovišť často obohacených dusíkem - pobřežní porosty, podmáčené louky
<i>Quercus</i> (dub)	může se jednat o dub letní (<i>Q. robur</i>) a dub zimní (<i>Q. petraea</i>)	dub letní je typický pro tvrdý luh, v dubohabřinách a kyselých doubravách roste spolu s dubem zimním
<i>Sagittaria</i> (šípátka)	pouze šípátka vodní (<i>S. sagittifolia</i>)	mělké periodicky vysychavé vody
<i>Salix</i> (vrba)	všechny druhy vrb	patrně jde o druhy lužních lesů a říčních náplavů, pravděpodobná je i přítomnost vrby jívy (<i>Salix caprea</i>) - druhu ruderalních křovin
<i>Salvia</i> (šalvěj)	většina našich druhů rodu šalvěj	podle AM šalvěj luční (<i>S. pratensis</i>) - suchá slunná stanoviště, louky
<i>Sambucus nigra</i> (bez černý)	zahrnuje bez černý (<i>S. nigra</i>) a bez hroznatý (<i>S. racemosa</i>)	podle AM bez černý - ruderalní keřová společenstva
<i>Scabiosa</i> (hlaváč)	všechny naše druhy rodu <i>Scabiosa</i> , zde nejspíše hlaváč žlutavý (<i>S. ochroleuca</i>) a hlaváč šedavý (<i>S. canescens</i>)	suché trávníky, bylinné lemy
<i>Secale cereale</i> (žito seté)	pouze žito seté (<i>Secale cereale</i>)	polní plodina
<i>Serratula tinctoria</i> (srpice barvířská)	pouze srpice barvířská (<i>Serratula tinctoria</i>)	vlhké louky a šípákové doubravy
<i>Sium latifolium</i> (sevlák potoční)	druhy sevlák potoční (<i>Sium latifolium</i>) a potočník vzpřímený (<i>Berula erecta</i>)	pobřežní porosty, rákosiny, porosty vysokých ostřic
<i>Solanum dulcamara</i> (lilek potměchuť)	pouze lilek potměchuť (<i>Solanum dulcamara</i>)	lemy a světliny lužních lesů, rákosiny, mokřadní olšiny
<i>Solanum nigrum</i> (lilek černý)	s výjimkou druhu lilek potměchuť zahrnuje všechny naše druhy rodu lilek	podle AM lilek černý (<i>S. nigrum</i>) - vlhké dusíkaté půdy, rumiště, obnažená dna, plevel
<i>Sonchus oleraceus</i> (mléč zelinný)	pravděpodobně všechny druhy rodu mléč	podle AM mléč drsný (<i>S. asper</i>) - plevelová společenstva mírně teplých oblastí
<i>Sphagnum</i> (rašeliník)	všechny druhy rodu rašeliník	podmáčená stanoviště - lesní i nelesní
<i>Symphitum</i> (kostival)	všechny druhy rodu kostival, nejpravděpodobněji jde o kostival lékařský (<i>S. officinale</i>) nebo kostival český (<i>S. bohemicum</i>)	lužní lesy, bažinné olšiny, vrbové křoviny, rákosiny, podmáčené louky
<i>Taraxacum</i> (smetanka)	všechny druhy rodu smetanka	nejrůznější, většinou nelesní stanoviště

<i>Thalictrum</i> (žluťucha)	všechny druhy rodu žluťucha	podle AM žluťucha žlutá (<i>T. flavum</i>) - pobřežní porosty, podmáčené louky apod.
<i>Thesium</i> (lněnka)	zde se jedná pravděpodobně o lněnku lnolistou (<i>T. linophyllum</i>), lněnku rolní (<i>T. arvense</i>) nebo lněnku bezlistennou (<i>T. ebracteatum</i>)	první dva druhy upřednostňují suchá slunná místa, trávníky, lesní lemy i světlé lesy; lněnka bezlistenná roste na slatinných loukách
<i>Tilia</i> (lípa)	oba naše druhy - lípa srdčitá (<i>T. cordata</i>) a lípa velkolistá (<i>T. platyphyllos</i>)	dubohabrové lesy, tvrdý luh
<i>Triticum</i> (pšenice)	všechny druhy pšenice	polní plodina
<i>Ulmus</i> (jilm)	všechny naše druhy rodu jilm, zde nejspíše druhy jilm habrolistý (<i>U. minor</i>) a jilm vaz (<i>U. laevis</i>)	lužní lesy, dubohabřiny, jilm habrolistý - křoviny
<i>Verbena officinalis</i> (sporýš lékařský)	pouze sporýš lékařský (<i>Verbena officinalis</i>)	teplomilný druh; návesní prostory, břehy vod, úhory
<i>Viburnum opulus</i> (kalina obecná)	pouze kalina obecná (<i>Viburnum opulus</i>)	lužní lesy, dubohabřiny, křoviny, porosty vrb
<i>Viscum</i> (jmelí)	pouze jmelí bílé (<i>Viscum album</i>)	parazituje téměř na všech u nás rostoucích dřevinách
<i>Viola arvensis</i> (violka rolní)	druhy violka rolní (<i>Viola arvensis</i>) a violka trojbarevná (<i>Viola tricolor</i>)	podle AM oba uvedené druhy - polní kultury, člověkem narušená stanoviště
<i>Viola palustris</i> (violka bahenní)	zahrnuje přes 20 druhů rodu <i>Viola</i>	velmi různorodá stanoviště
<i>Xanthium</i> (řepeň)	u nás pouze řepeň durkoman (<i>X. strumarium</i>)	xerofilní ruderalní společenstva

Tab. 1. Seznam rostlinných taxonů identifikovaných pylovou analýzou. Ve třetím sloupci jsou některé pylové typy konkretizovány nálezem makrozbytkové analýzy (AM) podle V. Čulíkové (2006).

Tab. 1. List of identified pollen taxa. Character of biotope is in the third column specified according to the results of macroremain analysis (AM) from the same site.

3. Pokus o rekonstrukci přírodního prostředí v okolí hradiště

Pylový diagram (*obr. 1*) zachytil obraz vegetace uvnitř i vně hradiště v podrobněji neupřesněném časovém úseku. Podle charakteru sedimentu hradištního příkopu, který je popisován jako písčité, v horní části s větší příměsí hlíny, se lze domnívat, že mohl vznikat poměrně rychle a že voda korytem pomalu protékala – nebyly nalezeny jemné jezerní sedimenty vznikající převážně z autochtonní produkce ekosystému stojaté vody. Navíc žádné pylovou analýzou determinované druhy vodních rostlin tuto skutečnost nevyvracejí. Malakologická analýza se však na základě nalezených druhů měkkýšů přiklání spíše k interpretaci příkopu coby stojaté hustě zarostlé vodní ploše (*Hlaváč 2006*). Nelze vyloučit, že jako hradní příkop obyvatelé využili vedlejší rameno řeky Cidliny, které se postupem času zanášelo povodňovými písky a hlínami a odpadními produkty obyvatel hradu.

Na základě archeologické interpretace lze pokládat odběrové místo za litorální zónu hradního příkopu, tedy místo s kolísající hladinou vody. Nalezené vodní druhy rostlin jako žebratka bahenní (*Hottonia palustris*) nebo žabník jitrocelový (*Alisma platago-aquatica*) jsou právě takovým podmínkám přizpůsobeny. Výše zmíněné i ostatní v pylovém záznamu nalezené vodní rostliny – rdestík (*Coleogeton*) a rdest (*Potamogeton*) jsou typické pro úživné až eutrofní vody středních a dolních toků řek, zde navíc s možností obohacení živinami lidskou rukou (zda k němu docházelo viz níže). Analýza rostlinných makrozbytků zachytila

hlavně vegetaci samotného příkopu, předhradí a v malé míře i sortiment pěstovaných plodin (Čulíková 2006). Interpretace pylového spektra se naproti tomu obrací k širšímu okolí místa a vypovídá především o charakteru lesních společenstev. Poprvé byla rekonstruována na základě determinace nalezených zuhelnatělých dřev, úskalí interpretací tohoto druhu však předestřela v textu sama autorka (Slavíková 1976). Pylová analýza zachytila stejné druhy, ale poměry mezi dřevinami se ukázaly být v případě uhlíků zkresleny selektivním výběrem suroviny. Například měkké dřevo vrby nebylo používáno ani jako palivo, ač se vyskytovalo blízko a ve velkém množství. Pylová zrna vrb mají relativně krátký dolet (vrby jsou opylovány hmyzem), a přesto jsou v pylovém diagramu výrazně zastoupeny. Obě rekonstrukce se nicméně shodují v dominantním postavení společenstev tvrdého luhu v tehdejší nivě řeky.

Bohaté pylové spektrum svědčí o značné diverzitě prostředí. Zastihlo říční nivu v období ještě před jejím zahliněním později ve vrcholném středověku (k této problematice Opravil 1983; Sádlo et al. 2005). Řeky Cidlina a Labe tvořily v té době jistě množství slepých a vedlejších ramen a terén nebyl dosud zarovnan naplaveninami povodňových hlín. Zaplavovaná část nivy se omezovala na užší okolí řeky, a tvrdý luh byl tedy pravděpodobně ještě výrazně rozvinut v navazujících, méně zamokřených partiích. Zde také spočívá argument proti dřívější představě slovanských hradů, které měl v nivách řek obklopot rozsáhlý močál (s touto představou polemizuje již Slavíková 1976 nebo Opravil 1983). K diverzitě prostředí výrazně přispěla činnost člověka o intenzitě odpovídající krajinnému impaktu raně středověké aglomerace.

Pylový diagram ukazuje relativně vyrovnaný poměr dřevin a bylin (AP/NAP). Dřeviny přitom na jeho bázi převažují. Podle moderních výzkumů zachycuje pylová analýza za podobných okolností okolí do 1 km a nejvíce odráží nejbližších 100 m od odběrového místa (Sugita et al. 1999). Vypovídá tak o otevřené parkovité krajině (podíl dřevin mezi 40–60 %), kultivované hlavně v těsném okolí sídliště (zde zároveň odběrového místa), kdy člověk svou činností dosud diverzitu prostředí spíše zvyšoval. Při interpretaci míry zalesnění je nutné vzít v úvahu, že pylový spad (a také pylová produkce) anemogamních (větrosprašných) dřevin velmi přesahuje pylový spad vesměs hmyzosprašných bylin. Je jisté, že lesy v okolí hradu byly mýceny a také sloužily jako místo pro pastvu dobytka. V těsné blízkosti sídliště můžeme očekávat nejasně a především nestále vymezené pastviny, louky či polnosti a úhory, které v neostrých hranicích přecházely v pastevní lesy či močály s relativně neporušenými porosty luhů (srov. Sádlo a kol. 2005). Podle zastoupení bylin v pylovém spektru (i podle velikosti sídliště, a tudíž nároků nemalého počtu obyvatel) lze soudit na značnou míru odlesnění a antropogenního zatížení krajiny. Přesto byla Libice hradiště svým charakterem jakýmsi ostrovem v rámci české sídelní ekumeny. Vlhké prostředí soutoku spolu s technickou vyspělostí odpovídající přelomu 9. a 10. století diktovalo jistá omezení ve využití přírodních zdrojů, a okolí hradiště tak bylo lesnatější, než by odpovídalo průměru okolní krajiny. K poměrně vysokému výskytu pylových zrn bylin přispívá skutečnost, že

samotné okolí odběru vzorků pro pylovou analýzu bylo zcela jistě odlesněné. Blíže nedefinovatelné množství pylových zrn mohlo být navíc do příkopu transportováno s odpadem.

Nyní k charakteru lesních porostů, které byly v nastíněné podobě různě ovlivněné člověkem podle vzdálenosti od hradiště a podle možností využití, jež nabízely (kvalita dřeva, dostupnost spojená i s mírou zamokření, případně rituální či náboženské zábrany, jako byl např. vžitý respekt vůči močálům – srov. *Smetánka 2004*, 199–200). Pylová analýza nemůže nabídnout konkrétní obraz managementu, jaký byl v krajině okolo hradu uplatňován. Nalezené množství taxonů nám nicméně dovoluje usuzovat na relativně bohatá přírodní společenstva lesních porostů, která se v raném středověku v lokalitě vyskytovala.

Nejbližší, často zaplavované okolí řeky hostilo vrbotopolové porosty (lze zde očekávat výskyt topolu černého, vrby bílé, vrby křehké a dalších vrb) měkkého luhu. Bylinné patro patřilo druhům jako chmel otáčivý (*Humulus lupulus*), žabník vodní (*Alisma plantago-aquatica*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*), lilek potměchuť (*Solanum dulcamara*), opletník plotní (*Calystegia sepium*) nebo kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*).

Výše, na méně zaplavovaných partiích nastupoval tvrdý luh – porosty s dominancí dubu letního (*Quercus robur*), jilmů (zřejmě *Ulmus laevis* a *U. minor*) a s možným výskytem dalších dřevin např. jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*), v sušších partiích javoru babyky (*Acer campestre*) i habru obecného (*Carpinus betulus*), častou příměs tvoří lípa srdčitá (*Tilia cordata*). V keřovém patře tvrdého luhu se nezřídka objevuje kalina obecná (*Viburnum opulus*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*) a bez černý (*Sambucus nigra*). Byliny měkkého luhu mohly prospívat i zde, navíc se mohla vyskytovat žluťucha žlutá (*Thalictrum flavum*) a prvosenka větší (*Primula elatior*).

V mozaice s porosty tvrdého luhu se v terénních sníženinách s pohyblivou hladinou podzemní vody občas vystupující nad půdní povrch pravděpodobně uplatňovaly bažinné olšiny s olší lepkavou (*Alnus glutinosa*) a přimíseným smrkem (*Picea abies*). V nich můžeme předpokládat výskyt tužebníku jilmového (*Filipendula ulmaria*), skřípiny lesní (*Scirpus sylvaticus*), kostivalu lékařského (*Symphytum officinale*) nebo krušiny olšové (*Frangula alnus*).

Na území mimo dosah záplav se na hlinitých půdách rozvíjely habrové doubravy, v nichž byl habr (*Carpinus betulus*) podporován dlouhodobou lidskou činností v dávno osídlené krajině. Doprovázely jej dub letní (*Quercus robur*) i dub zimní (*Q. petraea*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*), kalina obecná (*Viburnum opulus*) a líska obecná (*Corylus avellana*). V bylinném patře kvetla např. prvosenka jarní (*Primula veris*), prvosenka větší (*Primula elatior*) a druhy rodu plicník (*Pulmonaria*). V pylovém spektru zaujímá mezi dřevinami významné postavení buk (*Fagus*) a jedle (*Abies*), které byly patrně součástí dubohabrových lesů i v takto teplé oblasti Čech (blíže *Pokorný 2004*). Přítomnost jedle se často opomíná pro její dnešní vzácnost – ta je ovšem

poměrně pozdního data a stojí za ní celkové znečištění ovzduší v novověku a houbové onemocnění (Málek 1980).

Na písčitéch substrátech říčních teras lze předpokládat společenstva kyselých doubrav, kde se na extrémních stanovištích uplatňovala také borovice (*Pinus sylvestris*) a bříza (*Betula pendula*). V podrostu bychom hledali původce pylových zrn vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) a pavince chlumního (*Jasione montana*). Borovice, bříza i topol osika (*Populus tremula*) se mohly vyskytovat i na předhradí jako náletové dřeviny.

Nelesní vegetace se v pylovém spektru projevila velkou pestroostí druhů. Obecně si můžeme představit tehdejší prostředí jako poměrně drobnozrnou mozaiku udržovanou v přirozeně heterogenním terénu nedbalým, nevyhraněným a technicky dosud relativně málo vyspělým lidským managementem.

Ruderální společenstva mají v podobných lokalitách bohatý zdroj v pobřežních porostech (blíže *Opravil 1980*). Takový původ má např. kopřiva (*Urtica*), některé merlíky (*Chenopodiaceae*) nebo mnohé druhy šťovíků (*Rumex* sp.). Ekologickým protikladem jsou rostliny suchých pustých míst, úhorů, náspů, okolí cest apod., zastoupené v pylovém spektru velmi bohatě a dokládající teplé klima českého termofytika. Jedná se o druhy hadinec obecný (*Echium vulgare*), voskovka (*Cerinth*), černucha (*Nigella*), řepeň (*Xanthium*), pelyněk (*Artemisia*), rozchodník (*Sedum*) nebo mrkev obecná (*Daucus carota*). (Více o ruderální vegetaci viz výsledky makrozbytkové analýzy: Čulíková 2006).

Z pylového diagramu (*obr. 1*) vyplývá, že podíl luk a pastvin byl v okolí hradiště významný (vysoký podíl travin – *Poaceae* – a bohatá skladba lučních a pastvinných druhů). Louky měly prostor v bezprostředním okolí sídliště proto, že dosud nedošlo k zahlinění říční nivy (spojené se zarovnáním povrchu) a jejímu následnému silnému podmáčení. Střídaly se vlhké podmáčené louky s tužebníkem (*Filipendula*), krvavcem (*Sanquisorba*), rdesnem hadím kořenem (*Bistorta* typ), pryskyřníky (*Ranunculus acris* typ), kostivalem (*Symphytum*) a pcháči (*Cirsium*) se suchými až xerothermními travinnými společenstvy s mnoha druhy charakteristickými pro teplé oblasti, jako např. hlaváč (*Scabiosa*), šalvěj (*Salvia*), vičeneč (*Onobrichis*), chrpa čekánek (*Centaurea scabiosa*), čičorka pestrá (*Coronilla varia*), hadinec obecný (*Echium vulgare*), devaterník (*Helianthemum*) aj. Xerothermní vegetace porůstala vyvýšeniny v terénu, jako byl např. svah samotné říční terasy, na němž se rozkládalo sídliště.

O umístění a rozsahu polností je obtížné cokoli usuzovat. Stejně jako v souboru rostlinných makrozbytků ze stejného odběrového místa (Čulíková 2006) se ani v pylovém diagramu neprojevíly pěstované plodiny příliš výrazně. Výjimkou je mohutné zastoupení pylu konopě seté (*Cannabis sativa*), prokázané v sedimentu i nalezenými nažkami. Zde ovšem její pyl nebyl oddělen od chmelu otáčivého (*Humulus lupulus*), hojného v pobřežních porostech. I v případě, že by pylová zrna konopě byla určována samostatně (lze rozlišit podle velikosti), bylo by obtížné usuzovat na míru a polohu jejího pěstování, neboť jde o větrosprašnou rostlinu se značnou produkcí i rozptylem pylu. Všechny druhy pěstovaných obilovin prokázaných makrozbytkovou analýzou (pšenice obecná, žito seté, ječmen dvouřadý, oves;

Čulíková 2006) byly doloženy i pylovými zrny. Tento sporadický pylový projev obilovin může mít víc důvodů. Pole se musela nacházet ve větší vzdálenosti od odběrového místa, neboť ani pyl větrosprašného žita (*Secale cereale*) se v pylovém diagramu neprojevil nad ostatní (samosprašné) druhy zrnovin (orány mohly být hnědé lesní půdy v místech vykáčených dubohabřin mimo podmáčenou říční nivu). Můžeme také soudit, že těleso příkopu bylo poměrně čisté, to znamená bez většího přísunu odpadků a fekálního materiálu (což podporuje i malakologická analýza – Hlaváč 2006), jak vyplývá ze srovnání s vrcholně středověkými situacemi podobného charakteru (např. Beneš *et al.* 2002), kde má odpadní materiál značný podíl.

4. Závěr

Pylová analýza doplnila představu o prostředí libického hradu a především o jeho okolí, kterou vytváří společně s ostatními přírodovědnými studiemi – analýzou makrozbytků, malakologickou analýzou a pylovou analýzou fosilního zbytku medem slazené potraviny. Obecně zachytila velkou pestrost rostlinných společenstev, kterou podmiňuje přirozená heterogenita přírodního prostředí tehdejší říční nivy spolu s teplým podnebím českého termofytika a lidskou činností odpovídající technické vyspělosti raného středověku (mozaika podmáčených stanovišť, suchých vyvýšených míst, různé míry eutrofizace prostředí, různé intenzity i charakteru využití prostoru, které nebylo důsledné ani pravidelné a nemělo ostré hranice). Krajinu v bezprostředním okolí hradu tvořily louky a pastviny, které přecházely v pastevní lesy a dále od hradu v přirozené porosty luhů, doubrav a dubohabřin. Lesy jsou ve studovaném období dosud zachovány v druhově bohatém přírodním stavu, nehledě na jejich předpokládané hojné využívání v nejbližším sousedství sídliště. O rozsahu a umístění polností nelze činit jednoznačné závěry, pravděpodobně ale nezaujímaly v okolí sídliště významný podíl plochy.

Literatura

Beneš, J. – Kaštovský, J. – Kočárová, R. – Kočár, P. – Kubečková, K. – Pokorný, P. – Starec, P. 2002: Archaeobotany of the Old Prague Town defence system: archaeology, macro-remains, pollen and diatom analysis, *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 107–119.

Čulíková, V. 1999: Rostlinné makrozbytky z objektu č. 126 na předhradí slovanského hradiska v Libici nad Cidlinou, *Památky archeologické* 90, 166–185.

Čulíková, V. 2006: Rostlinné makrozbytky z prostor raně středověkého opevnění v sondě 236 na jz. okraji předhradí v Libici nad Cidlinou, *Archeologické rozhledy* 58, 527–539.

Faegri, K. – Iversen, J. 1989: Textbook of pollen analysis. University of Bergen, Bergen.

Hlaváč, J. 2006: Nález schránek měkkýšů v prostoru raně středověkého opevnění v Libici nad Cidlinou, *Archeologické rozhledy* 58, 550–555.

Kubát, K. ed. 2002: Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.

Málek, J. 1980: Odumírání jedle v 18. a 19. století, *Lesnická práce* 59, 78–80.

Mařík, J. 2001: Výzkum raně středověkého opevnění na parcele č. 5 v Libici nad Cidlinou, *Archeologie ve středních Čechách* 5, 581–590.

— 2006: Výzkum raně středověkého opevnění v Libici nad Cidlinou, *Archeologické rozhledy* 58, 511–519.

Opravit, E. 1980: Z historie synantropní vegetace II., *Živa* 2/1980, 53–55.

— 1983: Údolní niva v době hradištní. Studie Archeologického ústavu ČSAV v Brně 11. Praha.

Pokorný, P. 2004: Postglacial vegetation distribution in the Czech Republic and its relationship to settlement zones: Review. In: M. Gojda ed., *Ancient Landscape, Settlement Dynamics and Non-Destructive Archaeology*, Academia, Praha, 395–414.

Pokorný, P. – Mařík, J. 2006: Nález zbytku medem slazené potraviny ve výbavě raně středověkého hrobu v Libici nad Cidlinou – Kaníně. Zhodnocení nálezů z hlediska rekonstrukce krajiny a vegetace, *Archeologické rozhledy* 58, 559–569.

Sádlo, J. – Pokorný, P. – Hájek, M. – Dreslerová, D. – Cílek, V. 2005: Krajina a revoluce. Malá Skála, Praha.

Slavíková, J. 1976: Rekonstrukce lužního lesa u Libice nad Cidlinou, *Preslia* 48, 42–46.

Smetánka, Z. 2004: Legenda o Ostojovi. Nakladatelství Lidové noviny, Praha.

Sugita, S. – Gaillard, M. J. – Broström, A. 1999: Landscape openness and pollen records: a simulation approach, *The Holocene* 9, 409–421.

Summary

During the rescue archaeological excavations of the Early Medieval settlement at Libice nad Cidlinou, short profile was taken from clayey sediments in the southern edge of the hillfort. Pollen analysis was done from the sediments under the destruction probably of the fortification wall (Fig.1). The sediments seem to originate in standing water and were archaeologically dated into the interval between the turn of the 9th and 10th century and the beginning of the 12th century. Based on the archaeological interpretation, the analysed sediments were in the litoral zone of the fortification water ditch which is supported by the pollen findings of water plants such as *Hottonia palustris*, *Alisma plantago-aquatica*, *Coleogeton* and *Potamogeton*. Both arboreal and nonarboreal pollen is well represented. Relatively high ratio of nonarboreal pollen evidences deforested land which was the area of the hillfort and its close vicinity. The settled zone was probably surrounded by alluvial forests with the dominance of *Quercus* and abundant *Alnus* and *Salix* at water logged places. Pollen of *Abies* and *Fagus* was relatively abundant in the sediments suggesting that these trees could grow in the oak – hornbeam forests in the region. Nonarboreal vegetation was formed by meadows and pastures both wet and dry. Cultivated plants are represented by pollen of *Secale cereale* and *Tritium* type. Overall species richness of the pollen spectra reflects the fine mosaic of the landscape where natural processes and human impact were more or less in a balance.

Přírodní prostředí Pražského hradu a jeho zázemí v raném středověku – výpověď pylové analýzy sedimentů ze III. nádvoří

Radka Kozáková^{1*}, Ivana Boháčová¹

¹Archeologický ústav AV ČR, v.v.i., Letenská 4, CZ-118 01 Praha

* Author for correspondence, e-mail: kozakova@arup.cas.cz

Abstract

The pollen analysis of early medieval sediments from the southern ravine at Prague Castle was performed on the basis of the unfinished processing of samples taken in 1998 at the location of today's Third courtyard. The samples were taken as part of a project (Boháčová 1999) aimed at the long-term preservation of an archaeological site from the 1920s. The processed samples are from cultural layers laid down some time around the last third of the 9th and first half of the 10th centuries; these were created in the, by then, already settled area of the partially filled-in gorge whose mouth was in the centre of the Přemyslid castle on the southern slopes of Hradčany. The pollen spectrum in the individual samples does not show any change in vegetation over the course of the studied period. The pollen spectrum from the early medieval cultural layers contains rather marginal ratio of arboreal pollen. The most common traces are those of *Pinus sylvestris*, that was becoming more numerous in the Middle Ages. Also *Abies alba* was spreading in cultural landscape. The low number of pollen grains from the main climax tree species for the locality and nearby surroundings – oak (*Quercus*) and hornbeam (*Carpinus*) – points towards extensive deforestation. Isolated finds of pollen grains point towards the presence of shrub communities. The primary herbaceous plants are ruderals, cereals and related weeds (the only exception beány sample P5). Ruderal herbaceous plants inhabited a broad range of sites, from moist nutrient-rich locations to dry, barren sites. The position of the studied site is well reflected in the high ratios of pollen from xerophytes (indicating a pasture) which probably grew on the southern slope of Hradčany. The set of represented samples is characterised by an exceptional species richness reflecting the high level of diversity of the early medieval landscape.

1. Úvod

V letech 1997–1998 byl v návaznosti na záchranný archeologický výzkum provázející rekonstrukci nosné desky III. hradního nádvoří realizován projekt² (Boháčová ed. 1998; Boháčová 1999), v jehož rámci byly odebrány vzorky pro různé typy přírodovědných analýz, včetně analýz archeobotanických. Kromě pozůstatků dřevěných konstrukcí hradebního tělesa i běžné sídlištní zástavby, uchovaných v areálu in situ (Kaplan 1998a), byly pro tento typ analýz získány vzorky sedimentů z raně středověkého souvrství, které se vytvořilo na západním povlovném úbočí rozlehlé terénní deprese. Ta zasahovala od JV do centrální části jižního svahu ostrohu a po založení hradu byla její část pojata do vnitřní části hradního areálu (tzv. akropole).

Pro odběr vzorků (sonda 20; obr. 1–3) bylo vybráno místo sevřené severní zdi románského kostela (tzv. kostela sv. Bartoloměje) a západní zdi chodby směřující od něj k bazilice sv. Víta, situované těsně severně od hypotetické linie vnitřní hrany hradištního opevnění. Tato volba byla ovlivněna dvěma faktory: vlhkostními poměry a stavem archeologických terénů. Procentuální vlhkost vzduchu byla v daném místě nezvykle stabilní a vysoká. Sedimenty zde byly trvale zvlhčovány průsakem vody, která v nejnižším místě prostoru zůstávala ve vlhčích obdobích roku stát. Byly tudíž vytvořeny optimální podmínky pro dochování organické hmoty včetně pylových zrn. Současně právě zde výrazně postoupila degradace archeologických terénů. Dlouhodobě obnažené cenné stratigrafie raného středověku s torzy dřevěné zástavby postupně destruovaly, stav této části areálu vyžadoval tedy neodkladné řešení a následná ochrana spodních částí souvrství písčítým zásypem znamenala znemožnění přístupu k těmto terénům. Pylová analýza sedimentů jižní rokle navíc nemusí být v budoucnosti opakovatelná. Nelze totiž vyloučit, že nezbytná rekonstrukce dlažby a nosné konstrukce nádvoří v 90. letech 20. stol. definitivně změnila mikroklimatické podmínky areálu, které byly pro uchování pylu a rostlinných makrozbytků mimořádně příznivé.

Pylová spektra ze sídlištních vrstev byla vedle přirozeného spadu formována četnými lidskými vlivy. Můžeme se ptát jakými, jelikož zachovaná pylová spektra na ně do velké míry odkazují. Prezentované výsledky pylových analýz jsou proto cenné zejména pro svou kvalitativní informaci. Ta odpovídá na otázku, jaké rostlinné taxony byly součástí raně středověké kulturní krajiny. Jejich počet a ekologická šíře biotopů, k nimž identifikované taxony náleží, souvisí s krajinnou diverzitou.

2. Metody

Odběry archeobotanických vzorků před zasypáním báze souvrství provedl Miloš Kaplan za přítomnosti Ivany Boháčové a Jana Zavřela, který popsal a analyzoval získaný profil z geologického hlediska (Zavřel 1998). Současný palynologický výzkum navazuje na

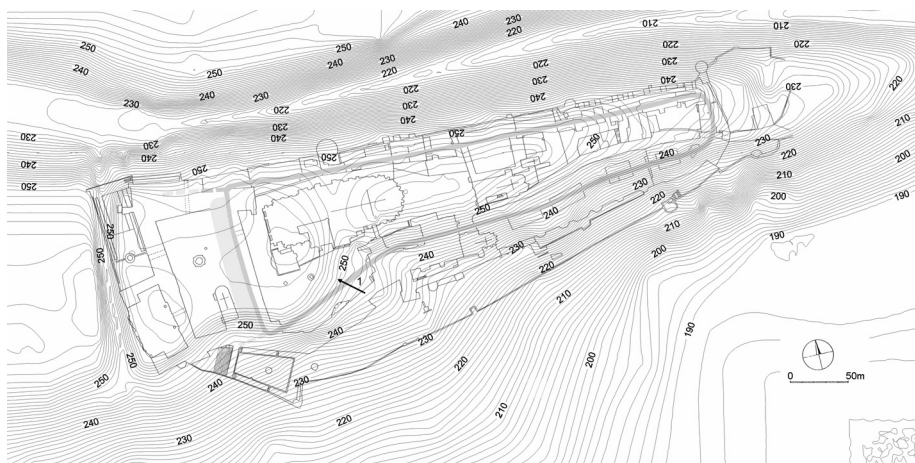
laboratorní zpracování z r. 1998 a na makrozbytkové analýzy vzorků, které provedla V. Čulíková (1998a; 1998b).

Vzorky pro archeobotanické analýzy byly odebrány jednak ze stěn terénních bloků při jejich dokumentaci a vzorkování, jednak vrtákem (průměr 6 cm) ručně zaráženým do jinak nepřístupné níže položené stratigrafie. Vrty byly rozloženy na ploše ca 1 m² (obr. 3) a výškové rozpětí odebraného sedimentu dosáhlo 242 cm (GS 5; obr. 4). Každý ze vzorků o objemu 10–30 cl byl rozdělen na dvě shodné poloviny určené pro souběh makrozbytkové a pylové analýzy. K pylové analýze vrty získaných sedminetů byl využit pouze vrt GS 5, jelikož poskytl souvislý sloupec zeminy o výšce dosahující téměř 250 cm. Pro zřejmou výjimečnost a rozmanitost získaného palynologického materiálu, kterou vykazovaly první zpracované vzorky, odložil M. Kaplan vyhodnocení souboru z jižní hradčanské rokle na dobu pozdější.

Kompletní soubor vzorků pro pylovou analýzu odebíraných během výzkumu v roce 1998 se nedochoval. Podle zprávy M. Kaplana obsahoval dostatečné množství pylových zrn i sediment v mocnosti asi 60 cm pod úrovní 251 m n. m. (Kaplan 1998b), vzorky z těchto poloh (vz. č. 1–13 z rozpětí 3,5–64 cm vrtu GS 5/2) jsou ale nezvěstné. Prezentované výsledky pylových analýz proto pocházejí pouze z horní části vzorkovaného vrtu GS 5/1 (obr. 4), archeologicky datované přibližně do 1. pol. 10. století. Protože makrozbytkové analýze byl podroben celý vrt GS 5, můžeme se ve zbylé části souvrství opřít o její výsledky (Čulíková 1998a; 1998b).

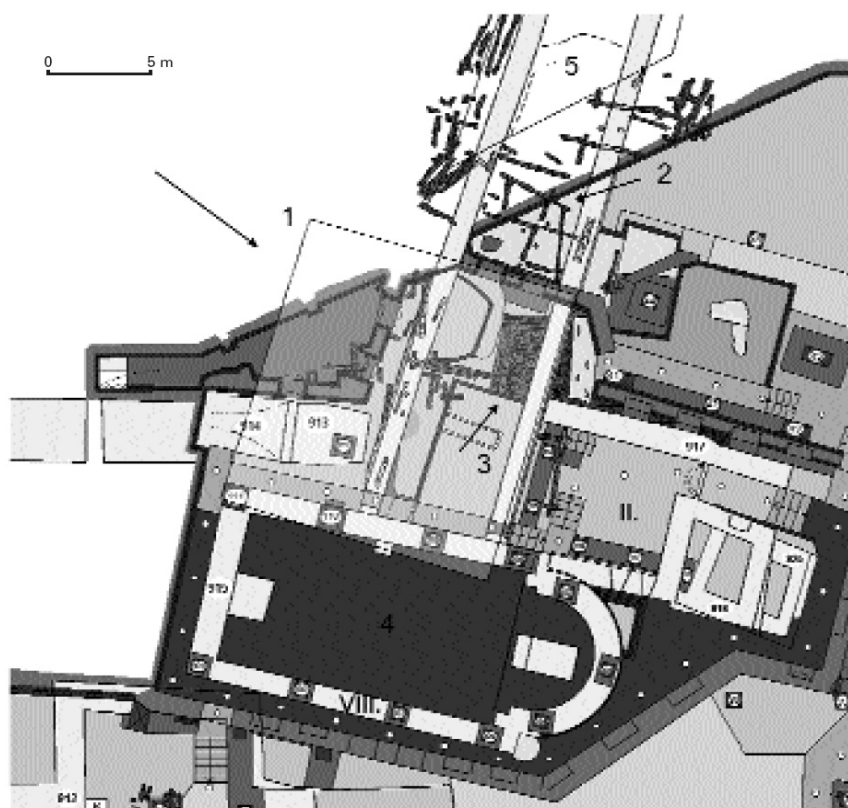
Laboratorní příprava vzorků pro pylovou analýzu byla provedena již v roce 1998, její postup však není v protokolech uveden (Kaplan 1998b). Pylová zrna ze všech vzorků nesla pouze malé stopy koroze, a lze tedy předpokládat, že se zachovala kompletní pylová spektra. Koncentrace pylových zrn byla obecně výjimečně vysoká. Z výsledků pylové analýzy navíc nejsou patrné změny vegetace v čase. Lze tudíž předpokládat, že soubor vzorků nepochází z dlouhodoběji vznikajícího profilu (viz kap. 4). Proto nebyl sestrojen pylový diagram a data jsou prezentována formou tabulky (tab. 2) a histogramů (obr. 7, 8).

Výstupem pylové analýzy je zařazení rostlinných druhů do tzv. pylových typů, které většinou zahrnují více rostlinných druhů, nebo i rodů (pylové typy byly upraveny a definovány podle Moore et al. 1991; Reille 1992; Beug 2004; Punt 1980; nomenklatura rostlinných taxonů dle Kubát ed. 2002). Proto je každý pylový typ blíže taxonomicky vymezen (tab. 2). V tab. 2 je každý pylový nález konfrontován s výsledky analýzy rostlinných makrozbytků z raně středověkých archeobotanicky studovaných lokalit Pražského hradu, které poskytly reprezentativní množství nálezů (lokality Víceúčelový sál, Slévárenský dvůr v severním traktu Pražského hradu a III. nádvoří – podle Čulíková 1998a; 2001). Archeobotanický výzkum v celém areálu Pražského hradu totiž pro dané období přinesl podobné výsledky, tj. podobné spektrum rostlinných taxonů (srov. tab. 2. s Čulíková 1998a; 2001). Pro konfrontaci s pylovými spektry ze sedimentů jižní rokle byl vybrán širší okruh lokalit zpracovaných makrozbytkovou analýzou v prostoru Pražského hradu, protože paralelní



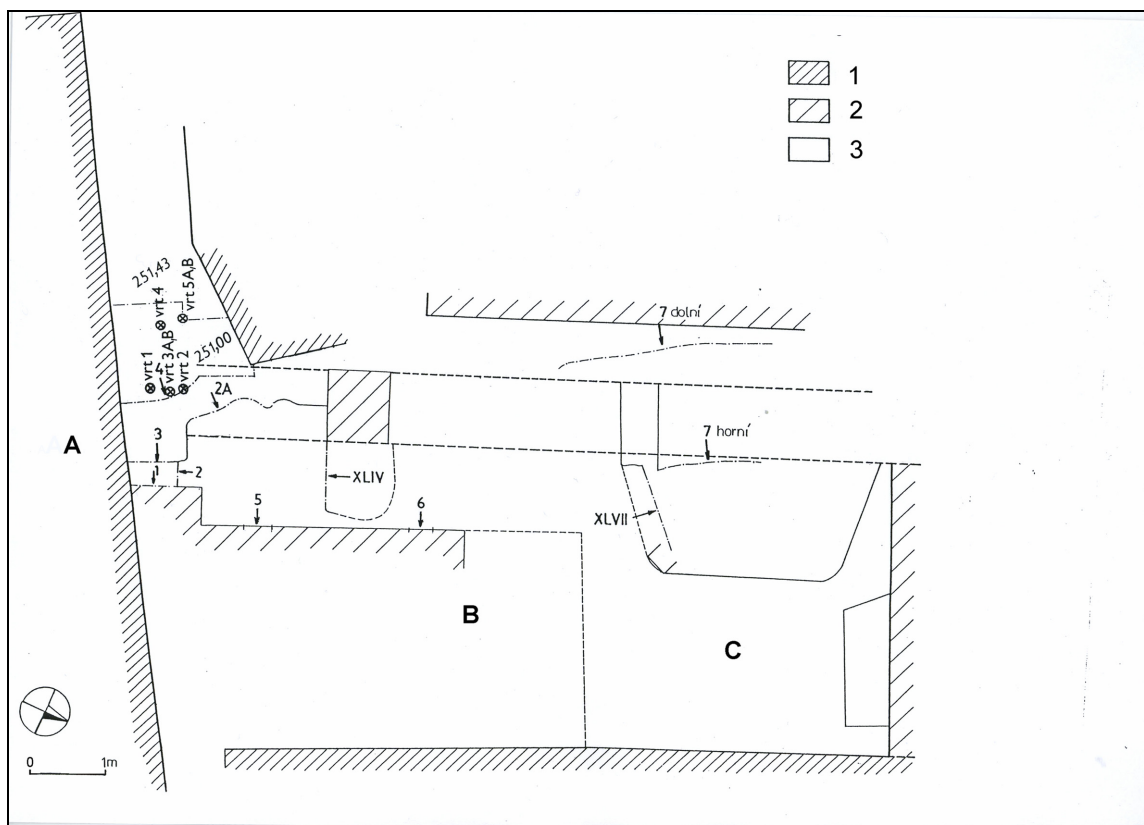
Obr. 1. Hradčanský ostroh s areálem Pražského hradu. Šipkou označena poloha odběru archeobotanických vzorků v místě tzv. jižní rokle.

Fig. 1. Prague Castle. The arrow indicates the location of archaeobotanical samples in the so-called southern ravine.



Obr. 2. Praha – Hrad 1998, snímek archeologické situace ve střední části III. nádvoří (podle Boháčová ed.1998, obr. příloha). 1 – situace sondy 20 (vyznačena plocha zobrazená na obr. 3), 2 – umístění starší dřevěné stavby, 3 – půdorys mladší dřevěné konstrukce ohraničené plotem, 4 – románský kostel, 5 – románská chodba.

Fig. 2. Prague Castle, 1998; archaeological site in the central part of the Third courtyard. 1 – location of probe 20 (the marked area is depicted in fig. 3), 2 – location of older wooden structure, 3 – ground plan of more recent wooden fenced-in structure, 4 – Romanesque church, 5 – Romanesque passage.



Obr. 3. Praha – Hrad 1998, III. nádvoří. Sonda 20. Půdorysná situace s umístěním vrtů a dokumentovaných řezů. Sloučený řez XLIII (obr. 5) tvořen dílčími řezy 1, 2A a 3–7. A – obvodová zeď románského kostela, B – prostor románské chodby, C – prostor s dřevěnými stavbami mladšího horizontu in situ. 1 – kámen, 2 – cihly, 3 – beton, 4 – vrtý GS 1–5.

Fig. 3. Prague Castle, Third courtyard, 1998. Probe 20. Ground plan showing location of bores and documented cross-sections. Cross-section XLIII (fig. 5) created by a merger of cross-sections 1, 2A and 3–7. A – peripheral wall of Romanesque church, B – site of Romanesque passage, C – site containing wooden structures from the younger horizon in situ. 1 – stone, 2 – brick, 3 – concrete, 4 – bores GS 1–5.

výsledky makrozbytkové analýzy z uloženin jižní rokly pocházejí z příliš malého objemu sedimentu (Čulíková 1998b).

Při interpretaci pylových spekter hraje zásadní roli pylová produkce a šíření pylu v prostoru, faktory specifické pro jednotlivé pylové taxony. Autorka pylových analýz čerpala informace o vztahu vegetace a pylových spekter zejména z prací Ralska-Jasiewiczowa ed. 2004 a Sugita et al. 1999.

3. Archeologický kontext analyzovaných vzorků

Terénní deprese, z jejíchž sedimentů byly vzorky získány, je nejvýraznějším morfologickým útvarem jižního svahu hradčanského ostrohu. Její rozsah a detailní utváření nejsou zatím dostatečně poznány. Je ale zřejmé, že významně omezovala sídelní prostor ústřední části hradního areálu, v jehož rámci měla své místo panovníkova rezidence a hlavní církevní

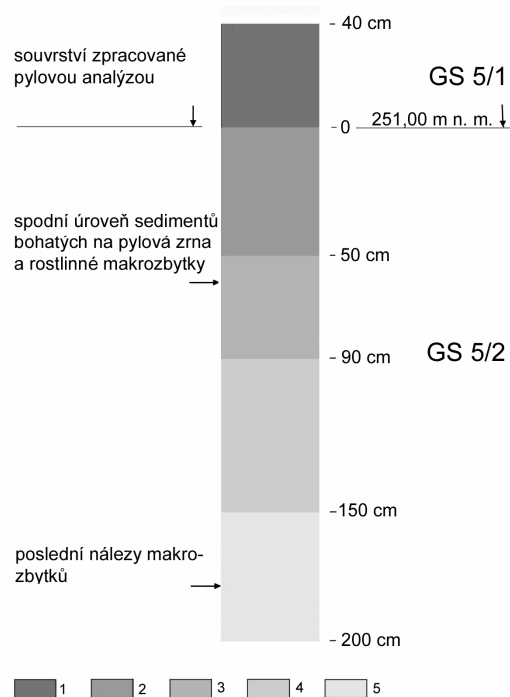
instituce. Ústí tohoto útvaru zasahuje až ke katedrále sv. Víta, kde se nachází jeden ze známých pramenů, z něhož stékala voda roklí směrem do malostranské kotliny. Procházela tudy cesta, která byla nejbližší spojnicí s pražským podhradím. Doložena je pro románský hrad, nelze ale vyloučit, že se tudy vstupovalo do prostoru hradiště již v počátcích Pražského hradu (blíže k diskusi kolem přístupové cesty jižní hradní branou Frolík – Smetánka 1997, 86; Boháčová 1998a; 1998b; 2001, 263–264).

Vznik vzorkovaných kontextů spadá do intervalu vymezeného počátky raně středověkého osídlení hradčanského ostrohu v průběhu středohradištního období a nástupem mladohradištního období, tedy přibližně do poslední třetiny 9. až druhé třetiny 10. století. Absolutní data jsou odvozena z detailního studia stratigrafie nejstarších vývojových fází Pražského hradu a jejího keramického inventáře (Boháčová 2001, 264–277; 2008, 104, 115). Pylová zrna jsou dnes – na rozdíl od makrozbytků – k dispozici pouze ze svrchní části zkoumané sekvence (obr. 4, 5), tj. ze starší fáze 10. století. Na mírně klesajících okrajích svahů rokle v severním sousedství místa odběru byly dokumentovány relikty dřevěných staveb v několika superpozicích (obr. 2). K základní charakteristice tohoto prostoru z pera K. Gutha (1934, 692–693) zatím přibyly jen nečetné položky (Herichová 1996; Boháčová 1998c, 681; 1999; 2001, 241–247).

Dvě kompletněji dochované dřevěné stavby jsou dosud součástí archeologického areálu (obr. 2: 2, 3). Ze starší z nich, která spočívá na vrstvách beze stop antropogenní činnosti (Zavřel 1998, IV/3; GS 9, 10), byla získána série dendrodat, umožňující klást její vznik k přelomu 1. a 2. třetiny 10. stol. (Dvorská – Boháčová 1999). Tato stavba není se zkoumanou situací v bezprostředním stratigrafickém vztahu. Mladší objekt, který představuje unikátně dochovaná dřevěná podlaha omezená torzem plotu vyplétaného proutím rozmanitých dřevin (jilm, dub, vrba, zástupce slivoňovitých: Kaplan 1998, III/6; obr. 2: 3), je součástí horizontálně uloženého souvrství s vícenásobnou superpozicí dřevěných konstrukcí a nalézá se v nadloží vzorkované části stratigrafie. V rámci chronologického úseku sledovaného odebranými archeobotanickými vzorky, který byl završen uložením nejmladších kulturních vrstev v závěru středohradištního období, byla o něco níže na svahu vybudována první dřevohlinitá hradba (Boháčová 2001, 191–206, 253). Po výstavbě románské hradby (po r. 1135) a rozšíření sídelního areálu jižním směrem došlo ke zřetelné proměně funkce hustě osídlené části zazemněné deprese. Do raně středověkého souvrství byl nejprve založen výše zmíněný kostel (obr. 2: 4), o něco později následovalo vybudování kamenné chodby vedoucí k bazilice sv. Víta (obr. 2: 5).

Obr. 4. Praha – Hrad 1998, III. nádvoří. Schéma jádra vrtu GS 5. Upraveno podle Zavřela (1998). 1 – antropogenní uloženiny, 2 – sedimenty ve vodním prostředí, 3 – svahoviny, 4 – sedimenty ve stojaté vodě, 5 – zvětraliny.

Fig. 4. Prague Castle, Third courtyard, 1998. Diagram of the core of bore GS 5. After Zavřel (1998). 1 – anthropogenic deposits, 2 – sediments in standing water, 3 – slope sediments, 4 – sediments in standing water, 5 – weathered products.



III. nádvoří Pražského hradu – sonda 20/1998 (PH 15 – S 20), řez XLIII

Mocnost kulturních vrstev dokumentovaných v sondě 20 (situace sondy v rámci areálu viz obr. 2, 3) dosahuje pro období před výstavbou románských staveb ca 150–200 cm. Stratigrafii kontextů znázorňuje řez kulturním souvrstvím (obr. 5; situace řezu XLIII obr. 3). Ve zkoumaném výseku stratigrafie se jednalo o prachovitě jemné jílovité sedimenty s proměnlivou příměsí uhlíků a kamenů. Charakter souvrství, tvořeného vodorovně uloženými kontexty často provázenými výskytem dřevěných prvků souvisejících se zástavbou prostoru, odpovídá pozvolnému a dlouhodobějšímu procesu akumulace sídlištních terénů, který nebyl nijak významně narušen mladšími zásahy.

Sekvence s analyzovanými vzorky náleží starší části sídlištního souvrství, uložené v rozpětí ca 251,00–251,80 mn.m. Nejstarší vrstvy této sekvence (20101, 20102), z jejichž úrovně pochází několik keramických zlomků s výzdobnými prvky středohradištního období, leží bezprostředně pod jedním z křížení horizontálně uložených dřev. Vrstvy

20103 (dělená na makroskopicky shodné části A a B, oddělené vrstvou kamenů), 20104 a 20105 spadají stále do totožné sídlištní situace a leží desítky cm hluboko pod úrovní zmíněné dřevěné podlahy, která se nachází o několik metrů severněji (na kótě 252,60). Z vrstvy 20105 již pocházejí zlomky keramiky s kalichovitou profilací okraje, kterou provázejí fragmenty nádob středohradištní tradice.

III. nádvoří Pražského hradu – sonda 20/1998 (PH15 – S 20), vrt GS 5

Odběr vzorků z vrtů měl v prostoru sondy 20 postihnout navazující část starší stratigrafie (pod úrovní 251 m n. m.). Místo řezu XLIII však nebylo z technických důvodů tomuto způsobu odběru přístupné a vrty musely být umístěny o několik desítek cm západněji (obr. 3), kde povrch terénu dosahoval 251,42 m n. m. Navrtána tak byla

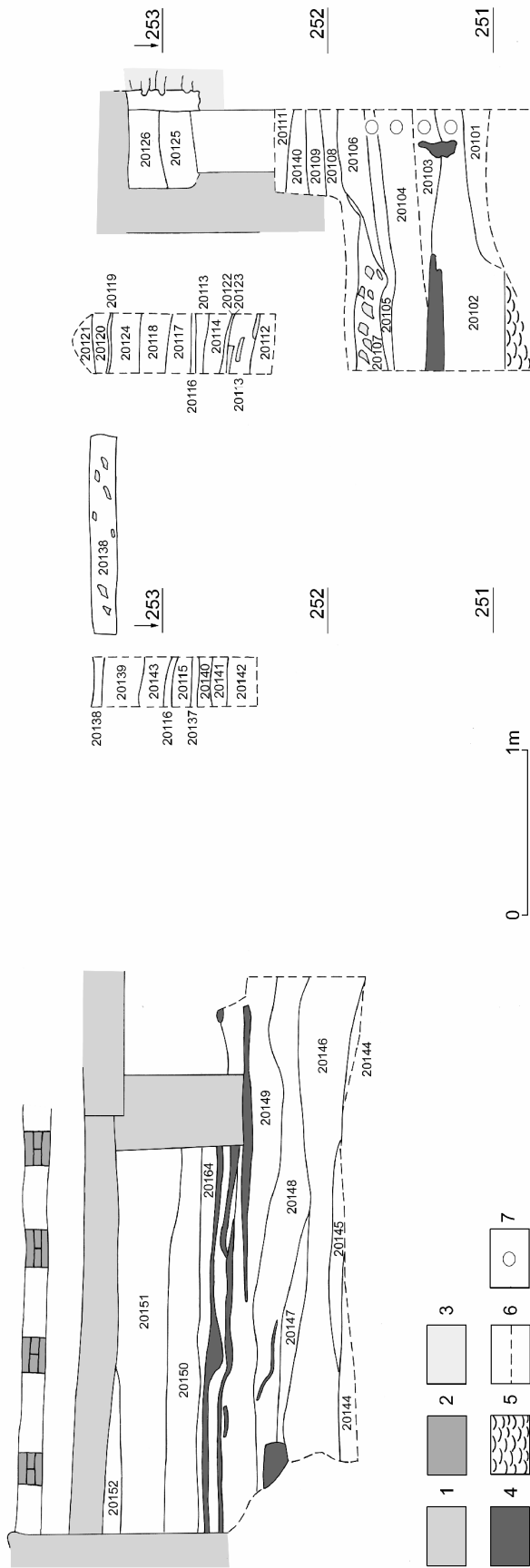
i část sekvence situované výškově obdobně jako analyzované vrstvy řezu XLIII. Sediment v horní části vrtu GS 5/1, složený z makroskopicky rozlišitelných čtyř vrstev, byl popsán jako antropogenní, tvořený tmavým prachovitým jílem se značným podílem organické hmoty včetně dřeva, prostoupený proměnlivě kameny a uhlíky (Zavřel 1998). Spodní, běžné archeologické dokumentaci nepřístupná část stratigrafie (GS 5/2), je tvořena souvrstvím, jehož uloženiny jsou z geologického hlediska popsány zčásti jako sedimenty, zčásti jako splachy a svahoviny. V jeho horní části byl zaznamenán významný podíl organické hmoty. Následují splachy a svahoviny. Spodní

poloha nad přechodem do eluvia, který je evidován ca v 249,50 m n. m., je interpretována jako důsledek sedimentace ve vodní nádrži (obr. 4; Zavřel 1998).

Označení vzorku	lokalita	řez, GS	kontext, kóta	analýza /pyl
P3	PH15 – S 20	řez XLIII – 2a	20102 /spodní/	+/+
P5	PH15 – S 20	řez XLIII – 2a	20103A	+/+
P6	PH15 – S 20	řez XLIII – 2a	20103B	+/+
P4	PH15 – S 20	řez XLIII – 2a	20102 /horní/	+/-
P7	PH15 – S 20	řez XLIII – 2a	20104	+/-
P8	PH15 – S 20	řez XLIII – 2a	20105	+/-
P10–39	PH15 – S 20	vrt GS 5/1	251,06	+/+
P10–41	PH15 – S 20	vrt GS 5/1	251,15	+/+
P10–42	PH15 – S 20	vrt GS 5/1	251,195	+/+
P10–43	PH15 – S 20	vrt GS 5/1	251,24	+/+
P10–44	PH15 – S 20	vrt GS 5/1	251,305	–
P10–45	PH15 – S 20	vrt GS 5/1	251,405	–
P10–38	PH15 – S 20	vrt GS 5/2	249,02	+/-

Tab. 1. Přehled vzorků dochovaných pro pylovou analýzu provedenou v roce 2006.

Tab. 1. Overview of samples surviving for pollen analysis performed in 2006.



Obr. 5. Praha – Hrad 1998, III. nádvoří. Sloučený řez XLIII kulturním nadložím zachycující situaci analyzovaných vrstev v sondě 20. Situace řezu viz obr. 3. A – severní obvodová zeď románského kostela, B – zdivo románského chodby od západu (schematizováno). 1 – beton, 2 – cihly, 3 – opukové zdivo, 4 – dřevěné konstrukční prvky staveb, 5 – stojatá voda (stav 1998), 6 – hranice odkopu nebo nezřetelné rozhraní, 7 – označení vrstev s analyzovanými vzorky.

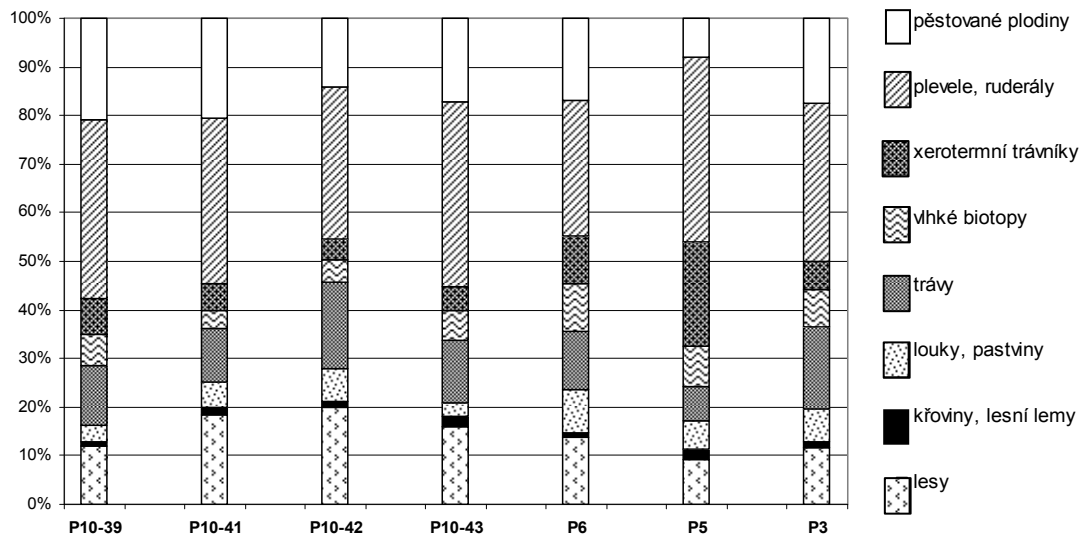
Fig. 5. Prague Castle, Third courtyard, 1998. The cultural deposits of cross-section XLIII capture the situation of analysed layers in probe 20. For location of cross-section, see fig. 3. A – northern peripheral wall of Romanesque church, B – masonry of Romanesque passage from the west (schematised). 1 – concrete, 2 – bricks, 3 – slate masonry, 4 – wood construction elements, 5 – standing water (1998 state), 6 – boundary of excavation, 7 – labelling of layers with analyse samples

4. Pylové spektrum

Výpověď pylových spekter o vegetačních poměrech v prostoru Hradu a jeho zázemí se jeví jako synchronní, což odpovídá archeologickému hodnocení vrstev uložených v krátkém časovém intervalu. Nejen druhová skladba pylových spekter, ale i výjimečná koncentrace pylových zrn ve vzorcích odkazuje na výrazný podíl člověka při ukládání sedimentů. Soudě podle zmíněné koncentrace pylu, byl v analyzovaných uloženinách velký počet rostlinných taxonů. Je přitom jisté, že se jedná o směs společenstev rozdílných stanovištních nároků a že pyl některých z nich musel být v místě odběru deponován uměle. Vliv člověka poznamenal tafonomické procesy u všech analyzovaných vzorků s výjimkou vzorku P5.

Většina dřevin má oproti bylinám nepoměrně větší pylovou produkci i schopnost transportu pylu v prostoru. V souladu s touto skutečností můžeme podíl lesní vegetace na celkové sumě pylových zrn ve vzorcích z III. hradního nádvoří označit za relativně malý (obr. 6). Vysoký podíl má v pylových spektrech (obr. 7) zejména borovice lesní (*Pinus sylvestris*), lípa (*Tilia*) a jedle bělokorá (*Abies alba*). Konkurenčně slabá borovice se mohla v krajině významně šířit až vlivem intenzivního hospodaření v lesích. Její dominance v pylových spektrech proto dokládá silící antropogenní tlak na lesní porosty. Jedle mohla zmlazovat na menších mýtinách nebo v pastevních lesích, v každém případě spíše extenzivně využívaných (Málek 1980; Pokorný 2003; Sádlo – Pokorný 2003; Volařík 2006). U hmyzosprašné lípy mají pylová zrna zjevně jiný zdroj než vzdálené lesní enklávy. V prostoru dnešního III. hradního nádvoří mohlo jít o lokální spad ze solitérního stromu nebo o doklad sběru lipových květů. Díky dobré výživové hodnotě byly lipové větve ve středověku vyhledávány jako doplněk píce pro dobytek (Greig 1982). Dub (*Quercus*) je ve vzorcích z Pražského hradu relativně málo zastoupen, uvážíme-li jeho silný ekologický potenciál v krajině Pražské kotliny. Ještě mnohem vzácnější byl ve zbytkových lesních porostech habr (*Carpinus betulus*), rovněž lokální klimaxová dřevina (Moravec – Neuhäusl 1991, 35; Sádlo 2001, 45). Ojedinělost pylu smrku (*Picea abies*) a buku (*Fagus sylvatica*) v sedimentech z jižní hradčanské rokly vypovídají o okrajové roli těchto dřevin v okolních lesních porostech (obr. 7). Ta byla na rozdíl od dubu a habru dána především ekologicky, protože buk ani smrk nemají v nížinných polohách, jakou je Pražská kotlina, optimum svého růstu. Vyhledávají proto lokálně chladnější stanoviště, jakými jsou k severu obrácené svahy, a zejména pak spodní partie hlubokých úzkých údolí (tzv. efekt inverzního mikroklimatu: Neuhäuslová a kol. 1998, 42–47). Nejbližší takovou lokalitou bylo sevřené údolí potoka Brusnice. Druhovou skladbu lesů doplňovaly javory (*Acer*), jejichž skutečné zastoupení ve vegetaci je kvůli velmi malé pylové produkci i šířitelnosti pylu v prostoru těžké odhadovat. Vzácné byly břízy (*Betula*), jasany (*Fraxinus excelsior*) a jílmý (*Ulmus*).

Dřeviny lužních lesů – především vrba (*Salix*) a olše (*Alnus*) – jsou v pylových spektrech zastoupeny okrajově (obr. 7). Otázkou je, jestli mohly růst i v místě vlhké strže v rámci dnešního III. hradního nádvoří. Vzhledem k značné pylové produkci olše (*Alnus*)



Obr. 6. Procentuální podíly jednotlivých biotopů v rámci pylových spekter. Zařazení pylových typů do jednotlivých biotopů níže.

Fig. 6. Percentage share of individual communities within the pollen spectrums. Categorisation of pollen types into individual communities:

Lesy/Forests – *Abies alba*, *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus betulus*, monoletní spora, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus*, *Hedera helix*. **Křoviny, lesní lemy/Shrubs** – *Aconitum*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Euonymus europaeus*, *Frangula alnus*, *Listera ovata*, *Prunus* typ, *Rosa*, *Rubus*, *Sambucus nigra/S. racemosa*, *Sorbus* typ, *Viburnum opulus*. **Louky, pastviny/Meadows, pastures** – *Campanula*, *Carum carvi*, *Cerastium*, *Cuscuta*, *Daucus carota*, *Gentianella*, *Knautia*, *Medicago sativa* typ, *Odontites* typ, *Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Potentilla/Fragaria*, *Rumex acetosa* typ, *Silene*, *Trifolium pratense* typ, *Trifolium repens* typ. **Trávy/Grasses** – Gramineae. **Vlhké biotopy/Wet biotopes** – *Caltha*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Cyperaceae*, *Filipendula ulmaria/F. vulgaris*, *Heracleum sphondylium*, *Humulus lupulus*, *Impatiens noli-tangere*, *Mentha* typ, *Oenanthe fistulosa*, *Ranunculus acris* typ, *Ranunculus sceleratus* typ, *Solanum dulcamara*, *Succisa pratensis*, *Thalictrum*, *Valeriana officinalis*. **Xerothermní trávníky/Dry Grasslands** – *Agrimonia eupatoria*, *Anthericum*, *Calluna vulgaris*, *Centaurea scabiosa*, *Centaurea jacea/C. stoebe*, *Echium vulgare*, *Eryngium campestre*, *Falcaria* typ, *Helianthemum*, *Hypericum*, *Genista* typ, *Linaria*, *Lotus corniculatus*, *Melampyrum*, *Pulsatilla*, *Reseda*, *Sanguisorba minor*, *Scabiosa columbaria* typ, *Sedum*. **Plevele, ruderály/Weeds, ruderals** – *Adonis aestivalis/A. flammea*, *Anchusa/Pulmonaria*, *Apiaceae*, *Artemisia*, *Aster* typ, *Asteraceae-Fenestratae*, *Astragalus* typ, *Brassicaceae*, *Bupleurum falcatum* typ, *Carduus*, *Centaurea cyanus*, *Cerinthe minor*, *Chelidonium majus*, *Chenopodiaceae*, *Cirsium*, *Consolida regalis*, *Convolvulus arvensis*, *Epilobium angustifolium*, *Fallopia convolvulus/F.dumetorum*, *Galeopsis-Ballota* typ, *Geum*, *Matricaria* typ, *Nigella arvensis*, *Papaver rhoeas* typ, *Persicaria maculosa* typ, *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, *Rhinanthus* typ, *Rubiaceae*, *Rumex aquaticus* typ, *Scrophulariaceae*, *Solanum nigrum*, *Spergula arvensis*, *Urtica*, *Valerianella*, *Veronica* typ, *Vicia* typ, *Xanthium strumarium*. **Pěstované plodiny/Crops** – *Cannabis sativa*, *Cerealia*, *Secale cereale*.

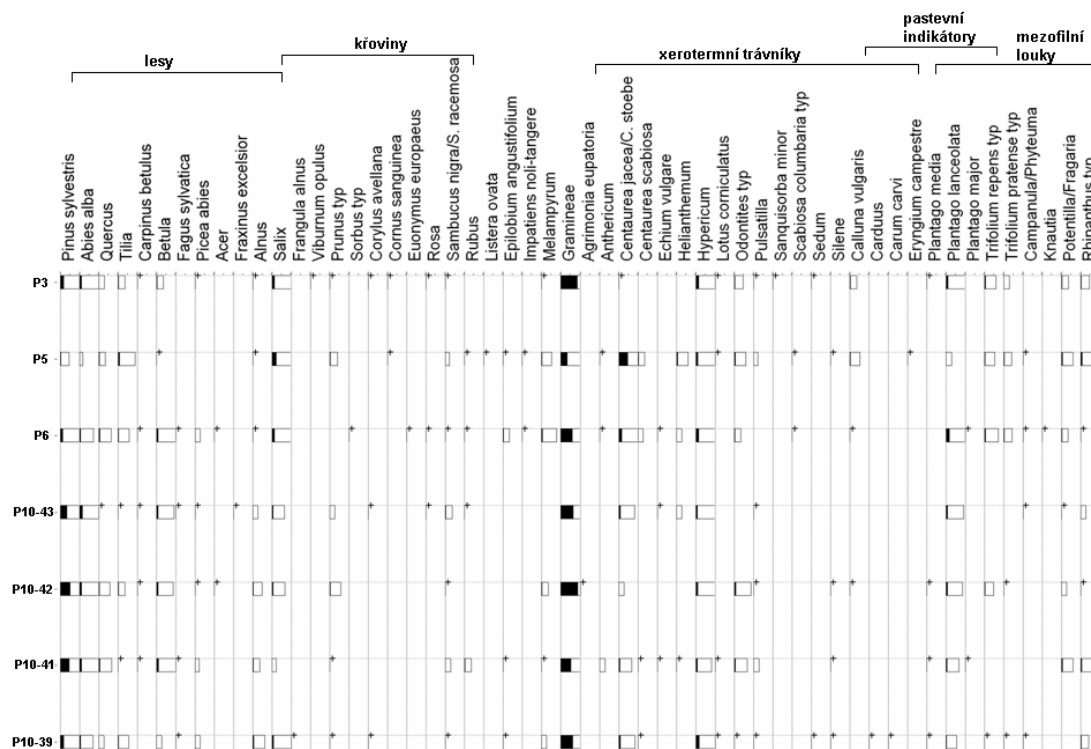
můžeme její lokální přítomnost vyloučit. Pyl vrby je naopak ve všech vzorcích zastoupen relativně početně, ve vzorku č. 39 byla navíc nalezena celá část prašniku, která odkazuje na možný nedaleký výskyt zdrojové rostliny. Nemuselo se přitom jednat o druh vázaný na lužní lesy, neboť do pylového typu *Salix* patří i ruderální vrba jíva (*Salix caprea*) se stanovištními nároky blízkými např. černému bezu (*Sambucus nigra*).

Vegetace křovin je ve vzorcích z Pražského hradu reprezentována velmi malým počtem pylových zrn (obr. 7). S výjimkou lísky musíme v rámci celé této skupiny uvažovat s omezenou pylovou produkcí i možnostmi transportu pylu do analyzovaného sedimentu. Přesto byla identifikována řada druhů křovinných společenstev. Svída krvavá (*Cornus sanguinea*), brslen evropský (*Euonymus europaea*), líska obecná (*Corylus avellana*), ostružiník (*Rubus*), hloh (*Sorbus* typ), růže (*Rosa*) a jiné druhy čeledi Rosaceae – např. běžná trnka obecná (součástí pylového typu *Prunus*) – mohly tvořit lemy fragmentovaných lesních enkláv, ale velmi pravděpodobně již byly emancipovaným krajinným prvkem uplatňujícím se jako vegetace mezí, okrajů cest, zarůstající pastviny apod. Bez černý (*Sambucus nigra*) mohl růst v prostoru jižní rokle stejně jako na jiných okrajových místech v rámci hradu. Okraje vodních toků vyhledávala krušina olšová (*Frangula alnus*) a kalina obecná (*Viburnum opulus*). Také pyl chmele (*Humulus lupulus*) patřil samčím (chmel je dvoudomá rostlina) liánám, které rostly ve vlhkých pobřežních křovinách. Stejně jako plané keře, mohly být zdrojem pylových zrn typu *Prunus* i lokálně pěstované ovocné stromy (tab. 2). Rozsah sadů se však z pylové stopy nedá odhadovat.

Ojedinelými nálezy pylových zrn máme v sedimentech z Pražského hradu doloženy i některé druhy bylinného podrostu lesů. Zastíněné břehy potoků a řek nebo lesní prameniště byly stanovištěm netýkavky nedůtklivé (*Impatiens noli-tangere*). Ve vlhkých partiích lesů a křovin rostl bradáček vejčitý (*Listera ovata*). Většina druhů rodu černýš (*Melampyrum*) roste v lemových společenstvech doubrav a dubohabřin nebo v jejich podrostu (odtud svaz *Melampyro-Carpinetum* jako společenstvo potenciálně mapované na značné části území Prahy; Moravec – Neuhäusl 1991, obr. část). Pylový typ *Melampyrum* však zahrnuje i černýš rolní (*Melampyrum arvense*) rostoucí na úhorech, polích a v xerothermních trávnících.

Bylinná vegetace zachycená v pylových spektrech z Pražského hradu je druhově nesmírně bohatá. Převažují ruderaly, obiloviny a jejich plevle. Dalšími ekologicky odlišnými skupinami jsou společenstva xerothermních trávníků, vegetace vlhkých a mezofilních luk (obr. 7).

Samotné místo, kde se ukládaly analyzované sedimenty, tedy prostředí vlhké mělké rokle, bylo součástí tehdy osídlené plochy, a jeho vegetace tudíž musela odrážet bezprostřední přítomnost člověka. Dominantu lokální vegetace proto z identifikovaných pylových typů mohly tvořit zejména druhy vlhkých živinami bohatých a narušovaných stanovišť jako např. kopřiva (*Urtica*), merlíkovité (Chenopodiaceae), kuklík (*Geum urbanum/G. rivale*), jitrocele (*Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Plantago major*), kontryhel (*Alchemilla*), šťovíky (*Rumex acetosa* typ, *Rumex aquaticus* typ), opletka (*Fallopia convolvulus/F. dumetorum*), svízel (Rubiaceae), ruderalní pryskyřníky (např. *Ranunculus sceleratus*) a pravděpodobně i tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*, pylový typ *Filipendula ulmaria/F. vulgaris*). K lokální vegetaci dále můžeme počítat i mnohé druhy čeledi hvězdicovité (Asteraceae-Fenestratae a *Matricaria* typ), brukvovité (Brassicaceae), miříkovité (Apiaceae) a hluchavkovité (*Galeopsis-Ballota* typ a *Veronica* typ) nebo vikev (*Vicia* typ), jejichž



Obř. 7. Histogram s procentuálním zastoupením vybraných pylových typů. Jeden díl na stupnici odpovídá 10 %. Křížkem je označeno procentuální zastoupení do 0,5 %.

Fig. 7. Histogram showing the percentage presence of selected pollen types. One segment on the scale corresponds to 10 %. A cross indicates a percentage presence of less than 0.5 %.

zastoupení v pylových spektrech obecně stoupá s antropogenním vlivem (Greig 1982; Jankovská 1998). Místní poměry odráží také nálezy vaječných obalů parazitů, tenkohlavce bičíkového (*Trichuris trichiura*) a škrkavky (*Ascaris*). Jejich přítomnost svědčí o fekálním znečištění sedimentů. Soudě podle četnosti nálezů a druhového složení předpokládané lokální vegetace však nebylo příliš silné.

Suché degradované trávníky, úhory a pustá místa v okolí rokle byla biotopem pro pelyňky (*Artemisia*), bodláky (*Carduus*), svlačec (*Convolvulus arvensis*), mrkev obecnou (*Daucus carota*), pilát (*Anchusa/Pulmonaria*), srpek (*Falcaria vulgaris* typ), rýt (*Reseda*), kozlíček (*Valerianella*), řepeň durkoman (*Xanthium strumarium*) nebo teplomilnou voskovku menší (*Cerintho minor*) a černuchu rolní (*Nigella arvensis*). Na trvale sešlapávaných plochách se mohl vyskytovat pouze truskavec ptačí (*Polygonum aviculare*). Ve vzorcích byl také relativně početný pyl břechťanu (*Hedera helix*), který zřejmě porůstal zdi hradních staveb.

Z pěstovaných plodin převažují v pylových spektrech z Pražského hradu obiloviny. Ve všech vrstvách s výjimkou vzorku P5 tvoří až 20 % celkové sumy pylových zm (obr. 8). Pyl žita (*Secale cereale*) byl v rámci obilovin v analyzovaném materiálu relativně vzácný. Ve větším množství byl identifikován pouze ve vzorku P6. Dá se tedy usuzovat, že mezi ostatními druhy obilovin tvořilo žito spíše doplňkový podíl. Spolu s pylem obilovin se do

luční (*Centaurea jacea/C. stoebe*), mohly tedy růst i v nejbližším okolí rokle. Mezofilní louky reprezentuje v pylovém spektru méně taxonů, např. zvonek (*Campanula/Phyteuma*), chrastavec (*Knautia*), mochna/jahodník (*Potentilla/Fragaria*), černýš (*Rhinanthus* typ), jetel luční (*Trifolium pratense* typ).

Pylový projev vegetace mokřadů, vlhkých luk a břehů řek nebo potoků je malý. Není pravděpodobné, že by se v rámci zasedlené plochy dnešního III. nádvoří Pražského hradu zachovaly porosty se žluťuchou žlutou (pylový typ *Thalictrum*, druh potvrzen makrozbytkovou analýzou: Čulíková 1998b, IV/4: vrt GS 5, vzorek 2), lilkem potměchutí (*Solanum dulcamara*), čertkusem lučním (*Succisa*), kozlíkem lékařským (*Valeriana officinalis*), krabilicí chlupatou (*Chaerophyllum hirsutum*), jejichž pylová zrna byla ve vzorcích identifikována. Tyto nálezy mohou souviset s držením koní nebo s dobyt看 paseným v širším okolí hradu a ustájeným v prostoru dnešního III. nádvoří. Za součást lokální vegetace vlhké rokle můžeme považovat jiné identifikované druhy vlhkých stanovišť, např. tužebník (*Filipendula* cf. *ulmaria*) a některé pryskyřníky (*Ranunculus acris* typ a *Ranunculus sceleratus* typ).

Ze souboru vzorků výrazně vybočuje vzorek P5. Je výjimečný vysokou koncentrací pylu bylin jako chrpa luční (*Centaurea cyanus* typ), chrpa čekánek (*Centaurea scabiosa*), pcháč (*Cirsium*), tužebník (*Filipendula ulmaria/F. vulgaris*), devaterník (*Helianthemum*), mochna (*Potentilla* typ), rýt (*Reseda*), kokrhel (*Rhinanthus* typ), kozlíček (*Valerianella*), černucha rolní (*Nigella arvensis*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*) aj. Vedle výše jmenovaných taxonů se ve vyšší koncentraci objevil i pyl lípy (*Tilia*), vrby (*Salix*) a dřevin z čeledi růžovité (*Prunus* typ). Nápadnou spojitostí mezi všemi těmito druhy je opylování hmyzem. Současně je potlačen pylový projev lokálních ruderalů s květy pro hmyz neatraktivními, jako jsou pelyňky (*Artemisia*) a merlíkovité (*Chenopodiaceae*). Malý je i podíl pylu trav (*Gramineae*) a větrosprašných stromů (výrazně např. borovice/*Pinus*). Pouze spekulovat by bylo možno o tafonomických procesech, které utvářely takové pylové spektrum, v souvislosti s dominancí hmyzem sbíraného pylu však může jít o nějakou spojitost s medem (srov. Pokorný – Mařík 2006).

5. Diskuse a závěry

5.1. Zdroje pylových zrn

Pylová spektra ve všech vzorcích ze sedimentů jižní rokle Pražského hradu jsou výrazně antropogenní a mají charakter tzv. tanatocenóz (Lityńska-Zajac – Wasylkowa 2005, 37–41). Podíly pylových zrn jednotlivých taxonů proto neodpovídají jejich skutečným podílům v okolní vegetaci. Přirozený pylový spad lze uvažovat hlavně u dřevin a lokální vegetace vlhké strže, která byla jako součást osídlené plochy ruderalní.

Pyl dřevin musel být do sedimentů z velké většiny transportován větrem. Zůstává proto ekologicky i tafonomicky dobře oddělenou skupinou, v jejímž rámci můžeme na základě relativních podílů jednotlivých druhů usuzovat mnohé o stavu lesních porostů.

Pyl ostatních ekologických skupin byl ve své většině v sedimentech jižní rokle deponován vlivem lidských aktivit. Podle velkého podílu pylu obilovin ve všech vzorcích byla významnou zdrojovou oblastí pylových zrn obilná pole. S výjimkou málo zastoupeného žita jsou obiloviny charakteristické minimální pylovou produkcí. Pyl skupiny Cerealia se tedy musel do sedimentů dostat přímo ze zrní a pluch jako pozůstatek po zpracování sklizně nebo manipulaci se slámou používanou jako podestýlka. S ohledem na značné zaplevelení polí ve středověku (Karg 1995; Rösch 1998) je na místě dát do této souvislosti i některé druhy zmiňované jako rumištní. Mnoho plevelných druhů totiž zůstává skryto v pylových typech širšího taxonomického vymezení – např. Brassicaceae, Apiaceae, Asteraceae-Fenestratae, Aster typ aj. (Beug 2004).

Vzorky z Pražského hradu jsou výjimečné zastoupením pylu lučních bylin (obr. 6). Velkou skupinu přitom tvoří pyl vegetace xerothermních luk a pastvin, což dobře odpovídá pozici odběrového místa na suchém vyvýšeném ostrohu v blízkosti jeho jižního svahu. Významnou úlohu při takto kvantitativně i kvalitativně bohatém pylovém projevu lučních taxonů, které jistě nebyly dominantní součástí lokální vegetace vlhké rokly, mohlo hrát skladování sena nebo ustájení paseného dobytka. Pylová zrna procházejí trávicím traktem neporušená, mohla být proto uvolněna z trusu koní či dobytka paseného v okolí hradu a ustájeného v blízkosti místa odběru sedimentů.

Důležitou roli v utváření pylových spekter v prostoru jižní rokly hrály i samotné sedimentační procesy v podobě sesuvů a splachů povrchových vrstev půdy do prostoru terénní deprese.

5.2. Krajina

Východiskem pro interpretaci krajinné složky pylových spekter je potenciální vegetace v okolí studované lokality. Vzhledem k členitému reliéfu pražské kotliny si její původní lesní porost můžeme představit jako mozaiku několika ekologicky kontrastních společenstev. Nívu Vltavy lemoval lužní les s olší (*Alnus*), vrbami (*Salix*), jasany (*Fraxinus*) a jinými druhy (v časnějším holocénu byly hojnými lužními dřevinami jilmy: např. Sádlo a kol. 2005, 151–152). Hlubší půdy na úpatí svahů a v rovinnatém terénu porůstaly dubohabřiny (svaz *Melampyro-Carpinetum*; Moravec – Neuhäusl 1991, 81–92). Na příkrých suťových svazích do nich vstupovaly živinově náročné dřeviny (Ellenberg 1988, 139–142), zejména javory (*Acer*) a lípy (*Tilia*). V sevřených údolích a na svazích orientovaných k S se uplatňovaly jedle (*Abies*), buk (*Fagus*) a smrk (*Picea*). Duby tvořily dominantu na četných skalnatých svazích obrácených k J, JZ či JV a doubravy porůstaly i písčité plošiny říčních teras (Moravec –

Neuhäusl 1991, obrazová část; Sádlo 2001, 42–46). Výrazným prvkem teplomilných doubrav byla lípa (*Tilia*) a na extrémně suchých nebo skalnatých místech rostla borovice (*Pinus*).

Na počátku 10. stol. byly v lesích v okolí jádra tvořící se pražské sídelní aglomerace dosud přítomny všechny druhy dřevin, které z fytogeografického hlediska odpovídají poloze lokality (Ellenberg 1988). Postupující degradaci lesních porostů lze pozorovat na základě dominance borovice (*Pinus*) a částečně i jedle (*Abies*). Velmi malý počet pylových zrn habru, jedné ze základních dřevin Pražské kotliny (Moravec – Neuhäusl 1991, 35; Sádlo 2001, 45), mohl způsobit fakt, že tento druh vyhledávající hlubší půdy na mírně svažitéch terénech mohl podlehnout kácení na prvním místě. Opačnou stranou stejné mince mohlo být zachování dřevin extrémnějších stanovišť (viz výše), jako je v nížinách smrk (*Picea abies*) nebo buk (*Fagus sylvatica*). Také jedle měla díky členitému terénu Pražské kotliny množství příhodných biotopů. Z hlediska posouzení antropogenního tlaku na druhovou skladbu lesních porostů je ve vzorcích z Pražského hradu nápadný kontrast mezi procentuálním zastoupením pylu jedle a buku. U obou druhů se uvažuje o antropogenním vlivu na jejich rozšíření v nižších nadmořských výškách. Velký rozdíl mezi oběma dřevinami je spatřován v reakci na lesní management (pastva, prosvětlování porostu selektivní těžbou apod.). Sílící intenzita využívání lesů ve středověku znamenala rychlý ústup buku, zatímco jedle se dále šířila (o příčinách šíření buku v holocénu podrobně Küster 1997 a Gardner – Willis 1999, o šíření jedle v minulosti viz Málek 1980; Pokorný 2003; Sádlo – Pokorný 2003; Volařík 2006). Jedle je dodnes v některých místech (např. mezi Štěchovicemi a Slapy) hojnou součástí svahových lesů vltavského kaňonu. Přitom jsou v takových porostech jasně patrné bývalé vlivy pastvy (přítomnost jalovců) a pařezinového hospodaření.

Procentuální podíl pylu hlavních klimaxových dřevin Pražské kotliny – dubu a habru (Moravec – Neuhäusl 1991, 35; Sádlo 2001, 42–46) – je v analyzovaných vzorcích relativně malý a ukazuje na značné odlesnění krajiny. Tato skutečnost se dotýká otázky zdrojů palivového a zejména stavebního dřeva. Jako výlučný stavební materiál pro fortifikaci a pro vertikální prvky sídlištní zástavby bylo používáno dubové dřevo (Dvorská – Boháčová 1999; Boháčová ed. 1998), které hojně vystupuje také mezi makrozbytky. Z uvedených výsledků pylové analýzy vyplývá, že předpokládané značné množství dřeva nemuselo pocházet z lokálních zdrojů, nebo alespoň ne výhradně. Jako lokální je přitom míněno nejbližší okolí Pražského hradu v souladu s prostorovou výpovědí pylové analýzy (srov. Sugita et al. 1999).

Důležitým prvkem kulturní krajiny jsou křoviny (Sádlo a kol. 2005, 146). V sedimentech z Pražského hradu je doložena přítomnost řady druhů, navzdory jejich malé pylové produkci i šířitelnosti pylu v prostoru. Také významný projev stepních trávníků a pastvin představuje vyspělá společenstva, jejichž druhová rozmanitost je výsledkem delšího vývoje (Sádlo – Matoušek v tisku).

Druhová bohatost pylových spekter ze sedimentů Pražského hradu se týká i ruderalních a plevelných společenstev. V rámci osídleného ostrohu musíme obecně počítat s absencí vegetace na rozsáhlých intenzivně sešlapávaných plochách (Vuorela – Lempiäinen

1997). Ruderální porosty byly vázány na okrajová pustá místa, kterými mohly být některé polohy ve strži, provázené zde navíc příhodnými vlhkostními poměry. Z pylových typů plevelných a ruderálních rostlin identifikovaných ve vzorcích z Pražského hradu je na místě jmenovat některé taxony, jejichž pyl je v mladších sedimentech vzácností (např. Jankovská 1987; 1991; Pokorný 2000; Beneš a kol. 2002). Patří mezi ně především voskovka (*Cerinth*), hlaváček (*Adonis aestivalis/A. flammea*), pilát/plicník (*Anchusa/Pulmonaria*), prorostlík (*Bupleurum*), ostrožka stračka (*Consolida regalis*), černucha rolní (*Nigella arvensis*) nebo kozlíček (*Valerianella*).

Jak vyplývá z výsledků pylových analýz, druhová pestrost je centrálním tématem, jakousi spojnicí napříč všemi rostlinnými společenstvy reprezentovanými v pylových spektrech. I ostatní raně středověká pylová spektra z Prahy (nepublikovaná data z výzkumů Malé Strany) potvrzují, že kulturní krajina Pražské kotliny v 1. pol. 10. stol. byla výsledkem sice dlouhodobého, ale stále spíše nesystematického lidského působení. Mnoho druhů znamená mnoho biotopů a mnoho různě intenzivních antropogenních vlivů. To je velmi odlišný stav od současnosti, kdy v krajině převažují dva extrémy – místa velmi intenzivního využívání (pole, lesní monokultury atd.) vedle míst víceméně ponechaných přirozené sukcesi. Raně středověká kulturní krajina byla drobnozrnou mozaikou biotopů. S narůstajícím řádem v obhospodařování půdy a s její větší intenzitou se jednotlivá zrna mozaiky zvětšovala a mnohá úplně mizela. Tento vývoj je patrný z pylových spekter z mladších sedimentů středověké Prahy (Jankovská 1987; 1991; 1997; 1998; Pokorný 2000; Kozáková – Pokorný 2007), v nichž bývá pylová diverzita nižší než v raně středověkých vrstvách.

5.3. Srovnání pylové a makrozbytkové analýzy

Rovněž makrozbytková analýza interpretovala prostředí, v němž se ukládaly analyzované sedimenty, jako silně antropogenní (Čulíková 1998a; 1998b). Tento charakter spektra rostlinných druhů trvá i pod kótou 251,00 a v zásadě se neliší od spekter z nejmladších poloh zkoumaných v tomto kontextu (obr. 4). Na úrovni ca 250,40 m n. m. jsou vrstvy bohaté na rostlinné makrozbytky vystřídány sedimenty s převahou minerálního materiálu. V těchto spodních polohách (GS 5/2: 60–184 cm), pro které chybí výsledky pylové analýzy (viz výše), byly nálezy rostlinných makrozbytků ojedinělé, jednalo se však výhradně o pěstované plodiny, plevele a ruderály (Čulíková 1998b).

Makrozbytková analýza jde v determinaci rostlinných taxonů nezdědka až na druhovou úroveň, čímž konkretizuje nálezy mnoha pylových typů (tab. 2). Současně vyvstávají rozdíly ve výpovědi obou metod. Analýza rostlinných makrozbytků přinesla především informaci o druhové skladbě pěstovaných plodin, plevelů a lokální ruderální vegetace. Pylová analýza se naproti tomu ve větší míře vztahuje k zázemí studované lokality. Nápadnou spojitostí většiny druhů doložených v případě Pražského hradu pouze pylovou analýzou je přírodní (myšleno v

kontrastu s plevely a druhy člověkem silně narušených stanovišť) charakter jejich běžného biotopu. Z hojnějších nálezů se jedná o pylové typy *Anthericum*, *Echium vulgare*, *Filipendula ulmaria/F. vulgaris*, *Helianthemum*, *Melampyrum* nebo *Pulsatilla*. U rodu *Melampyrum* zůstává otázkou, zda se jednalo o některý z lesních lemových a podrostových druhů, nebo o stepní i plevelný černýš rolní (*Melampyrum arvense*). S lučnými a ruderalními taxony byl tento pylový typ korelován v případě statistické analýzy středověkého datového souboru ze situací odkrytých ve Valdštejnské ul. na Malé Straně (Kozáková – Pokorný 2007). Je nanejvýš pravděpodobné, že významné zastoupení pylového typu *Melampyrum* v sedimentech z Pražského hradu lze spojovat s výše popsanými teplomilnými travinnými společenstvy. Představa mezofilních lesních lemů a bylinného podrostu listnatých lesů tak, jak je známe dnes, není v dobách intenzivního lesního managementu ve středověku reálná.

Vzájemné prolínání metod pylové a makrozbytkové analýzy je omezené. Výše jmenované a mnohé další luční druhy rostlin makrozbytková analýza běžně nezachytí. Příčiny mohou být různé. Makrozbytková analýza pracuje se semeny, plody a jinými částmi rostlin, jejichž velikost je řádově odlišná od rozměrů pylových zrn. Prokazují-li moderní studie lokálnost výpovědi pylové analýzy (např. Sugita et al. 1999), ve srovnání s analýzou rostlinných makrozbytků se přece jen transport pylu uplatňuje v širším prostoru (objem pylu je až o 6 řádů menší než objem běžných semen). Obě metody dále odlišuje jistý časový posun ve vegetační sezóně (květ s pylem – plod se semeny). Semena některých druhů makrozbytková analýza nezachytí pro jejich rozpadavost nebo nepatrnou velikost.

5.4. Vznik a stáří sedimentů v jižní rokli Pražského hradu

Prezentované výsledky pylové analýzy ve shodě s analýzou rostlinných makrozbytků ukazují, že vznik sedimentů, odebraných na mírném záp. svahu nad přirozenou depresí a současně v blízkosti vnitřní stěny jižního opevnění Pražského hradu, souvisel s antropogenní činností. Toto konstatování není překvapivé, neboť se týká polohy, v níž byly již v rámci středohradištního období opakovaně budovány dřevěné stavby. Pomocí vrtů byly studovány i níže položené sedimenty, které nebyly běžné archeologické dokumentaci přístupné. Podle výsledků makrozbytkové analýzy pokračuje i pod kótou 251,00 silně antropogenní spektrum rostlinných druhů, které se v zásadě neliší od spekter z nejmladších poloh zkoumaných v tomto kontextu. Charakter sedimentů dokládá dle výpovědi užitých analýz více fází vývoje. V časovém rozpětí zachyceném navrtanými sedimenty je přítomnost člověka trvalá a vegetační poměry se nemění.

Horní část souvrství s vysokým obsahem organické hmoty (do úrovně ca 251,00 m n. m.) pravděpodobně vznikala v těsném propojení se sídlištními a hospodářskými aktivitami, jakými mohlo být např. skladování sena, ustájení koní a dobytka, odkládání kuchyňských odpadů, manipulace se slámou a zrnem či využívání bylin v domácnosti. Mírné fekální znečištění sedimentů dokládají nálezy vaječných obalů střevních parazitů tenkohlavce

bičíkového (*Trichuris trichiura*) a škrkavky (*Ascaris*). Bývají běžnou součástí středověkých sídlištních vrstev (Greig 1982; Jankovská 1987; 1991; 1997; 1998; Pokorný 2000; Kozáková – Pokorný 2007). Dosud provedené a dostupné výsledky archeobotanických analýz (Čulíková 1998a; 1998b; 2001; Kozáková 2006) včetně zde prezentovaných výsledků prokázaly podobnou druhovou skladbu v rámci celého prostoru hradního ostrohu. Je proto pravděpodobné, že se při ukládání sedimentů výrazně uplatňoval i splach kulturních vrstev z širšího okolí do prostoru terénní deprese. Výše uvedené odlišnosti vzorku P5 se týkají pouze pylového spektra (nikoli charakteru sedimentu) a byly podmíněny dominancí nějakého konkrétního tafonomického procesu. Archeologický kontext svědčí o interiéru či bezprostředním exteriéru stavby (obr. 5), pylové spektrum nevylučuje nějakou souvislost s medem (srov. Pokorný – Mařík 2006).

Způsob geneze spodní části souvrství (GS 5/2; obr. 4), která vznikala podle makrozbytkové analýzy rovněž v rámci již výrazně antropogenizovaného prostředí, i délka intervalu, v němž se ukládala, zůstávají neznámé. Vysoký podíl organické složky v rozmezí nivelet 250,40–251,00 m n. m. svědčí pro nezměněný charakter této části sekvence oproti bezprostřednímu nadloží, z čehož lze usuzovat, že shodná je i její geneze. Toto konstatování komplikuje charakteristika dané polohy jako sedimentu, u něhož nelze vyloučit ukládání do vodního prostředí. Je otázka, do jaké míry byl charakter vrstev ovlivněn opakovaným zaplavením v nedávné minulosti i v době výzkumu. Problematická je i interpretace vzniku nižších poloh stratigrafie pod úrovní 250,40 m n. m., které jsou označeny jako svahoviny, příp. přímo jako sedimenty ve vodní nádrži (Zavřel 1998). Sedimentace mohla být zčásti přirozená, zčásti se na vzniku souvrství dané mocnosti mohl podílet člověk. Jednou z variant by mohlo být záměrné a příp. i jednorázové zasypání rokle. Nízký počet rostlinných makrozbytků v nižších částech sedimentu může být dán jak jejich odlišnou genezí, tak nižší intenzitou lidské činnosti. Otázkou také zůstává, co umožnilo ukládání sedimentu na patrně svažitém terénu, navíc zčásti v prostředí stojaté vody. Dá se předpokládat přítomnost překážky – tarasu, ať již byl přirozený, nebo vytvořený člověkem. Nelze tudíž vyloučit ani možnost, že k veškeré sedimentaci v prostoru rokle došlo až po výstavbě dřevohlinité hradby počátkem 10. století. V souhrnu ale lze konstatovat, že kulturní souvrství uchovalo spíše svědectví o celkovém životním prostředí na Hradě než o konkrétním využití daného místa.

Acknowledgements: Práci věnujeme památce Miloše Kaplana. Tato práce vznikla v rámci projektu podporovaného GA ČR č. 404/05/2671 a GA AV ČR č. AX 000 20701. Autorka pylové analýzy děkuje Janu Frolíkovi a Ivě Herichové za zpřístupnění archeologického areálu pod dnešním III. nádvořím Pražského hradu. Poděkování za odborné konzultace náleží Věře Čulíkové.

Tab. 2: Seznam nalezených pylových taxonů. Čísla označují absolutní počty jednotlivých pylových typů. Pylové typy definovány podle Beug (2004). Tučně vyznačeny druhy nalezené v sedimentech z vrtu č. 5 na III. nádvoří Pražského hradu (Čulíková 1998). Hvězdičkou (*) u absolutních počtů pylových zrn označeny taxony, u kterých byl zaznamenán shluk pylových zrn nebo část prašníku.

Tab. 2: List of identified pollen taxa. Numbers represent the absolute number of individual pollen types. Pollen types defined according to Beug (2004). Bold text indicates species found in sediments from bore no. 5 at the third courtyard of Prague Castle (Čulíková 1998). An asterisk by the absolute number of pollen grains indicates taxons found in a cluster of pollen grains or part of the anther.

pylový typ	P10-39	P10-41	P10-42	P10-43	P6	P5	P3	taxonomické vymezení	převažující typ stanoviště	makrobytková analýza (MA)
dřeviny										
<i>Abies alba</i>	10	17	12	17	10	3	14	jedle bělokora (<i>Abies alba</i>)	stinné lesy, menší mýtiny	jedle bělokora (<i>Abies alba</i>)
<i>Acer</i>			2		1			javor mléč (<i>Acer platanoides</i>), j. klen (<i>A. pseudoplatanus</i>), j. babyka (<i>A. campestre</i>)	suťové lesy	javor mléč (<i>Acer platanoides</i>), javor (<i>Acer sp.</i>)
<i>Alnus</i>	9	5	5	3	3	1	2	olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>)	okraje toků	olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>)
<i>Betula</i>	4	16	9	10	14	4	5	bříza bělokora (<i>Betula pendula</i>)	světlé lesy, paseky	bříza bělokora (<i>Betula pendula</i>)
<i>Carpinus betulus</i>		1	1	1	3		2	habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>)	dubohabřiny	habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>)
<i>Cornus sanguinea</i>							4	svída krvavá (<i>Cornus sanguinea</i>)	křoviny	
<i>Corylus avellana</i>	1			1			2	líška obecná (<i>Corylus avellana</i>)	světlé lesy, křoviny	líška obecná (<i>Corylus avellana</i>)
<i>Euonymus europaeus</i>					1			brslen evropský (<i>Euonymus europaeus</i>)	křoviny	
<i>Fagus sylvatica</i>	2	1		1	2			buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)	stinné lesy	buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)
<i>Frangula alnus</i>	1							krušina olšová (<i>Frangula alnus</i>)	křoviny, okraje toků	
<i>Fraxinus excelsior</i>				2				jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	suťové lesy, luhy	jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)
<i>Picea abies</i>	4	3	1	2	4		1	smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)	stinné lesy	smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)
<i>Pinus sylvestris</i>	28	63	54	39	19	8	24	borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	světlé lesy, skály, paseky	borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)
<i>Prunus typ</i>	2	2	6	3		7	1	dřeviny čeledi růžovité (Rosaceae) - např. trnka obecná (<i>Prunus spinosa</i>), plané i pěstované ovocné stromy - jablň (<i>Malus</i>), hrušeň (<i>Pyrus</i>) a třešeň (<i>Cerasus</i>)	křoviny, sady	trnka obecná (<i>Prunus spinosa</i>), jablň pěstovaná (<i>Malus domestica</i>), třešeň ptačí (<i>Cerasus avium</i>), višně obecná (<i>C. vulgaris</i>), slíva pravá (<i>Prunus domestica</i>)
<i>Quercus</i>	4	9	6	2	9	6	4	dub letní (<i>Quercus robur</i>) a d. zimní (<i>Q. petraea</i>)	doubravy a dubohabřiny	dub (<i>Quercus sp.</i>)
<i>Rosa</i>				1	1		1	růže (<i>Rosa</i>)	křoviny	růže (<i>Rosa sp.</i>)
<i>Rubus</i>		5		2	1	3		rod ostružiník (<i>Rubus</i>) kromě druhu o. moruška (<i>R. chamaemorus</i>)	křoviny	ostružiník ježiník (<i>Rubus caesius</i>), o. křovitý (<i>R. fruticosus</i>), o. maliník (<i>R. idaeus</i>)
<i>Salix</i>	14*	3	7	7	20	39	18	vrba (<i>Salix</i>)	okraje toků, křoviny	vrba (<i>Salix sp.</i>)
<i>Sambucus nigra/S. racemosa</i>	1	4	1	4	3	4	2	bez černý (<i>Sambucus nigra</i>), b. červený (<i>S. racemosa</i>)	křoviny/suťové lesy	bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)

<i>Sorbus</i> typ						1		jeřáb muk (<i>Sorbus aria</i>), j. ptačí (<i>S. aucuparia</i>) a hloh (<i>Crataegus</i>)	křoviny, světlé lesy	jeřáb (<i>Sorbus</i> sp.)
<i>Tilia</i>	8	2	4	2	8	15	5	lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>) a l. velkolistá (<i>T. platyphyllos</i>)	suťové a světlé lesy	lípa (<i>Tilia</i> sp.)
<i>Ulmus</i>	2			1				jilm vaz (<i>Ulmus laevis</i>), j. habrolistý (<i>U. minor</i>), j. drsný (<i>U. glabra</i>)	suťové lesy, luhy	
<i>Viburnum opulus</i>							1	kalina obecná (<i>Viburnum opulus</i>)	okraje toků, vlhké křoviny	
byliny										
<i>Aconitum</i>							1	např. oměj jedhoj (<i>A. anthora</i>), o. vlčí mor (<i>A. lycoctomum</i>)	suťové a světlé lesy, křoviny	
<i>Adonis aestivalis/A.flammea</i>	1	1	3	1	1	1	1	hlaváček plamenný (<i>Adonis flammea</i>) a h. letní (<i>A. aestivalis</i>)	pole, úhory	hlaváček letní (<i>Adonis aestivalis</i>)
<i>Agrimonia eupatoria</i>			1					řepík lékařský (<i>Agrimonia eupatoria</i>)	suché louky	řepík lékařský (<i>Agrimonia eupatoria</i>)
<i>Alchemilla</i>							2	např. kontryhel třpytivý (<i>Alchemilla micans</i>), k. ostrolaločný (<i>A. vulgaris</i>), k. pastvinný (<i>A. monticola</i>)	okolí cest, pastviny, narušované trávníky, příkopy	
<i>Anchusa/Pulmonaria</i>	1	3		1			2	rod pilát (<i>Anchusa</i>) a plicník (<i>Pulmonaria</i>)	pole, úhory/světlé lesy	
<i>Anthericum</i>		4			1	2		běložárka liliovitá (<i>Anthericum liliago</i>) a b. větevnatá (<i>A. ramosum</i>)	suché louky, výslunné stráně	
Apiaceae	27	20	20*	20	36	155	33	blíže neurčené druhy čeledi miříkovité (Apiaceae)	pole, úhory, rumiště (MA)	tetlucha kozí pysk (<i>Aethusa cynapium</i>), bolehlav plamatý (<i>Conium maculatum</i>)
<i>Artemisia</i>	61	24	25	21	26	7	57*	např. pelyněk černobýl (<i>A. vulgaris</i>)	rumiště	
<i>Aster</i> typ	12	6	6	9	6	5	8	např. rod astra (<i>Aster</i>), sedmikráska (<i>Bellis</i>), dvouzubec (<i>Bidens</i>), turan (<i>Erigeron</i>), protěž (<i>Gnaphalium</i>), oman (<i>Inula</i>), devětsil (<i>Petasites</i>), starček (<i>Senecio</i>), zlatobýl (<i>Solidago</i>), podběl (<i>Tussilago</i>)	suché stráně, okolí cest, úhory (MA)	protěž lesní (<i>Gnaphalium sylvaticum</i>), bělolist polní (<i>Filago arvensis</i>)
Asteraceae-Fenestratae	20	20	15	23	11	10	12	např. rod čekanka (<i>Cichorium</i>), locika (<i>Lactuca</i>), mléčka (<i>Mycelis</i>), mléč (<i>Sonchus</i>), škarda (<i>Crepis</i>), jestřábník (<i>Hieracium</i>), prasetník (<i>Hypochaeris</i>), kapustka (<i>Lapsana</i>), máchelka (<i>Leontodon</i>), hořčík (<i>Picris</i>), pampeliška (<i>Taraxacum</i>), kozí brada (<i>Tragopogon</i>)	rumiště (MA)	mléč drsný (<i>Sonchus asper</i>), kapustka obecná (<i>Lapsana communis</i>)
<i>Astragalus</i> typ				1			1	rod kozinec (<i>Astragalus</i>), vlnice (<i>Oxytropis</i>), komonice (<i>Melilotus</i>) a jehlice (<i>Ononis</i>)	rumiště (MA)	komonice (<i>Melilotus</i> sp.)

Brassicaceae	44	27	14	12	25	10	10	všechny druhy čeledi brukvovité (Brassicaceae)	pole, úhory, rumiště (MA)	hořčice rolní (<i>Sinapis arvensis</i>), šedivka šedivá (<i>Berteroa incana</i>), kokoška pastuší tobolka (<i>Capsella bursa-pastoris</i>), penizek rolní (<i>Thlaspi arvense</i>), barborka obecná (<i>Barbarea vulgaris</i>), řechyčka chlumní (<i>Lepidium campestre</i>), řepinka latnatá (<i>Neslia paniculata</i>), lnička drobnoplodá (<i>Camelina microcarpa</i>), ředkev ohnice (<i>Raphanus raphanistrum</i>)
<i>Bupleurum falcatum</i> typ							2	prorostlík srpovitý (<i>Bupleurum falcatum</i>), p. dlouholistý (<i>B. longifolium</i>), p. okrouhlostý (<i>B. rotundifolium</i>)	pole, vinice, úhory (MA)	prorostlík okrouhlostý (<i>Bupleurum rotundifolium</i>)
<i>Calluna vulgaris</i>			1		1	9	5	vřes obecný (<i>Calluna vulgaris</i>)	pastviny, světlé lesy, skály	
<i>Caltha</i>					2			blatouch bahenní (<i>Caltha palustris</i>)	okraje toků	
<i>Campanula/Phyteuma</i>	2			1	2	1		rod zvonek (<i>Campanula</i>) a zvonečník (<i>Phyteuma</i>)	louky, rumiště/nivy	
<i>Cannabis sativa</i>	2	8	7	11	6	4	6	konopě setá (<i>Cannabis sativa</i>)	pole	konopě setá (<i>Cannabis sativa</i>)
<i>Carduus</i>	2							např. bodlák obecný (<i>Carduus acanthoides</i>), b. kadeřavý (<i>C. crispus</i>)	rumiště, pastviny	bodlák obecný (<i>Carduus acanthoides</i>)
<i>Carum carvi</i>	1							kmin kořený (<i>Carum carvi</i>)	louky, pastviny	
<i>Centaurea cyanus</i>			2					chrpa modrák (<i>Centaurea cyanus</i>)	pole - hlavně žitná	chrpa modrák (<i>Centaurea cyanus</i>)
<i>Centaurea jacea/C. stoebe</i>	12	9	3	9	22	77	3	chrpa luční (<i>Centaurea jacea</i>) a ch. latnatá (<i>Centaurea stoebe</i>)	louky, lada, paseky/výslunné stráně	
<i>Centaurea scabiosa</i>	2	2			4	6		chrpa čekánek (<i>Centaurea scabiosa</i>)	sušší louky a stráně	
<i>Cerastium</i>	2	1	2				1	např. rožec obecný luční (<i>Cerastium holosteoides</i>), r. rolní (<i>C. arvense</i>), r. klubkatý (<i>C. glomeratum</i>)	louky, pastviny, úhory, trávníky	rožec (<i>Cerastium</i> sp.)
<i>Cerealía</i>	149	127	66	83	96	62	108	pšenice (<i>Triticum</i>), oves (<i>Avena sativa</i>), proso seté (<i>Panicum miliaceum</i>), ječmen (<i>Hordeum</i>)- ječmen se může velikostně překrývat s některými druhy divokých trav jako např. zblochan (<i>Glyceria</i>)	pole	oves setý (<i>Avena sativa</i>), oves (<i>Avena</i> sp.), pšenice obecná (<i>Triticum aestivum</i>), proso seté (<i>Panicum miliaceum</i>), ječmen obecný (<i>Hordeum vulgare</i>),
<i>Cerinthé minor</i>	1	5	1	4	1		10	voskovka menší (<i>Cerinthé minor</i>)	pole, úhory, křoviny	voskovka menší (<i>Cerinthé minor</i>)
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	4	2		1				krabilice chlupatá (<i>Chaerophyllum hirsutum</i>)	vlhké louky	krabilice (<i>Chaerophyllum</i> sp.)
<i>Chelidonium majus</i>							1	vlaštovičník větší (<i>Chelidonium majus</i>)	rumiště	

Chenopodiaceae	34	36	28	34	21*	9	17	rod merlík (<i>Chenopodium</i>), lebeda (<i>Atriplex</i>), řepa (<i>Beta</i>), bytel (<i>Kochia</i>)	pole, úhory, rumiště	merlík bílý (<i>Chenopodium album</i>), m. fíkolistý (<i>Ch. ficifolium</i>), m. zvrhlý (<i>Ch. hybridum</i>), m. mnohosemenný (<i>Ch. polyspermum</i>), lebeda rozkladitá (<i>Atriplex patula</i>), l. rozprostřená (<i>A. prostrata</i>)
<i>Cirsium</i>	5		5	4	5	9	2	např. pcháč oset (<i>Cirsium arvense</i>), p. bahenní (<i>C. palustre</i>), p. zelinný (<i>C. oleraceum</i>)	pole, úhory, rumiště, příkopy, vlhké louky	pcháč (<i>Cirsium</i> sp.)
<i>Consolida regalis</i>							3	ostrožka stračka (<i>Consolida regalis</i>)	pole, úhory	
<i>Convolvulus arvensis</i>	5	3					1	svlačec rolní (<i>Convolvulus arvensis</i>)	pole, úhory, okraje cest	
<i>Cuscuta</i>	1	1		1	1	1		kokotice evropská (<i>C. europaea</i>), k. povázka (<i>C. epithimum</i>) a k. hubilen (<i>C. epilinum</i>)	parazit - louky, pole, rumiště	
Cyperaceae		2	2	1	4		1	např. rod ostřice (<i>Carex</i>), skřípina (<i>Scirpus</i>), kamyšník (<i>Bulboschoenus</i>), skřípinec (<i>Schoenoplectus</i>), bahnička (<i>Eleocharis</i>)	křoviny, meze, příkopy, vlhká pustá místa (MA)	ostřice srstnatá (<i>Carex hirta</i>), o. Otrubova (<i>C. otrubae</i>), o. bledavá (<i>C. pallescens</i>), o. kulkonosná (<i>C. pilulifera</i>), o. lesní (<i>C. sylvatica</i>), ostřice (<i>Carex</i> sp.), skřípina lesní (<i>Scirpus sylvaticus</i>), skřípinec Tabernaemontanův (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>)
<i>Daucus carota</i>	6		1				1	mrkev obecná (<i>Daucus carota</i>)	louky, rumiště	mrkev obecná (<i>Daucus carota</i>)
<i>Echium vulgare</i>		2		1	1			hadinec obecný (<i>Echium vulgare</i>)	pastviny, suché stráně	
<i>Epilobium angustifolium</i>	1	1			5	2		vrbka úzkolistá (<i>Epilobium angustifolium</i>)	paseky, rumiště	
<i>Eryngium campestre</i>							2	máčka ladní (<i>Eryngium campestre</i>)	pastviny, suché stráně	
<i>Falcaria</i> typ		1					2	kopr vonný (<i>Anethum graveolens</i>), tořice (<i>Torilis</i>) a srpek obecný (<i>Falcaria vulgaris</i>)	suché stráně, okraje cest	srpek obecný (<i>Falcaria vulgaris</i>), kopr vonný (<i>Anethum graveolens</i>)
<i>Fallopia convolvulus/F. dumetorum</i>		3					6	opletka obecná (<i>F. convolvulus</i>) a o. křovištní (<i>F. dumetorum</i>)	pole, úhory, rumiště/vlhké křoviny	opletka obecná (<i>F. convolvulus</i>)
<i>Filipendula ulmaria/F. vulgaris</i>	18	9	5	14	29	35	14	tužebník jilmový (<i>Filipendula ulmaria</i>) a t. obecný (<i>F. vulgaris</i>)	vlhké louky a příkopy/suché stráně	

<i>Galeopsis-Ballota</i> typ			2	7	4	5	8	rod zběhovec (<i>Ajuga</i>), bukvice (<i>Betonica</i>), konopice (<i>Galeopsis</i>), hluchavka (<i>Lamium</i>), buřina (<i>Leonurus</i>), šišák (<i>Scutellaria</i>), čistec (<i>Stachys</i>)	louky, křoviny, rumišť, pole, úhory (MA)	zběhovec ženevský (<i>Ajuga genevensis</i>), z. plazivý (<i>A. reptans</i>), hluchavka nachová (<i>Lamium purpureum</i>), h. skvrnitá (<i>L. maculatum</i>), čistec roční (<i>Stachys annua</i>), č. přímý (<i>S. recta</i>), konopice rolní (<i>Galeopsis tetrahit</i>), k. úzkolistá (<i>G. angustifolia</i>), k. šírolistá (<i>G. ladanum</i>)
<i>Genista</i> typ						2	1	rod kručinka (<i>Genista</i>), čilimník (<i>Chamaecytisus</i>) a janovec (<i>Cytisus</i>)	suché stráně, meze, pastviny, okraje doubrav	
<i>Gentianella</i>		1						např. hořeček brvitý (<i>Gentianopsis ciliata</i>)	pastviny	
<i>Geum urbanum/G. rivale</i>			1	1	1			kuklík městský (<i>Geum urbanum</i>) a kuklík říční (<i>G. rivale</i>)	rumišť/vlhké louky	
Gramineae	92	73 *	93 *	71 *	84 *	59	114 *	tzv. divoké trávy	louky, rumišť, pole, úhory	bér sivý (<i>Setaria glauca</i>), ježatka kuří noha (<i>Echinochloa crus-galli</i>), obecně lipnicovité (Poaceae)
<i>Hedera helix</i>	2	1			3	1	1	břečťan popínavý (<i>Hedera helix</i>)	stinné lesy, zdi	
<i>Helianthemum</i>		2		3	4	10		pravděpodobně devaterník velkokvětý (<i>Helianthemum grandiflorum</i>)	výslunné stráně	
<i>Heracleum sphondylium</i>						2	1	bolševník obecný (<i>Heracleum sphondylium</i>)	vlhké louky	bolševník obecný (<i>Heracleum sphondylium</i>)
<i>Humulus lupulus</i>		3	3	1				chmel otáčivý (<i>Humulus lupulus</i>)	okolí toků, vlhké křoviny	chmel otáčivý (<i>Humulus lupulus</i>)
<i>Hypericum</i>	26	11	11	11	24	19	22	např. třezalka tečkovaná (<i>Hypericum perforatum</i>)	výslunné stráně, sušší louky	třezalka tečkovaná (<i>Hypericum perforatum</i>)
<i>Impatiens noli-tangere</i>					1	2		netýkavka nedůtklivá (<i>Impatiens noli-tangere</i>)	lesní prameniště, suťové lesy	
<i>Knautia</i>					1			např. chrastavec rolní (<i>Knautia arvensis</i>), ch. lesní (<i>K. dipsacifolia</i>)	louky, lesní lemy	
<i>Linaria</i>							1	např. Inice květél (<i>Linaria vulgaris</i>), l. rolní (<i>L. arvensis</i>)	pole, úhory, okolí cest	Inice květél (<i>Linaria vulgaris</i>)
<i>Listera ovata</i>						1		bradáček vejčitý (<i>Listera ovata</i>)	křoviny, světlé lesy	
<i>Lotus corniculatus</i>	2	1				3	2	štitovník růžkatý (<i>Lotus corniculatus</i>)	sušší louky	
<i>Matricaria</i> typ	6	3	3	6	10	11	9	např. rod řebříček (<i>Achillea</i>), rmen (<i>Anthemis</i>), kopretina (<i>Leucanthemum</i>), heřmánek (<i>Matricaria</i>), vratič (<i>Tanacetum</i>), heřmánkovec (<i>Tripleurospermum</i>)	louky, pole, úhory, meze, okolí cest	řebříček obecný (<i>Achillea millefolium</i>), rmen rolní (<i>Anthemis arvensis</i>), rmen barvířský (<i>Anthemis tinctoria</i>), kopretina bílá (<i>Leucanthemum vulgare</i>)
<i>Medicago falcata/M. prostrata</i>						1		tolice srpovitá (<i>Medicago falcata</i>) a t. rozprostřená (<i>M. prostrata</i>)	výslunné stráně	

<i>Melampyrum</i>	4	1	4		11	9	2	např. černýš rolní (<i>Melampyrum arvense</i>), č. hajní (<i>M. nemorosum</i>), č. luční (<i>M. pratense</i>)	pole, úhory, výslunné stráně, dubohabřiny		
<i>Mentha</i> typ	18	8	13	10	24	24	24	rod marulka (<i>Acinos</i>), klinopád (<i>Clinopodium</i>), karbinec (<i>Lycopus</i>), máta (<i>Mentha</i>), dobromysl (<i>Origanum</i>), mateřídouška (<i>Thymus</i>)	úhory, náspy, suché stráně, okolí toků, příkopy	máta dlouholistá (<i>Mentha longifolia</i>), máta rolní (<i>Mentha arvensis</i>) , karbinec evropský (<i>Lycopus europaeus</i>), mateřídouška (<i>Thymus</i> sp.)	
<i>Nigella arvensis</i>					1	13		černucha rolní (<i>Nigella arvensis</i>)	pole, úhory		
<i>Odontites</i> typ	1	9	9		5	10	6	zdravínek (<i>Odontites</i>) a možná některé druhy typu <i>Rhinanthus</i> a <i>Veronica</i>	výslunné stráně, okolí cest		
<i>Papaver rhoeas</i> typ	4	5				3		mák pochybný (<i>Papaver dubium</i>), m. vlčí (<i>P. rhoeas</i>), m. setý (<i>P. somniferum</i>)	pole, úhory, náspy	mák pochybný (<i>Papaver dubium</i>) , m. vlčí (<i>P. rhoeas</i>) , m. setý (<i>P. somniferum</i>)	
<i>Persicaria maculosa</i> typ			1					rdesno červinec (<i>Persicaria maculosa</i>), r. blešník (<i>P. lapathifolia</i>), r. menší (<i>P. minor</i>), r. pepřík (<i>P. hydropiper</i>)	vlhká rumiště, příkopy, okolí cest	rdesno blešník (<i>P. lapathifolia</i>)	
<i>Plantago lanceolata</i>	8	9	9	10	27	5	15	jitrocel kopinatý (<i>Plantago lanceolata</i>)	pastviny, okolí cest		
<i>Plantago major</i>			1			4		jitrocel větší (<i>Plantago major</i>)	pastviny, okolí cest		
<i>Plantago media</i>	3	1	1				2	jitrocel prostřední (<i>Plantago media</i>)	pastviny, okolí cest		
<i>Polygonum aviculare</i>	12	4	6	9	7	3	6	truskavec ptačí (<i>Polygonum aviculare</i>)	sešlapávané plochy	truskavec ptačí (<i>Polygonum aviculare</i>)	
<i>Potentilla/Fragaria</i>			8	3	2	5	10	rod mochna (<i>Potentilla</i>) a jahodník (<i>Fragaria</i>)	vlhká rumiště/suché stráně, pastviny, paseky(MA)	jahodník obecný (<i>Fragaria vesca</i>) , mochna poléhavá/stříbrná (<i>Potentilla supina/argentea</i>)	
<i>Pulsatilla</i>	2	4	1	2			4	1	např. koniklec luční (<i>Pulsatilla pratensis</i>)	suché stráně	
<i>Ranunculus acris</i> typ	3					2	1	1	např. pryskyřník prudký (<i>Ranunculus acris</i>), p. hlíznatý (<i>R. bulbosus</i>), p. plazivý (<i>R. repens</i>)	vlhké louky a rumiště (MA)	pryskyřník prudký (<i>Ranunculus acris</i>) , p. plazivý (<i>R. repens</i>) , pryskyřník (<i>R.sp.</i>)
<i>Ranunculus sceleratus</i> typ						3	7	1 *	např. pryskyřník lýtý (<i>R. sceleratus</i>), plamének (<i>Clematis</i>)	vlhká rumiště (MA)	pryskyřník lýtý (<i>Ranunculus sceleratus</i>), pryskyřník (<i>R.sp.</i>)
<i>Reseda</i>					1			33	rýt žlutý (<i>Reseda lutea</i>) a r. barviřský (<i>R. luteola</i>)	úhory, náspy, suché stráně	rýt žlutý (<i>Reseda lutea</i>) a rýt barviřský (<i>R. luteola</i>)
<i>Rhinanthus</i> typ	6	10	1	3	2	16	6	rody kokrhel (<i>Rhinanthus</i>), světlík (<i>Euphrasia</i>) a pravděpodobně některé druhy typu <i>Veronica</i> a <i>Odontites</i>	louky, pastviny, meze		
Rubiaceae	1				1	1		2	rody svízelka (<i>Cruciata</i>), mařinka (<i>Asperula</i>), svízel (<i>Galium</i>)	vlhká rumiště, pole, úhory, suché stráně, louky (MA)	svízel přítula (<i>Galium aparine</i>) , s. pochybný (<i>G. spurium</i>) , s. syřišťový (<i>G. verum</i>) , s. povázka (<i>G. mollugo</i>)

<i>Rumex acetosa</i> typ	3	1	1	1	7	3	4	např. šťovík kyselý (<i>Rumex acetosa</i>), š. menší (<i>R. acetosella</i>), š. tupolistý (<i>R. obtusifolius</i>), š. klubkatý (<i>R. conglomeratus</i>), š. kadeřavý (<i>R. crispus</i>)	úhory, suché stráně, pastviny, vlhká rumišťe	šťovík menší (<i>Rumex acetosella</i>), š. kadeřavý (<i>R. crispus</i>), š. tupolistý (<i>R. obtusifolius</i>),
<i>Rumex aquaticus</i> typ		1						např. šťovík vodní (<i>Rumex aquaticus</i>), š. koňský (<i>R. hydrolapathum</i>), š. dlouholistý (<i>R. longifolius</i>)	okolí toků, vlhká rumišťe	
<i>Sanquisorba minor</i>							1	krvavec menší (<i>Sanquisorba minor</i>)	výslunné stráně	
<i>Scabiosa</i>					1	1		např. hlaváč šedavý (<i>Scabiosa canescens</i>), h. žlutavý (<i>S. ochroleuca</i>), h. fialový (<i>S. columbaria</i>)	sušší louky, výslunné stráně	
<i>Scrophularia/Verbascum</i>	2	4	2	3	1		1	rody krtičník (<i>Scrophularia</i>) a divizna (<i>Verbascum</i>)	okolí toků/suché stráně	
<i>Secale cereale</i>	3	1			18	2	3	žito seté (<i>Secale cereale</i>)	pole	žito seté (<i>Secale cereale</i>)
<i>Sedum</i>	1						1	např. rozchodník bílý (<i>Sedum album</i>), r. skalní (<i>S. reflexum</i>), r. ostrý (<i>S. acre</i>), r. šestiřadý (<i>S. sexangulare</i>)	suché kamenité stráně, náspy, skály	
<i>Silene</i>	2	3	2			1		např. silenka ušnice (<i>Silene otites</i>), s. nadmutá (<i>S. vulgaris</i>), s. nicí (<i>S. nutans</i>)	suché louky a stráně	silenka nadmutá (<i>Silene vulgaris</i>), silenka (<i>Silene</i> sp.)
<i>Solanum dulcamara</i>					1		3	lilek potměchut' (<i>Solanum dulcamara</i>)	okolí toků	
<i>Solanum nigrum</i>	4	2			3	1	1	lilek černý (<i>Solanum nigrum</i>)	skládky, komposty	lilek černý (<i>Solanum nigrum</i>)
<i>Spergula arvensis</i>							1	kolnec rolní (<i>Spergula arvensis</i>)	pole, úhory	
<i>Succisa pratensis</i>				1				čertkus luční (<i>Succisa pratensis</i>)	vlhké louky	
<i>Thalictrum</i>	1			1	2		5	např. žluťucha smrdutá (<i>Thalictrum foetidum</i>), ž. lesklá (<i>T. lucidum</i>), ž. žlutá (<i>T. flavum</i>)	vlhké louky(MA)	žluťucha žlutá (<i>Thalictrum flavum</i>)
<i>Trifolium pratense</i> typ	1		2		6	7	4	např. jetel luční (<i>Trifolium pratense</i>), j. prostřední (<i>T. medium</i>)	louky, pastviny, meze	
<i>Trifolium repens</i> typ	2		5		10	9	8 *	např. jetel plazivý (<i>Trifolium repens</i>), j. rolní (<i>T. arvense</i>), j. ladní (<i>T. campestre</i>), j. pochybný (<i>T. dubium</i>)	pastviny, suché stráně, meze, okraje cest	
<i>Urtica</i>	5 *	31	11	30	8	3	11	kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>) a k. žahavka (<i>U. urens</i>)	vlhká rumišťe, skládky, komposty	kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>) a k. žahavka (<i>U. urens</i>)
<i>Valeriana officinalis</i>	2			4	2	2		kozlík lékařský (<i>Valeriana officinalis</i>)	vlhké příkopy, okolí toků	kozlík lékařský (<i>Valeriana officinalis</i>)
<i>Valerianella</i>							15	např. kozlíček polníček (<i>Valerianella locusta</i>) a k. zubatý (<i>V. dentata</i>)	pole, suché meze	kozlíček zubatý (<i>Valerianella dentata</i>)
<i>Veronica</i> typ	10	7	11	12	13	28	11	rod rozrazil (<i>Veronica</i>), hluchavka bílá (<i>Lamium album</i>) a možná některé druhy typu <i>Rhinanthus</i> a <i>Odontites</i>	výslunné stráně, rumišťe, úhory, okolí cest	rozrazil klasnatý (<i>Veronica spicata</i>), rozrazil (<i>Veronica</i> sp.), hluchavka bílá (<i>Lamium album</i>)
<i>Vicia</i> typ	5	5	5	2	3	4	2	rod vikev (<i>Vicia</i>), hrachor (<i>Lathyrus</i>) a čočka (<i>Lens</i>)	pole, úhory, louky, pastviny	vikev čtyřsemenná (<i>Vicia tetrasperma</i>), v. setá (<i>V. sativa</i>), čočka jedlá (<i>Lens esculenta</i>)
<i>Xanthium strumarium</i>	1	3		1			1	řepěň durkoman (<i>Xanthium strumarium</i>)	okraje cest, náspy, rumišťe	řepěň durkoman (<i>Xanthium strumarium</i>)

neurčené	20	10	19	12	15	23	15		
nepylové objekty									
<i>Thecaphora</i>		1	1	3				houba, parazitující často na rostlinách čeledi bobovité (Fabaceae)	
<i>Ascaris</i>							1	škrkavka - střešní parazit	
<i>Trichuris trichiura</i>	1				1	2	4	tenkohlavec bičíkový - střešní parazit prasete a člověka	
monoletní spora	2	1	1		1		2	spory blíže neurčených kapradin	stinné lesy
triletní spora	2							spory mechů	
celkem objektů	741	601	422	487	620	871	505		

Prameny a literatura

Beneš, J. – Kaštovský, J. – Kočárová, R. – Kočár, P. – Kubečková, K. – Pokorný, P. – Starec, P. 2002: Archaeobotany of the Old Prague Town defence system, Czech Republic: archaeology, macro-remains, pollen, and diatoms. *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 107–119.

Beug, H. J. 2004: Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. München.

Boháčová, I. 1998a: K problematice dispozice a komunikačního systému Pražského hradu v raném středověku. *Archaeologia historica* 23, 9–19.

— 1998b: rec. J. Frolík – Z. Smetánka: Archeologie na Pražském hradě. *Archeologické rozhledy* 50, 291–293.

— 1998c: K problematice výpovědi stratigrafického vývoje Pražského hradu. *Archeologické rozhledy* 50, 672–688.

— 1999: Archeologický areál pod III. nádvořím Pražského hradu. Poznámky k jeho významu a vypovídací hodnotě v kontextu studia raně středověkého hradu Praha. *Archeologické rozhledy* 51, 692–714.

— 2001: Pražský hrad a jeho nejstarší fortifikační systémy. In: *Mediaevalia archaeologica* 3, Pražský hrad a Malá Strana. Praha, 179–301.

— 2008: The archaeology of the dawn of Prague. In: I. Boháčová – L. Poláček Hrsg., *Burg – Vorburg – Suburbium. Zur Problematik der Nebenareale frühmittelalterlicher Zentren. Internationale Tagungen in Mikulčice* 7, Brno, 103–119.

Boháčová, I. ed. 1998: Archeologický areál III. nádvoří Pražského hradu. Průvodce problematikou a archeologickými prameny. Dep. in: archiv ARÚ AV ČR Praha a Archiv Pražského hradu, Praha, č. j. 6540/98.

Borkovský, I. 1949: O počátcích pražského hradu a o nejstarším kostele v Praze. Praha.

— 1969: Pražský hrad v době přemyslovských knížat. Praha.

Čulíková, V. 1998a: Rostlinné makrozbytky z raně středověkých sedimentů na III. nádvoří Pražského hradu. *Archaeologica Pragensia* 14, 329–341.

— 1998b: Záznam expertního posouzení IV/4. In: Boháčová ed. 1998.

— 2001: Rostlinné makrozbytky z pěti středověkých lokalit při obvodu centrální části Pražského hradu. In: *Mediaevalia archaeologica* 3, Pražský hrad a Malá Strana. Praha, 303–327.

Dvorská, J. – Boháčová, I. 1999: Das historische Holz im Kontext der archäologischen Untersuchungen der Prager Burg. In: L. Poláček – J. Dvorská Hrsg., *Probleme der*

mitteleuropäischen Dendrochronologie und naturwissenschaftliche Beiträge zur Talaue der March. Internationale Tagungen in Mikulčice 5, Brno, 55–67.

Ellenberg, H. 1988: *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge University Press.

Frolík, J. – Smetánka, Z. 1997: *Archeologie na Pražském hradě*. Praha.

Gardner, A. R. – Willis, K. 1999: Prehistoric farming and the postglacial expansion of beech and hornbeam: a comment on Küster. *The Holocene* 9, 119–122.

Greig, J. 1982: The interpretation of pollen spectra from urban archeological deposits. In: A. R. Hall – H. K. Kenward eds., *Environmental archaeology in the urban context*. Council for British Archaeology. Research report 43, London, 47–65.

Guth, K. 1934: Praha, Budeč a Boleslav. In: *Svatováclavský sborník I*, Praha, 686–818.

Herichová, I. 1996: Rekonstrukce původního reliéfu jižního svahu v centrální části Pražského hradu. *Archaeologica Pragensia* 12, 339–345.

Jankovská, V. 1987: Netradiční interpretace pylových spekter ze středověké Prahy. *Archeologické rozhledy* 39, 475–480.

— 1991: Pyloanalytické výsledky z výzkumu středověké Prahy, Týnský dvůr. *Archaeologica Pragensia* 11, 311–319.

— 1997: Výsledky pylových analýz z lokality Praha 1–Malá Strana, Tržiště 259/III. In: *Život v archeologii středověku*, Praha, 299–308.

— 1998: Mostecká cesta, Praha 1 – Malá Strana: interpretace pyloanalytického výzkumu. Závěrečná zpráva. Dep. in: archiv NPÚ – ú. o. p. hl. m. Prahy.

Kaplan, M. 1998a: Druhové určení pro objekty „in situ“. In: Boháčová ed. 1998, II.

— 1998b: Protokol odběru vzorků; Záznam expertního posouzení IV/2. In: Boháčová ed. 1998.

Karg, S. 1995: Plant diversity in late medieval cornfields of northern Switzerland. *Vegetation History and Archaeobotany* 4, 41–50.

Kozáková, R. – Boháčová, I. 2006: Zpráva o pylové analýze – Pražský hrad, Severní trakt, tzv. lakovna (odborný posudek). Dep. in: archiv ARÚ AV ČR, Praha, č. j. 730/08.

Kozáková, R. – Pokorný, P. 2007: Dynamics of the biotopes at the edge of a medieval town: pollen analysis of Vltava river sediments in Prague, Czech Republic. *Preslia* 79, 259–281.

Kubát, K. ed. 2002: *Klíč ke květeně České republiky*. Praha.

Küster, H. 1997: The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. *The Holocene* 7, 239–242.

- Lityńska-Zajac, M. – Wasylkowa, K. 2005: Przewodnik do badań archeobotanicznych. Poznań.
- Málek, J. 1980: Odumírání jedle v 18. a 19. století. Lesnická práce 59, 78–80.
- Moore, P. D. – Webb, J. A. – Collinson, M. E. 1991: Pollen analysis. Second edition. Oxford.
- Moravec, J. – Neuhäusl, R. a kol. 1991: Přirozená vegetace území hlavního města Prahy a její rekonstrukční mapa. Praha.
- Neuhäuslová, Z. a kol. 1998: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Textová část. Praha.
- Pokorný, P. 2000: Pylová analýza středověkého komunikačního horizontu z Prahy – Uhelného trhu. *Archaeologica Pragensia* 15, 141–146.
- 2003: Rynholec: Nová sonda do postglaciálního vývoje vegetace na severním pomezí Křivoklátska. In: J. Kolbek et al., *Vegetace chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko 3. Společenstva lesů, křovin, pramenišť, balvanišť a acidofilních lemů*, Praha, 11–18.
- Pokorný, P. – Mařík, J. 2006: Nález zbytku medem slazené potraviny ve výbavě raně středověkého hrobu na nekropoli v Libici nad Cidlinou – Kaníně. *Zhodnocení nálezů z hlediska rekonstrukce krajiny a vegetace. Archeologické rozhledy* 58, 559–569.
- Punt, W. 1980: *The Northwest European Pollen Flora 37. Umbelliferae*. Utrecht.
- Ralska-Jasiewiczova, M. et al. 2004: Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps. Kraków.
- Reille, M. 1992: *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille.
- Rösch, M. 1998: The history of crops and crop weeds in south-western Germany from the Neolithic period to modern times, as shown by archaeobotanical evidence. *Vegetation History and Archaeobotany* 7, 109–125.
- Sádlo, J. 2001: Artefakt i divočina: o petřínské vegetaci. In: J. Zavřel a kol., *Pražský vrch Petřín*, Praha, 34–57.
- Sádlo, J. – Matoušek, V. 2007: Aktuální vegetace jako předmět historických a archeologických interpretací. In: J. Beneš – P. Pokorný edd., *Bioarcheologie v České republice*, České Budějovice – Praha, v tisku.
- Sádlo, J. – Pokorný, P. 2003: Vegetace Křivoklátska ve světle historicko-ekologických dat. In: J. Kolbek et al., *Vegetace chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko 3. Společenstva lesů, křovin, pramenišť, balvanišť a acidofilních lemů*, Praha, 327–333.
- Sádlo, J. – Pokorný, P. – Hájek, M. – Dreslerová, D. – Cílek, V. 2005: *Krajina a revoluce*. Praha.

Sugita, S. – Gaillard, M. J. – Broström, A. 1999: Landscape openness and pollen records: a simulation approach *The Holocene* 9, 409–421.

Volařík D. 2006: Přirozené lesní porosty s jedlí v CHKO Bílé Karpaty. In: Sborník z konference Venkovská krajina 2006, Brno, 211–214.

Vuorela, I. – Lempiäinen, T. 1997: Palynology and palaeobotany of cultural layer in the centre of Helsinki. *Annales Botanici Fennici* 34, 1–13.

Zavřel, J. 1998: Záznam expertního posouzení IV/3. In: Boháčová ed. 1998. Archeologické rozhledy LX–2008 563

Summary

The pollen analysis of early medieval sediments from the southern ravine at Prague Castle was performed on the basis of the unfinished processing of samples taken in 1998 at the location of today's Third courtyard. The samples were taken as part of a project (Boháčová 1999) aimed at the long-term preservation of an archaeological site from the 1920s. The results are confronted with both the existing archaeological context as well as an analysis of plant macroremains and pieces of wood removed at the same time (Čulíková 1998a; Kaplan 1998b). The processed samples are from cultural layers laid down some time around the last third of the 9th and first half of the 10th centuries; these were created in the, by then, already settled area of the partially filled-in gorge whose mouth was in the centre of the Přemyslid castle on the southern slopes of Hradčany. A wood-and-clay ramparts established lower on the slope probably supported deposition of sediments. The strata are located in close proximity to the settlement stratigraphy containing the remains of wooden structures in repeated superpositions. The analysed material was acquired from the walls of the terrain blocks during documentation and sampling of the stratigraphy, as well by manually driving a drill (6 cm in diameter) into the otherwise inaccessible lower layers of the strata. Macroremains were also acquired from layers below the above described cultural deposits; an analysis showed a strongly anthropogenic range of species in almost the entire GS 5 bore (Čulíková 1998a; fig. 4). Samples for pollen analysis in this lower part of the bore were not preserved (Kaplan 1998b). The pollen spectrum in the individual samples does not show any change in vegetation over the course of the studied period (fig. 7, 8). The layers must have arisen under analogous vegetation conditions at the location. The pollen spectrum from the early medieval cultural layers contains rather marginal ratio of arboreal pollen. The most common traces are those of Scots pine (*Pinus sylvestris*), that was becoming more numerous in the Middle Ages. Also fir (*Abies*) was spreading in cultural landscape (*Abies*; Pokorný 2003; Sádlo – Pokorný 2003). Spruce (*Picea abies*), beech (*Fagus sylvatica*) and fir (*Abies*) may have grown in microclimatically favourable locations such as the cool floor of the

Brusnice creek or on the northern slopes. The low number of pollen grains from the main climax tree species for the locality and nearby surroundings – oak (*Quercus*) and hornbeam (*Carpinus*) – points towards extensive deforestation. Riverine trees, primarily willow (*Salix*) and alder (*Alnus*), are only marginally represented in the pollen spectrum. Isolated finds of pollen grains point towards the presence of shrub communities. The primary herbaceous plants are ruderals, cereals and related weeds (the only exception being sample P5). The ravine itself was home to a ruderal vegetation. One woody species which may have been growing in proximity to the sample site and in the entire castle complex is black elder (*Sambucus nigra*). Some buildings nearby sampled site were covered by ivy (*Hedera helix*). Ruderal herbaceous plants inhabited a broad range of sites, from moist nutrient-rich locations to dry, barren sites. The position of the studied site is well reflected in the high ratios of pollen from xerophytes (indicating a pasture) which probably grew on the southern slope of Hradčany. There are only marginal indications of alluvial, shoreline or water meadow plants; also less common are mesophilic meadows. The set of represented samples is characterised by an exceptional species richness reflecting the high level of diversity of the early medieval landscape. We cannot rule out that the much-needed renovation of the paved surface and load-bearing structure of the Third courtyard of Prague Castle in the 1990s definitively altered the site's microclimatic conditions. A parallel analysis in the future may thus no longer be possible.

English by Helena Vlčková

Dynamics of the biotopes at the edge of a medieval town: pollen analysis of Vltava river sediments in Prague, Czech Republic

Radka Kozáková^{1,2*}, Petr Pokorný¹

¹Archeologický ústav AV ČR, v.v.i., Letenská 4, CZ-118 01 Praha

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

* Author for correspondence, e-mail: kozakova@arup.cas.cz

Abstract

As part of an archaeological excavation in Valdštejnská street in the Lesser Town of Prague, flood sediments in an old channel of the river Vltava were studied by means of pollen analysis. Analyses were performed on a core taken before the archaeological excavation and samples from the layers uncovered by the excavation. The core includes deposits from the era that followed the construction of weirs in the second half of the 13th century up to approximately the 15th century. Some of the sediments are older and from Early Medieval times (the oldest from the end of the 10th century). For the pollen analysis, three types of sediment were studied: flood loams, cultural layers and material deposited on causeways. Thanks to the diversity in the sediments it was possible to study local and regional components of the pollen spectra in more detail. The vegetation growing in the old river channel consisted of ruderal and weed taxa with sedge stands surviving in less accessible places. This locality most probably did not serve as a dumping ground until at least the 14th century, and even then this is not directly indicated by the pollen analysis. The difficulty of interpreting the mixed-origin pollen spectra usually present in urban archaeobotanical deposits is a common problem. Using multivariate statistics, three groups of pollen taxa characteristic for each particular sediment type were separated, and the individual pollen sources (and corresponding taphonomical processes) partly separated. Therefore, it was possible to distinguish autochthonous and allochthonous sources of pollen and draw conclusions about the local vegetation at this site.

Key words : archaeological research, cultural layer, flood sediments, floods, pollen analysis, river channel, species and habitat diversity

1. Introduction

Prague is a city in which natural and semi-natural habitats are still more or less represented (Sádlo 2001). It is located in a morphologically very diverse relief that has a complicated geological structure (Kovanda et al. 2001). Studying the medieval pollen record provides an opportunity to reveal how different the past environment was from that of today.

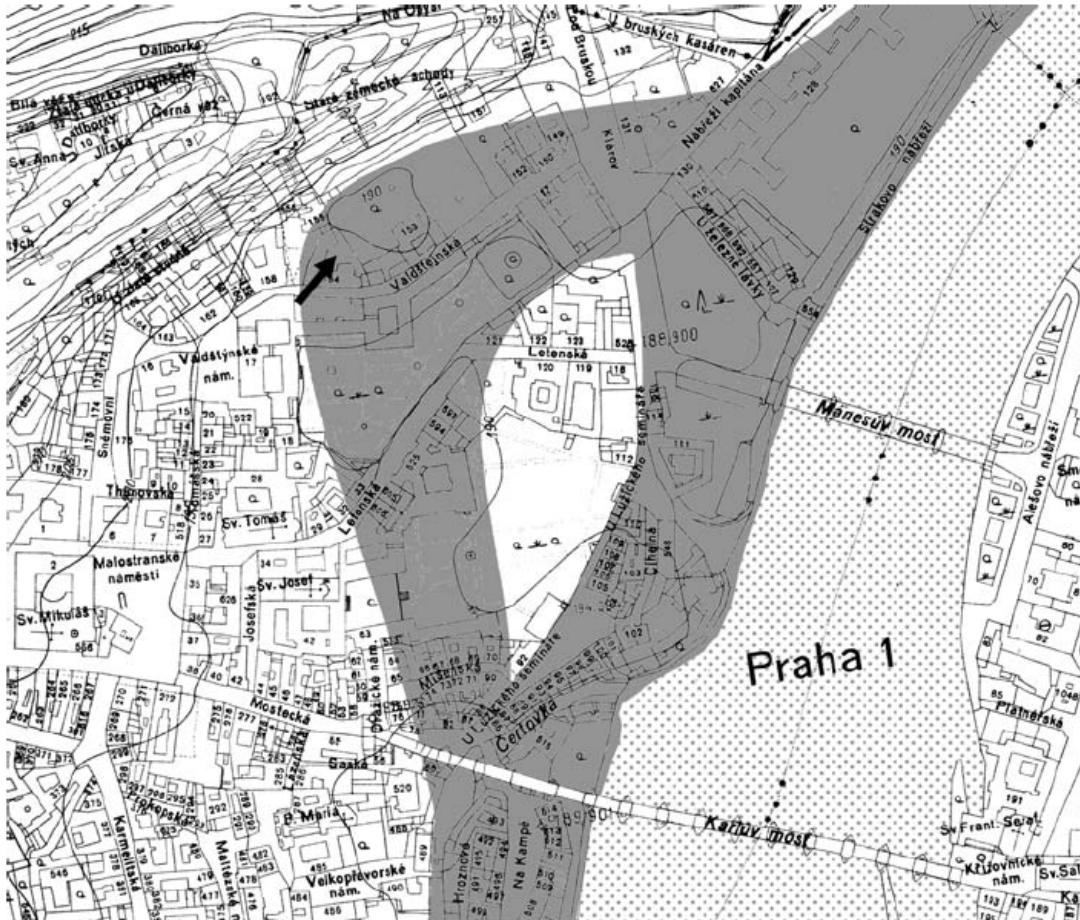


Fig 1. The Lesser Town, with the location of the old river channel of the Vltava river. The arrow shows the site of the archaeological excavation.

As a part of a rescue archaeological study in Valdštejnská street in Prague, Lesser Town (Malá Strana), flood sediments of an old river channel of the Vltava river were studied (Fig. 1). To obtain a continuous pollen record (and to compare this with information derived from archaeological layers), and thus study the environmental changes that occurred from the time before the permanent colonization of the Lesser Town basin, a core was taken in the old river

channel. During subsequent archaeological research, strata containing Early Medieval causeways were excavated several meters to the north and lying below the level of the bottom of the core. However, further coring to reach lower levels of the old river channel was not possible due to the constraints resulting from the building requirements at the study site.

Compared to pollen spectra from the cultural layers, which are typically analyzed for archaeological research in the area of Prague (Jankovská 1987, 1991, Břízová 1998, Pokorný 2000, Beneš et al. 2002), our results from Valdštejnská street are unique. In the old river channel, the pollen spectra come from three types of sediment: the surfaces of Early Medieval causeways (paths made of stones), flood loams and cultural layers deposited mostly on top of the flood loam strata in the profile. These diverse sediments indicate pollen from a high number of sources, which makes it possible to draw more general conclusions about the site and its vicinity.

The locality is within the present Lesser Town in Prague. From prehistory and Early Medieval to High Medieval, the environment in the Lesser Town basin experienced dramatic changes. Although the age of the old river channel is unknown it is certain that in the 10th century the river already flowed in its present-day riverbed (Hrdlička 2001). In the 9th century there was a fortified settlement with the centre at present-day Lesser Town Square and an old river channel formed its western boundary. At that time, the valley had a very diverse morphology with rocks, ravines and marshes, and was shaped by several streams (Zavřel 2001). The end of the 9th century was a time of great urban changes in the area of Lesser Town that destroyed older layers. It is therefore extremely difficult to make a continuous study of local settlement throughout prehistory (Čiháková 1999). In medieval times (at least from the early 10th century), Prague quickly grew into an important business centre, which is evident from both written as well as archaeological sources (Čiháková & Zavřel 1997). The town was made up of an aggregation of settlements (more or less independent) whose distribution respected local environmental conditions. The conversion of Prague into a modern gothic town occurred in the middle of the 13th century and resulted in a radical change. In 1257, New Town (later renamed Lesser Town) was founded with streets at right angles to one another within new-built stone walls. Even at that time there was no important settlement in the area of the old river channel except on the so called “Island below the Prague Bridge” (“Ostrov pod mostem Pražským”). Here, the terrain was permanently above the level of floods since the settlement was on the proluvial cone of Brusnice brook (Hrdlička 1984). The previous inhabitants were evicted and replaced by German merchants and craftsmen. This coincided with the beginning of a town dependent on business not agriculture (Mencl 1969). Based on written sources, the first weirs were constructed on the Vltava river in the second half of the 13th century. This resulted in severe floods and the accumulation of a huge amount of flood loams in the frequently flooded areas above the weirs. The old river channel studied is above one of the weirs and thus the level

of the bed of the channel came up to that of the surrounding ground within several centuries. Flooding destroyed the settlement on the “Island below the Prague Bridge” in the area of present-day Klárov (Hrdlička 1972). Thus the floodplain (including the locality studied) was abandoned in the High Medieval period. Not until the 15th and mainly 16th centuries did people finish levelling the ground and start building along and around the old river channel (Hrdlička 1984).

2. Material and methods

2.1. Sedimentary context under study

Pollen analysis was carried out on a core (starting at 186 m above sea level) obtained before the start of the rescue archaeological excavations and from archaeological layers uncovered later. The core was 371 cm long and was dated archaeologically based on specific succession of sediments (thus the dating is not exact). The bottom of the core dates approximately to the second half of the 13th century, right after the construction of the weirs (Hrdlička 2001). The top layer dates approximately to the 15th century (J. Čiháková, pers. comm.). The second set of data comes from archaeological layers. These excavations were made several meters north of the core site. For our study four of the profiles (91, 93, 100, 104) were chosen and one to nine samples of organic sediment taken from each of the profiles (Table 1). Some of the archaeological layers analyzed are older than the base of the core. The oldest archaeological layer (1174, 180.2ma.s.l.) was dated to the end of the 10th century (Table 1). These Early Medieval (up to the half of the 13th century) sediments represent causeways that crossed the old river channel (J. Čiháková, pers. comm.). About 11 such causeways lay on top of each other separated by flood loams, since the causeways were renewed after each flood.

As mentioned above, pollen analysis was performed on three types of sediment: flood loams, cultural layers and material deposited on the causeways. The distribution of sediment types in the profile is not regular (Fig. 2, Table 1). The deposits mainly associated with the paths were found at the bottom, flood loams in the middle and cultural layers in the upper part of the profile. As it is likely that different taphonomical processes occurred in each sediment type, it is not easy to interpret the differences among pollen spectra with depth and determine the development of vegetation through time. The very fine light-greyish loams had layers of fine sand of various thicknesses. Cultural sediments were very rich in organic matter, and in some parts stones were present. Material deposited on the causeways was dark organic matter mixed with the flood loams forming the base of all causeways.

Number of layer	Archaeological dating	Number of profile	Type of sediment
884	14th century	100	Cultural layer
885	14th century	100	Cultural layer
886	14th century	100	Cultural layer
887	14th century	100	Flood loam
921	14th century	100	Flood loam
855	14th century	93	Cultural layer
1134	14th century	100	Flood loam
877	13th century	93	Cultural layer
1156	end of 13th – beginning of 14th century	91	Flood loam
1183	end of 13th – beginning of 14th century	104	Flood loam
952	end of 13th century	100	Flood loam
1007	end of 13th century, corresponds to layer 952	91	Flood loam
1195	2nd half of 13th century	100	Flood loam
1122	1st half of 13th century	93	Causeway
1025	2nd half of 12th – 1st half of 13th century	93	Causeway
1113	12th century	93	Flood loam
1044	12th century	93	Causeway
1086	beginning of 11th – 12th century	93	Causeway
1097	10th – 1st half of 11th century	93	Causeway
1174	end of 10th century	93	Causeway

Table 1. List of the archaeological layers for which pollen samples were analyzed. Numbers of the layers and profiles were supplied by archaeologists (J. Čiháková, pers. comm.). The numbering of the profiles illustrates that the set of samples was not obtained from a single continuous profile.

2.2. Pollen analysis

Sediment was digested in 10% KOH, carbonates were removed by treatment with concentrated HCl, silicates diluted in concentrated HF and most of the organic material removed during acetolysis (using acetic acid anhydride and sulphuric acid in a 1:9 ratio according to Faegri–Iversen 1989) There were relatively few pollen grains in the flood loams and even fewer in the causeway sediment, proving that they were short-lived. At least 300 grains were found in layers extremely poor in pollen; in other layers 500 was the minimum count.

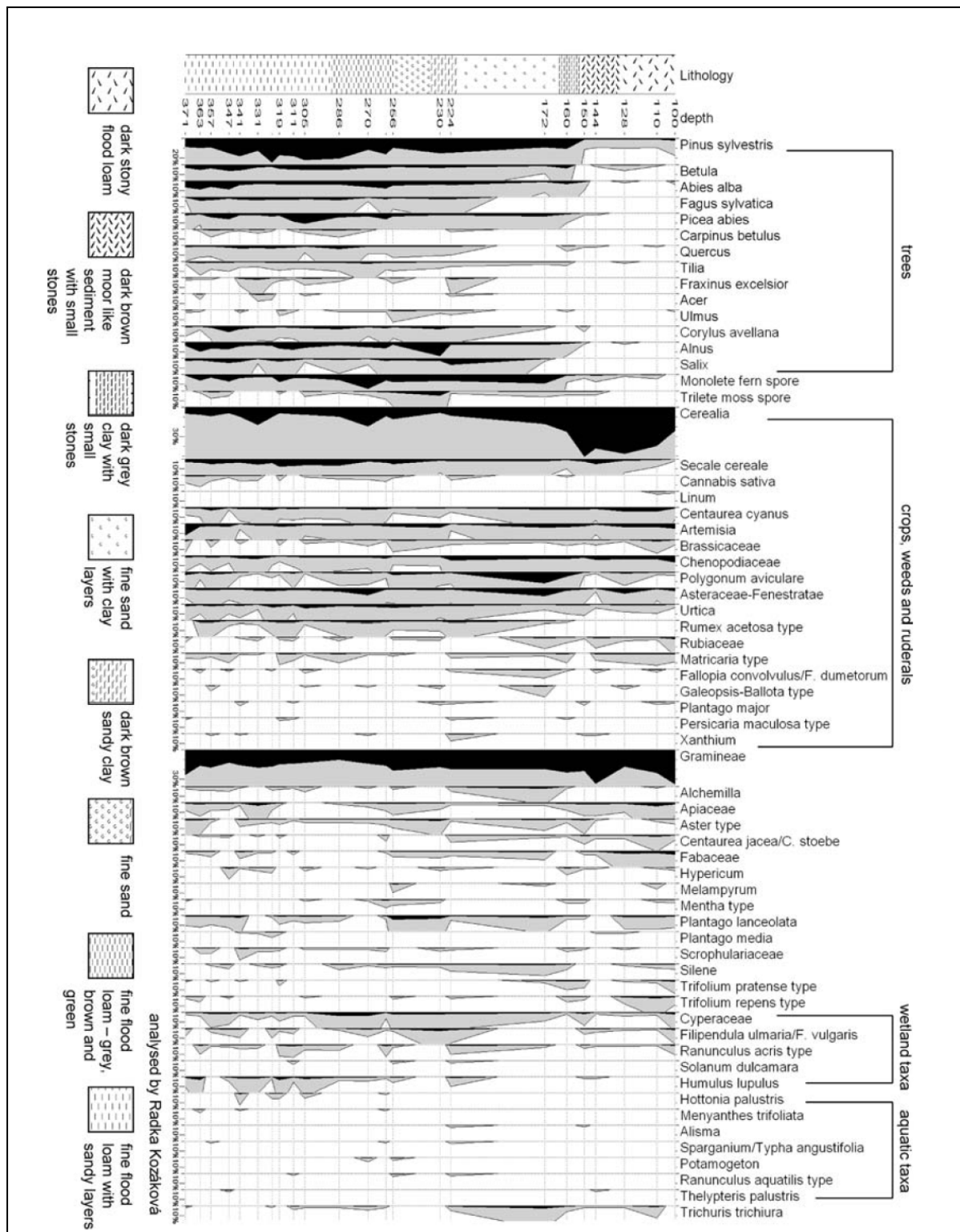


Fig 2. Diagram of the percentages of selected pollen types. The top 100 cm are expected to be identical with the 100–152 cm layer.

Pollen type	Species definition
<i>Anemone</i> type	genus <i>Anemone</i> , <i>Hepatica nobilis</i> and possibly some species of the pollen type <i>Ranunculus aquatilis</i>
<i>Apiaceae</i>	unspecified species of the family <i>Apiaceae</i>
<i>Aster</i> type	e.g. genera <i>Aster</i> , <i>Bellis</i> , <i>Bidens</i> , <i>Inula</i> , <i>Petasites</i> , <i>Senecio</i> , <i>Tussilago</i>
<i>Asteraceae-Fenestratae</i>	e.g. genera <i>Cichorium</i> , <i>Lactuca</i> , <i>Mycelis</i> , <i>Sonchus</i> , <i>Crepis</i> , <i>Hieracium</i> , <i>Hypochaeris</i> , <i>Lapsana</i> , <i>Leontodon</i> , <i>Picris</i> , <i>Taraxacum</i> , <i>Tragopogon</i>
<i>Astragalus</i> type	genera <i>Astragalus</i> , <i>Oxytropis</i> , <i>Melilotus</i> and <i>Ononis</i>
<i>Bupleurum falcatum</i> type	<i>Bupleurum falcatum</i> , <i>B. longifolium</i> and <i>B. rotundifolium</i>
<i>Cereal</i>	<i>Triticum</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Panicum miliaceum</i> , <i>Hordeum</i> – size of <i>Hordeum</i> pollen can overlap with pollen of some wild grasses, e.g. <i>Glyceria</i>
<i>Chenopodiaceae</i>	genera <i>Chenopodium</i> , <i>Atriplex</i> , <i>Beta</i> , <i>Kochia</i>
<i>Dryopteris filix-mas</i> type	<i>Dryopteris filix-mas</i> , <i>D. carthusiana</i> and <i>D. dilatata</i>
<i>Fabaceae</i>	unspecified species of the family <i>Fabaceae</i>
<i>Falcaria</i> type	<i>Anethum graveolens</i> , <i>Torilis japonica</i> and <i>Falcaria vulgaris</i>
<i>Galeopsis-Ballota</i> type	genera <i>Ajuga</i> , <i>Ballota</i> , <i>Betonica</i> , <i>Galeopsis</i> , <i>Lamium</i> , <i>Leonurus</i> , <i>Scutellaria</i> , <i>Stachys</i>
<i>Gnaphalium</i> type	genera <i>Gnaphalium</i> , <i>Filago</i> , <i>Erigeron</i> and <i>Antennaria</i>
<i>Gramineae</i>	species of the family <i>Poaceae</i> , especially wild grasses
<i>Lysimachia vulgaris</i> type	<i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>L. nummularia</i> and <i>L. punctata</i>
<i>Malva</i> type	genera <i>Malva</i> , <i>Althaea</i> and <i>Lavatera</i>
<i>Matricaria</i> type	genera <i>Achillea</i> , <i>Anthemis</i> , <i>Leucanthemum</i> , <i>Matricaria</i> , <i>Tanacetum</i> , <i>Pyrethrum</i> , <i>Tripleurospermum</i>
<i>Mentha</i> type	genera <i>Acinos</i> , <i>Clinopodium</i> , <i>Lycopus</i> , <i>Mentha</i> , <i>Origanum</i> , <i>Thymus</i>
<i>Odontites</i> type	<i>Odontites</i> and possibly some species of the pollen types <i>Rhinanthus</i> and <i>Veronica</i>
<i>Papaver rhoeas</i> type	<i>Papaver dubium</i> , <i>P. rhoeas</i> , <i>P. somniferum</i>
<i>Persicaria maculosa</i> type	<i>Persicaria maculosa</i> , <i>P. lapathifolia</i> , <i>P. minor</i> , <i>P. hydropiper</i>
<i>Prunus</i> type	some trees and shrubs from <i>Rosaceae</i> family – <i>Prunus spinosa</i> , <i>Crataegus</i> , <i>Sorbus</i> , <i>Cotoneaster</i> , wild and cultivated fruit trees – <i>Malus</i> , <i>Pyrus</i> and <i>Cerasus</i>
<i>Ranunculus acris</i> type	e.g. <i>Ranunculus acris</i> , <i>R. bulbosus</i> , <i>R. illyricus</i> , <i>R. lanuginosus</i> and <i>R. repens</i>
<i>Ranunculus aquatilis</i> type	e.g. <i>R. sceleratus</i> and genus <i>Batrachium</i>
<i>Rhinanthus</i> type	genera <i>Rhinanthus</i> , <i>Euphrasia</i> and possibly some species of the pollen types <i>Veronica</i> and <i>Odontites</i>
<i>Rumex acetosa</i> type	e.g. <i>Rumex acetosa</i> , <i>R. acetosella</i> , <i>R. obtusifolius</i> , <i>R. conglomeratus</i> and <i>R. crispus</i>
<i>Rumex aquaticus</i> type	e.g. <i>Rumex aquaticus</i> , <i>R. hydrolapathum</i> and <i>R. longifolius</i>
<i>Saxifraga hirculus</i> type	<i>Saxifraga granulata</i>
<i>Scabiosa columbaria</i> type	<i>Scabiosa canescens</i> , <i>S. ochroleuca</i> and <i>S. columbaria</i>
<i>Scrophulariaceae</i>	genera <i>Scrophularia</i> and <i>Verbascum</i>
<i>Spergularia</i> type	genera <i>Spergula</i> and <i>Spergularia</i> excluding <i>Spergula arvensis</i>
<i>Trifolium pratense</i> type	e.g. <i>Trifolium pratense</i> and <i>T. medium</i>
<i>Trifolium repens</i> type	e.g. <i>Trifolium repens</i> , <i>T. arvense</i> , <i>T. aureum</i> , <i>T. campestre</i> and <i>T. dubium</i>
<i>Veronica</i> type	<i>Lamium album</i> , all the species of the genus <i>Veronica</i> and possibly some species of the pollen types <i>Rhinanthus</i> and <i>Odontites</i>
<i>Vicia</i> type	genera <i>Vicia</i> , <i>Lathyrus</i> and <i>Lens</i>
Non pollen objects:	
<i>Thecaphora</i>	fungal parasite especially of the <i>Fabaceae</i> family
<i>Trichuris trichiura</i>	intestine parasite having two hosts – men and pig

Table 2. List of pollen types with definitions based on species.

The usual outcome of the pollen analysis is the classification of plant species into pollen types, which often include many species and even whole plant families in some cases. Pollen types were identified and modified according to Moore et al. (1991), Reille (1992), Beug (2004) and Punt (1980). Pollen nomenclature respects the following conventions: (1) The name of a pollen type is identical to a taxon name (of any rank) if the pollen type represents this taxon and no other. Examples: *Viburnum opulus*, *Salix*, *Cyperaceae*. (2) The name of a pollen type has the suffix “type” if it represents a taxon or taxa outside the taxon mentioned in the pollen type. Examples: *Trifolium repens* type, *Aster* type (Table 2). (3) The name of a pollen type representing two taxa only consists of both taxon names separated by a slash. Examples: *Sambucus nigra/S. racemosa*. (4) All these pollen-morphological considerations are restricted to taxa occurring in the Czech Republic at the altitude of the locality studied (Prague basin in the Czech Thermophyticum, up to approximately 300 m a.s.l.). The nomenclature of plant taxa follows Kubát et al. (2002). The interpretation of pollen spectra given in the following chapter is consistent for the reasons mentioned above.

2.3. Numerical analyses

In order to detect the structure of the data and identify the role of particular parameters such as the type of sediment and species diversity, multivariate statistical methods (CANOCO; Lepš & Šmilauer, 2003) were used. Species diversity is expressed in terms of palynological diversity. Rarefaction analysis using the Polpal program was therefore performed on all the samples. Rarefaction recalculates the results correcting for unequal numbers of grains counted, so the abundances of taxa are comparable. Principal component analysis (PCA) was used to detect the structure of the data, while redundancy analysis (RDA) tested the effect of particular environmental parameters. It was not possible to use age as one of the parameters to explain sediment and vegetation succession since sediment succession was used to estimate the age of layers. Data were square-root transformed and standardized over species and samples in order to strengthen the role of rare species and correct for the different numbers of pollen grains.

3. Results and discussion

3.1. Interpretation of pollen spectra

The main results of the pollen analysis are ratios of pollen grains of particular taxa in each layer. To interpret such results and draw conclusions about abundances of taxa the production and

dispersal of pollen needs to be taken into account. The major difference is between anemophilous and entomophilous plants. Most herbs are entomophilous, which means their pollen is quite scarce in pollen spectra in general. Cereals, excluding *Secale cereale*, are very effective self-pollinating plants, so higher pollen sums for *Cerealia* indicate association with processing of a harvest. Wild grasses (*Gramineae*), *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Rumex*, *Urtica*, *Plantago lanceolata* or *Secale cereale* are anemogamous taxa and the pollen of these species occur in higher ratios in pollen spectra compared to other herbs. Among entomophilous herbs, *Filipendula ulmaria*/*F. vulgaris* is a big pollen producer and its pollen often occurs in relatively high ratios in pollen spectra. As almost all the sites studied are wet biotopes, this pollen is considered to belong mostly to *Filipendula ulmaria*.

Trees generally produce much more pollen than herbs and their height provides a further advantage for long distance pollen transport. Of Central European trees, only *Tilia* and *Salix* are entomophilous. Their pollen is thus considered to reflect the local presence of both taxa, even though it is transported by wind and insects. *Pinus*, *Betula* and *Alnus* produce an abundance of pollen, which is easily transported very far from the source. *Picea*, *Abies* and *Fagus* are similar both in pollen production and transport, and *Abies* and *Fagus*, in particular, can be underrepresented in pollen diagrams. The representation of *Quercus* and *Fraxinus* is assumed to be similar in vegetation and pollen spectra. Amounts of *Carpinus* pollen fluctuate, but this species in general tends to be underrepresented in pollen diagrams. *Acer* produces very little pollen, and it is very scarce even in samples from sites where maples were common (for review see Ralska-Jasiewiczowa ed. 2004).

The above rules hold for natural sediments. Our results, however, are for deposits of mixed origin (Latałowa et al. 2003) resulting from different kinds of human activity, and from both local and distant flora (especially in the case of flood loams). Thus, the pollen spectra that are presented here represent thanatocoenoses, i.e. assemblages of pollen grains of both autochthonous and allochthonous origin. Taphonomical processes are all processes that led to the deposition of the pollen grains (Lityńska-Zajac & Wasylkova 2005).

In the case of Valdštejnská street, pollen grains were not highly corroded and thus complete pollen spectra were preserved, and several ecological groups can be distinguished. These are forest species, crops, cereal weeds and ruderals, and taxa of wetlands, xerophilous grasslands, meadows and pastures (Fig. 3).

Arboreal pollen, which is likely to have been transported over long distance (Sugita 1999), especially reflects the landscape in the vicinity of medieval Prague. In our data, forests are represented by many species belonging to ecologically more or less contrasting plant communities. Alluvial forests are represented by *Alnus* and *Salix*, scree woods by *Acer*, *Tilia* and *Fraxinus*, shady forests by *Fagus*, *Picea* and *Abies*, oak-

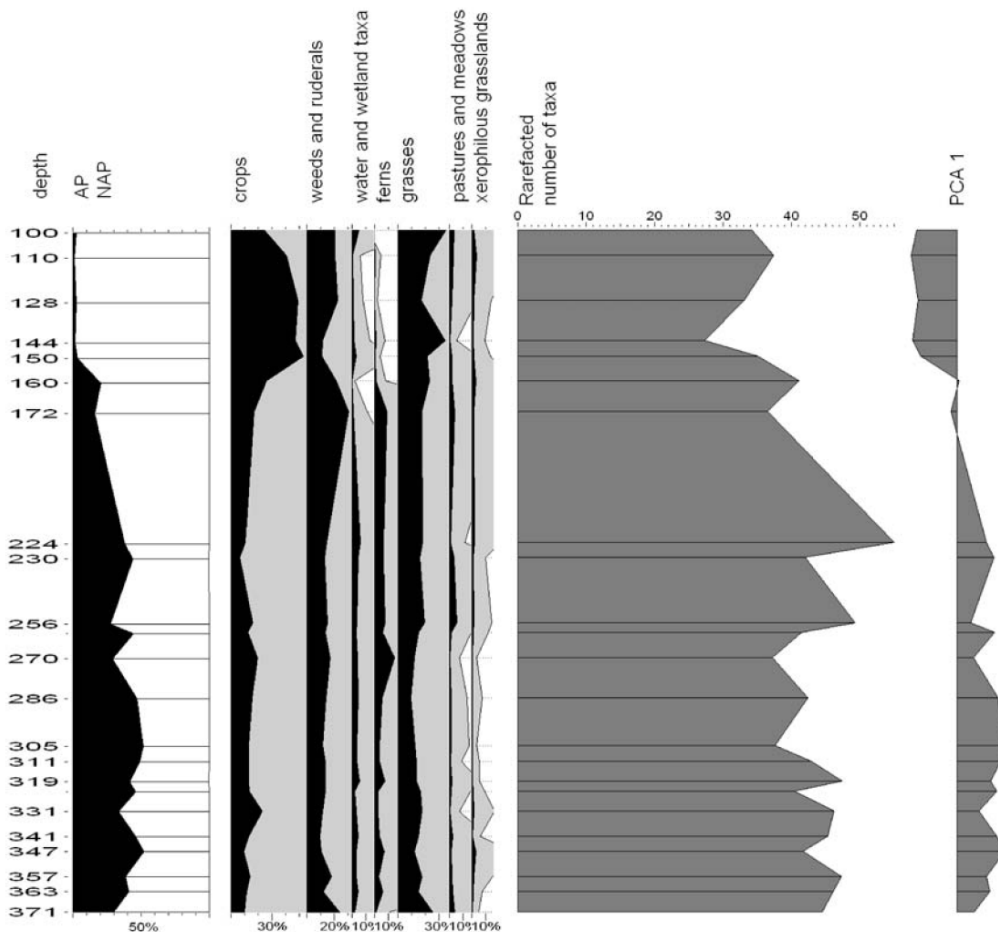


Fig 3. Summary diagram with defined groups of species and the results of analyses. AP arboreal pollen, NAP – non-arboreal pollen, Rarefacted number of taxa – curve expressing pollen diversity, PCA1 – principal correspondence analysis curve expressing distribution of samples on the first axis. Pollen types included into the defined groups: Crops: *Cannabis sativa*, *Cerealia*, *Secale cereale*; Weeds and ruderals: *Adonis aestivalis/A. flammea*, *Agrostemma githago*, *Anchusa/Pulmonaria*, *Aphanes*, *Asteraceae-Fenestratae*, *Brassicaceae*, *Centaurea cyanus*, *Chenopodiaceae*, *Consolida regalis*, *Convolvulus arvensis*, *Fallopia convolvulus/F.dumetorum*, *Galeopsis-Ballota* type, *Matricaria* type, *Papaver rhoeas* type, *Persicaria maculosa* type, *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, *Rubiaceae*, *Rumex acetosa* type, *Rumex aquaticus* type, *Sagina*, *Scandix pecten-veneris/Caucalis platycarpus*, *Solanum nigrum*, *Trifolium repens* type, *Turgenia latifolia*, *Urtica*, *Xanthium*; Water and wetland taxa: *Alisma*, *Butomus umbellatus*, *Caltha*, *Cyperaceae*, *Filipendula ulmaria/F. vulgaris*, *Hottonia palustris*, *Humulus lupulus*, *Lythrum*, *Menyanthes trifoliata*, *Ranunculus acris* type, *Ranunculus aquatilis* type, *Solanum dulcamara*, *Sparganium/Typha angustifolia*, *Thelypteris palustris*, *Valeriana officinalis*; Ferns: monolete fern spores together with *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Pteridium* and *Polypodium vulgare*; Grasses: pollen type *Gramineae*; Pastures and meadows: *Aconitum*, *Alchemilla*, *Astragalus* type, *Bistorta major*, *Campanula/Phyteuma*, *Cerastium*, *Gentianella*, *Knautia*, *Menta* type, *Odontites* type, *Pimpinella major/P. saxifraga*, *Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Potentilla/Fragaria*, *Rhinanthus* type, *Saxifraga hirculus* type, *Succisa pratensis*, *Trifolium pratense* type; Xerophilous grasslands: *Bupleurum falcatum* type, *Centaurea jacea/C. stoebe*, *Centaurea scabiosa*, *Falcaria* type, *Glaucium corniculatum*, *Helianthemum*, *Hypericum*, *Jasione montana*, *Lotus*, *Melampyrum*, *Orlaya grandiflora*, *Pulsatilla*, *Scabiosa columbaria* type, *Securigera varia*, *Silene*.

hornbeam forests, and xerothermic oak forests by *Pinus* primarily growing on extremely rocky sites (Ellenberg 1988). The relative proportions of particular tree taxa indicate the degree of deforestation. Oak (*Quercus*) and hornbeam (*Carpinus*) are two important climax species in the area of Prague (Moravec & Neuhäusl 1991). Their relatively low ratios in the pollen spectra (below 5%; Fig. 2) reflect a high degree of deforestation. Moreover, very low pollen sums for *Carpinus* could be due to the fact that this species grew on gentle slopes that were deforested first. Low numbers of *Fagus* pollen and the relatively high proportion of *Abies* means that forest management must have been intensive (for more about spreading of *Fagus* see Küster 1997 and Gardner-Willis 1999) but allowed the spread of *Abies*, which regenerates better in small openings rather than large clearings. The pollen data thus supports the suggestion that *Abies* used to flourish even in the lowlands strongly influenced by human impact, e.g. forest grazing (for more about *Abies* supported by human impact see Málek 1980, Pokorný 2002, Pokorný 2003, Sádlo & Pokorný 2003, Volařík 2006). Sites where *Abies*, *Fagus* and *Picea* may have grown together were northern and north-western slopes or gullies with an inverse microclimate (Neuhäuslová 1998). The closest such gully to the study site is Jelení příkop below the northern slope of Prague castle hill. Relatively high ratios of monolet fern spores (Fig. 2) could be connected with these shady forests, where ferns could have formed the undergrowth. Ferns also indicate the quite natural character of these communities. The spores in the samples mostly lacked their perine, which has a species- or at least genera-specific structure. Among the very rare complete spores were those of *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris* and one of *Polypodium vulgare*.

We conclude that all the tree species that formed the natural (or nearly natural) forest vegetation in the Prague basin survived until High Medieval times. The species composition was nevertheless influenced by intensive forest management, the degree of which is reflected in the still relatively common *Abies*. The only dominant taxa of highly degraded forests are *Pinus* and *Betula* (e.g. Sádlo et al. 2005), which is not the case at this site. The species spectrum of trees with relatively balanced ratios in most of the samples indicates the fine vegetation mosaic in the medieval landscape. The degradation of biotopes resulted in nearly natural plant communities existing alongside highly degraded ones in a relatively small area. Shaded forests with *Abies*, *Fagus* and *Picea* or scree woods with *Tilia* and *Acer* occurred close to oligotrophized forests with a dominance of *Pinus*, *Betula* and *Quercus*.

Large numbers of *Artemisia*, *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae* and *Fabaceae* pollen are common in sediments from medieval towns. These taxa were abundant and typical of medieval streets (mainly *Artemisia* and *Chenopodiaceae*) or of weeds transported into sediments together with *Cerealia* pollen (Greig 1982, Jankovská 1991, 1997). Their role in the local vegetation of the old river channel is discussed later. The main pollen grains in well-trodden places, such as roads and paths, are those of *Polygonum aviculare*. They occurred over the whole

time span at this locality, and not just in the samples from causeways (compare Fig. 2 with Append. 2). Among the species of weeds during medieval times, *Centaurea cyanus* is one of particular interest (Greig 1991). Like *Secale cereale*, there are comparable ratios of *Centaurea cyanus* pollen in all the samples regardless of their age. This probably means that deep and intensive tillage occurred commonly around Prague at least from the end of the 10th century up to the High Medieval period (Greig 1982). Like *Centaurea cyanus*, other weeds identified in the sediments of the old river channel are annuals, such as *Adonis aestivalis*, *Agrostemma githago*, *Aphanes arvensis* and *Scleranthus annuus*, also adapted to intensive agricultural management.

The pollen of cereals (*Cerealia*) dominates the crop group. *Secale cereale* is thought to have been more widely grown during the High Medieval period (Behre 1992, Jankovská 1997). This is not obvious from the Valdštejnská street results, where *Secale cereale* pollen is relatively equally represented in all the samples including the Early Medieval period (compare Fig. 2 with Append. 2). Pollen analysis further indicates the growing of *Cannabis sativa* and *Linum*. The growing of other crops is impossible to detect by means of pollen analysis, as they belong to pollen types that contain more taxa or whole families (Table 2). Crops are better reflected by macroremain analyses, which has already resulted in a list of cultivated or imported taxa for the area of medieval Prague (Opravil 1986, 1994, Čulíková 1998a, 1998b, 2001).

The ratio of pollen grains coming from wetland and aquatic plant taxa is relatively low in general (Figs 2 and 3), indicating that these vegetation types were not dominant at the old river channel site. Flood sediments contained a few pollen grains of *Menyanthes trifoliata* or spores of *Thelypteris palustris* and *Hottonia palustris*, which prefer shaded pools. More eutrophic conditions are indicated by *Potamogeton* and *Alisma* as well as wetland taxa such as *Filipendula ulmaria*/*F. vulgaris*, *Cyperaceae*, *Lythrum*, *Solanum dulcamara*, *Caltha*, *Valeriana officinalis* and *Sparganium* type.

In the overall pollen spectrum, there are a relatively high numbers of taxa of xerophilous grassland (Fig. 2, Append. 1, 2). There were quite numerous findings of *Pulsatilla*, *Centaurea jacea*/*C. stoebe*, *Hypericum*, *Helianthemum* and *Silene* pollen. In a few isolated cases, there are pollen grains of *Centaurea scabiosa*, *Securigera varia*, *Lotus*, *Sanguisorba minor*, *Scabiosa columbaria* type, *Echium vulgare*, *Sedum*, *Dianthus* and *Scleranthus perennis*. It is likely that these taxa formed a xerophilous community on the southern slope below the Prague Castle (Kozáková&Boháčová 2007 for details of this locality). Some of the taxa, such as *Centaurea jacea*/*C. scabiosa* or *Echium vulgare*, can survive even in ruderalized biotopes within built-up areas (Kubát et al. 2002).

Meadows and pastures are difficult to define on the basis of pollen indicators, as particular pollen types very often include species with different ecological characteristics (for examples see Table 2). Nevertheless, some of the pollen types are typical of mesophilous

meadows: *Plantago lanceolata* and *Plantago media*, *Campanula/Phyteuma*, *Cerastium*, *Knautia* and *Saxifraga hirculus* type. The pollen types *Gentianella* and *Aconitum*, together with *Plantago lanceolata*, *P. media* and *Calluna vulgaris* indicate pastures (Greig 1982, Jankovská 1987, Pokorný 2000, Kubát et al. 2002).

Among the non-pollen material are empty egg shells of the intestinal parasite *Trichuris trichiura*. Their presence in the sediment reflects some faecal pollution. This endoparasite has two hosts – man and pig – and its occurrence during medieval times was probably very common (Greig 1982, Jankovská 1987). The relatively low number of egg shells found in the sediments in the old river channel does not indicate that the locality was used as a dump for faecal and other rubbish (when compared with the pollen and macroremains in a High Medieval moat filled with rubbish – Beneš et al. 2002).

It is interesting that almost the whole flora found in medieval pollen spectra can still be observed in the close vicinity of Prague, i.e. within approximately a 20 km circle around the city. Among the non-arboreal vegetation, several taxa that were probably common in the past are currently rare. *Glaucium corniculatum*, considered to be from the Mediterranean, is restricted to the warmest parts of the Czech Republic (Dostál 1950). There was only one pollen grain of this species in our samples (Append. 1), but its seeds are found, for instance, in sediments from medieval Cracow (A. Bieniek, pers. comm.). It seems that this species used to be a common weed even at higher latitudes. Several thermophilic species identified from flood loams are now considered to be very rare taxa. One such representative from steppe communities is *Orlaya grandiflora*, which is now restricted to the Pálava region in S Moravia (Kubát et al. 2002). Of the weeds, *Turgenia latifolia* is considered now to be extinct in central Bohemia, and *Scandix pecten-veneris/Caucalis platycarpus* are both rare. All these rare weed taxa – *Glaucium corniculatum*, *Orlaya grandiflora*, *Scandix pecten-veneris/Caucalis platycarpus* and *Turgenia latifolia* might indicate vineyards (Ellenberg 1988). Thus their disappearance at this site could be due to the absence of particular management to which these species are adapted. The alluvial environment around the Vltava river must have been very different from that of today. The presence of species preferring undisturbed shallow pools and wetlands, such as *Menyanthes trifoliata*, *Hottonia palustris* and *Thelypteris palustris*, show that such biotopes existed close to the rising medieval town.

3.2. Sediment types

Separating the pollen types characteristic of particular sediment types using multivariate statistical analyses (Figs 4 and 5) helped in the identification of the taphonomical processes that were important at this site and the interpretation of the local vegetation of the old river channel.

Sediment type is a dominant factor structuring the data (Fig. 5). Sediment types were: flood loams, cultural layers, and causeways deposits.

Most of the samples from Valdštejnská street come from flood loams (Fig. 2, Table 1). All these samples are for the High Medieval period with only one exception, which is layer number 1113 (Table 1). Pollen spectra originating from flood loams are rich in pollen of almost all the trees (see Fig. 2, where AP pollen reaches even 50%), ferns, aquatic and wetland taxa, some weeds and ruderals (Fig. 4). It is assumed that the pollen of non-alluvial trees originated from remote areas. This is also likely for monoletate fern spores and trilete moss spores. Their connection with the alluvial environment is well illustrated by their abundance, which abruptly declines to zero (trees excluding *Pinus* and *Betula*) when the sediment changes to a brown peat-like cultural sediment that must have been deposited locally (Fig. 2). It is likely that most of the *Alnus* and *Salix* grew outside the town, since a bush of *Alnus* or *Salix* close to the sample site would result in much more pollen (Fig. 2). Thus, the most of arboreal pollen together with moss and fern spores were probably transported to the site by the river. When interpreting local vegetation one must keep in mind that only a small part of the old river channel was sampled (Fig. 1). Some wetland plants that produce little pollen and grew at a distance from the sample site could be underrepresented or even absent in the pollen records. As mentioned above, aquatic and wetland vegetation was rather scarce, restricted to pools and their surroundings, but included demanding taxa such as *Hottonia palustris* and *Menyanthes trifoliata* (Fig. 6). The frequent flooding of the site resulted in some parts of the surface of newly formed flood loams probably remaining barren, covered only by tiny *Anthoceros punctatus*. The first successional stage on newly deposited sandy loams is usually dominated by annuals, often weeds of arable land (Ellenberg 1988). In our results they are represented by *Matricaria* type, *Papaver rhoeas* type, *Persicaria maculosa* type and *Chenopodiaceae*. Nitrophilous perennials such as *Urtica*, *Rumex acetosa* type or some species of *Asteraceae-Fenestratae* pollen type (Table 2) could form a rich river bank vegetation, colonizing the bare spaces later than the annuals (Ellenberg 1988).

Cultural layers were deposited mostly on the top of flood loams and represent thus the youngest deposits. Cultural layers are characterized by a low species diversity (Fig. 5). The typical pollen spectra of cultural deposits are dominated by *Cerealia* pollen together with weeds such as *Centaurea cyanus*, *Consolida regalis*, *Scleranthus annuus* and *Spergularia*. Other typical taxa such as *Vicia* type, *Rubiaceae*, *Convolvulus arvensis*, *Adonis aestivalis/A. flammea*, *Anchusa/Pulmonaria* or *Trifolium pratense* type may not be typical weeds, although all of them include some weed species (Table 2). The close relationship between *Gramineae* and *Cerealia* (Figs 5 and 6) is very important for the interpretation of the local vegetation at the study site. The strong correlation suggests that the majority of *Gramineae* pollen belongs to weed or ruderal

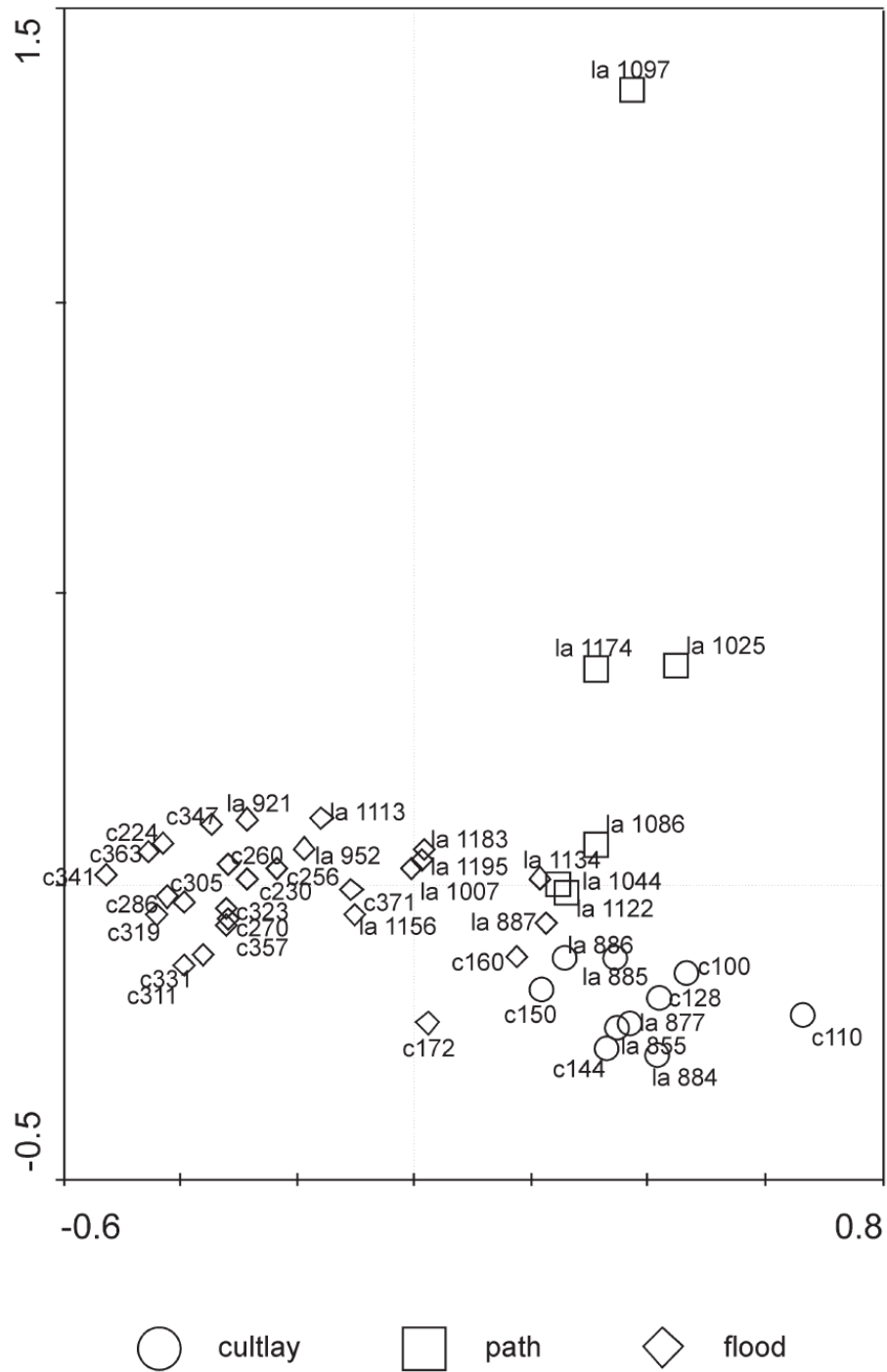


Fig 4. PCA analysis showing the distribution of samples from c – core and la – archaeological layers. Unlike the samples from causeways, samples from flood loams and cultural layers form distinct groups.

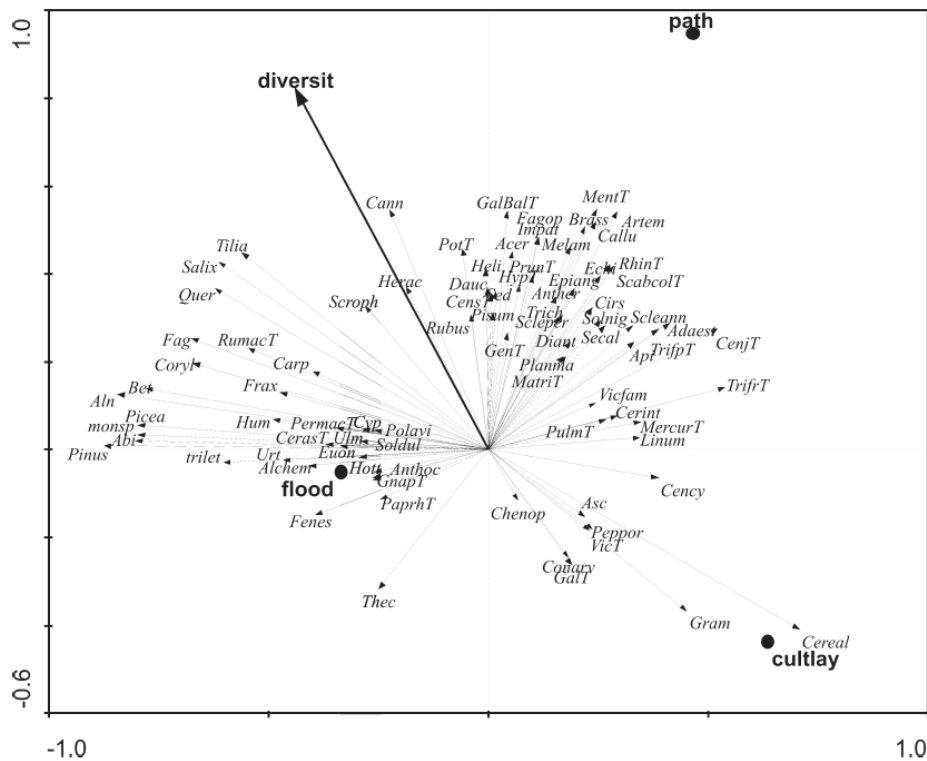


Fig 5. RDA analysis testing the role of environmental parameters, diversity and type of sediment. Explained variability: (a) canonical axis: 8.3%, 4.9%, 2.6%; (b) noncanonical axis: 5.3%. Only species having a ratio over 5% are shown. A correlation of three groups of taxa defined in Fig. 6 with the three sediment types is evident: flood loams – group A, cultural layers – group B, causeways (paths) – group C. That high diversity of group C is correlated with paths indicate how diverse the medieval town was; of course pollen of many taxa does not belong to vegetation growing directly along a causeway. Paths are also exclusively Early Medieval, which poses a question, to what degree is this diversity associated with High Medieval town.

Abi – *Abies alba*, Acer – *Acer*, Aadaest – *Adonis aestivalis/A. flammea*, Alchem – *Alchemilla*, Aln – *Alnus*, Anther – *Anthericum*, Anthoc – *Anthoceros punctatus*, Api – *Apiaceae*, Artem – *Artemisia*, AstT – *Aster* type, Bet – *Betula*, Brass – *Brassicaceae*, Bupl – *Bupleurum falcatum* type, Callu – *Calluna vulgaris*, Camp – *Campanula/Phyteuma*, Cann – *Cannabis*, Card – *Carduus*, Carp – *Carpinus*, Cency – *Centaurea cyanus*, Cenj – *Centaurea jacea/C. stoebe*, Cens – *Centaurea scabiosa*, Ceras – *Cerastium*, Cereal – *Cerealialia*, Cerint – *Cerinth minor*, Chenop – *Chenopodiaceae*, Cirs – *Cirsium*, Cons – *Consolida regalis*, Conarv – *Convolvulus arvensis*, Coryl – *Corylus avellana*, Cyp – *Cyperaceae*, Dauc – *Daucus carota*, Dian – *Dianthus*, DryoT – *Dryopteris filixmas*, Echi – *Echium vulgare*, Epiang – *Epilobium angustifolium*, Euon – *Euonymus europaea*, Fag – *Fagus sylvatica*, Fallop – *Fallopia convolvulus/F. dumetorum*, Fenes – *Asteraceae-Fenestratae*, Fern – monolete fern spore, Filip – *Filipendula ulmaria/F. vulgaris*, Franal – *Frangula alnus*, Frax – *Fraxinus excelsior*, GalBal – *Galeopsis-Ballota* type, GenT – *Gentiana/Centaurium*, GnapT – *Gnaphalium* type, Gram – *Gramineae*, Hede – *Hedera helix*, Heli – *Helianthemum*, Herac – *Heracleum sphondylium*, Hott – *Hottonia palustris*, Hum – *Humulus lupulus*, Hyp – *Hypericum*, Impat – *Impatiens noli-tangere*, MatriT – *Matricaria* type, Linum – *Linum usitatissimum*, Melam – *Melampyrum*, MentT – *Mentha* type, Menya – *Menyanthes trifoliata*, Mercur – *Mercurialis*, Moss – trilete moss spore, Odont – *Odontites* type, PaprhT – *Papaver rhoeas* type, Peppor – *Peplis portula*, Picea – *Picea abies*, PersmT – *Persicaria maculosa* type, Pinus – *Pinus sylvestris*, Planlan – *Plantago lanceolata*, Planma – *Plantago major*, Polavi – *Polygonum aviculare*, Pot – *Potentilla/Fragaria*, PrunT – *Prunus* type, Anch – *Anchusa/Pulmonaria*, Quer – *Quercus*, Ranac – *Ranunculus acris* type, Ribes – *Ribes uva-crispa*, RhinT – *Rhinanthus* type, Rubi – *Rubiaceae*, Rubus – *Rubus*, Rumac – *Rumex acetosa* type, Salix

– *Salix*, Scabcol – *Scabiosa columbaria* type, Scleran – *Scleranthus annuus*, Scleper – *Scleranthus perennis*, Scroph – *Scrophulariaceae*, Secale – *Secale cereale*, Sed – *Sedum*, Spergia – *Spergularia*, Sold – *Solanum dulcamara*, Soln – *Solanum nigrum*, Symph – *Symphytum*, Thali – *Thalictrum*, Thec – *Thecaphora*, Tilia – *Tilia*, Trich – *Trichuris trichiura*, Trifp – *Trifolium pratense* type, Trifr – *Trifolium repens* type, Ulm – *Ulmus*, Urt – *Urtica*, Valoff – *Valeriana officinalis*, VicT – *Vicia* type, Vicfam – *Viciaceae*, diversit – diversity, cultlay – cultural layer, path – path/causeway, flood – flood loam.

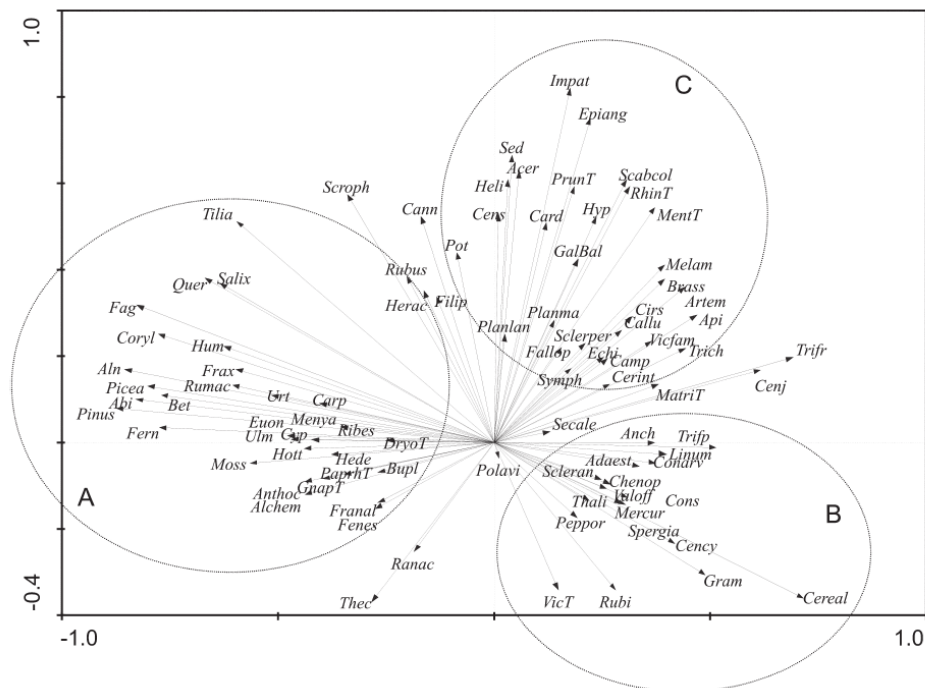


Fig 6. PCA analysis showing distribution of species. Explained variability: 10.7%, 6.3% and 4.8% for the first three axis, respectively. Only species having a ratio of over 6% are shown. Three groups of pollen types are distinct. The largest contrast is between the two environments separated on the first axis – natural (A group) and cultural (B group). GroupA includes trees, aquatic and wetland taxa and some weeds and ruderals. The whole group is connected with the alluvial environment where long distance transport and pollen rain from local vegetation is important. Group B includes above all cereals and weeds. This group represents the environment of cornfields. GroupC includes many taxa of dry sunny biotopes, both ruderal and natural. It represents the diverse environment of a town where many taphonomical processes formed the pollen spectrum. See Fig. 5 for species codes.

species. Thus reeds (*Phragmites australis* is included in the *Gramineae* pollen type) were not an important component of the vegetation of the old river channel. Pollen grains dominating in the cultural deposits belong to an allochthonous human component (Greig 1982), which originated mostly from corn fields. The majority of the *Cerealia* pollen present in flood loams (see Fig. 2) must have been washed down from the streets where grain was threshed and manipulated in general (including consumption, since whole pollen grains can pass through the digestive tract; Jankovská&Kratochvílová 1988). The same is true for the pollen of *Polygonum aviculare* or egg

shells of *Trichuris trichiura*. Thus, indicators of the cultural environment (town) can be detected even in natural flood deposits (Fig. 2), which is expected since the old river channel formed part of the boundary of the rising medieval town. A set of samples from Early Medieval sediments deposited in causeways (Table 1). This sediment type is characterized by a great diversity of species (Figs 5 and 6). Pollen types typical of this sediment belong to taxa of both ruderal and relatively natural biotopes associated with dry sunny sites. Typical ruderals are *Artemisia*, *Fallopia convolvulus*/*F. dumetorum*, *Epilobium angustifolium*, *Plantago major* and possibly even *Brassicaceae*, *Apiaceae* (Greig 1982), *Cerinth minor*, *Trifolium repens* type, *Cirsium* (if we consider *Cirsium arvense*), *Matricaria* type and *Galeopsis-Ballota* type. Ecologically different are the taxa associated with steppe vegetation. These are above all *Helianthemum*, *Centaurea scabiosa*, *Hypericum*, *Sedum*, *Scabiosa columbaria* type and *Melampyrum*. The fact that the presence of *Melampyrum* is not correlated with that of deciduous trees (especially *Quercus* and *Carpinus* as the dominant taxa of the *Melampyro-Carpinetum* association; Moravec & Neuhäusl et al. 1991) possibly indicates that the pollen grains were mainly of *Melampyrum arvense*. Species such as *Centaurea jacea*, *Scleranthus perennis* and *Echium vulgare* originated from natural xerophilous communities, but can survive even after some degradation of the biotope. Pollen grains of *Acer* and *Prunus* type, unlike that of other tree taxa, probably did originate from local sources (Fig. 5). *Acer* belongs to a species the branches of which were used as a fodder for cattle (Greig 1982). Causeways represent an environment that is in contact with many other environments. There must have been bushes of ruderals growing alongside the paths, along which the cattle were driven to market or pasture (possible source of pollen of pasture vegetation from dung), and goods and materials, including harvested crops and hay, were transported into town. A causeway is in general an environment by means of which a town communicates with the countryside. Figure 4 presents the distribution of particular samples (PCA analysis). Samples from flood loams and cultural layers formed distinct groups while the samples from causeways are less distinct. This can be accounted for in terms of how the sediment sampled from causeways originated; the initial layer of flood loam was stabilized by stones, and the sediment between the stones subsequently enriched with organic material in an accidental way. Moreover, in the case of causeways only seven samples were compared, which is statistically a very low number.

3.3. Development of the site in time

The pollen spectra span approximately five centuries. It is not possible to claim that vegetation over this period did not change. The results indicate three typical pollen spectra characterizing three sediment types. In terms of the taphonomical processes that formed these pollen spectra, it would be very difficult to interpret the results diachronically. On the other hand, all three

sediment types were deposited quite independently at different times – first, the causeways, then flood loams and finally the cultural layers (Table 1). This means that the dissimilarities in the three pollen spectra are also related to time. Nevertheless, for the interpretation the environmental development at the site and its surroundings it is important to consider sedimentology.

There were three different phases in the sedimentology and archaeology of the study site. (1) In the Early Medieval period, the old river channel was part of an inhabited area. The Vltava river did not flow through the site any more (Hrdlička 2001). The evidence for this are the Early Medieval causeways crossing the old river channel. The not-very-thick flood loams separating them indicate that each causeway had to be rebuilt after each flood. (2) Construction of weirs on the Vltava river in the second half of the 13th century resulted in very destructive floods that filled the old river channel with thick layers of loams and sand. The previous flood plain was abandoned (Hrdlička 1972, 1984). (3) The site of the old river channel was levelled and on the top of the flood loams cultural sediments accumulated. As early as the 15th century, people probably contributed to levelling the ground in order to incorporate it into a built-up area (J. Čiháková, pers. comm.). This development of the locality will be better documented when the archaeological analysis is completed.

Vegetation of the old river channel could have differed during these three phases, even though there is no strong indication of this in the pollen spectra. It is wrong to focus on local vegetation, because pollen grains of weeds and ruderals in particular could have multiple origins as discussed above. Thus, one of the important conclusions of this study is that the information value of the pollen analysis is not sufficient to indicate accurately the character of the local vegetation. During the first phase, the role of annual weeds in the initial stage of succession was probably less important and nitrophilous perennials probably dominated. The same is true for the third phase, when the vegetation on the river banks, naturally developing into later successional stages (Ellenberg 1988), changed to ruderal vegetation as nutrients were added by man. Although the species spectra during this process may have remained very similar, some increase with eutrophication is evident from the growing abundance of weeds and ruderals (Figs. 2 and 3), *Trichuris trichiura* (Fig. 2) and the slightly lowered pollen diversity curve in the upper part of the profile (Fig. 3). Moreover, if the youngest pollen spectra from the cultural deposits are compared with the oldest pollen spectra from causeway sediments, that are also of cultural origin to a great extent, the decrease in species diversity is obvious and negatively correlated with cultural layers, i.e. the youngest strata (Fig. 5). To test this statistically a larger data set is needed, especially for the Early Medieval period.

Acknowledgements: We thank the director of the rescue archaeological research (NPÚ, No. 3/05) in Valdštejnská street, Jarmila Čiháková, who arranged financial support for this study and helped us sample the archaeological layers. We thank Jiří Sádlo, Petr Kuneš and Pim van der Knaap for useful critical comments on the manuscript. A special thanks belong to Veronika Sacherová who helped to arrange the text and to improve our English. Tony Dixon edited the English of the final version of the manuscript. The results presented are a part of the project GA ASCR no. AX 000 20701.

References

Behre K. E. (1992): The history of rye cultivation in Europe. – *Veget. Hist. Archaeobot.* 1: 141–156.

Beneš J., Kaštovský J., Kočárová R., Kočár P., Kubečková K., Pokorný P. & Starec P. (2002): Archaeobotany of the Old Prague Town defence system: archaeology, macro-remains, pollen and diatom analysis. – *Veget. Hist. Archaeobot.* 11: 107–119.

Beug H. J. (2004): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. – Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

Břízová E. (1998): Pylová analýza sedimentu středověké Sněmovní ulice v Praze [Pollen analysis from medieval Prague, Sněmovní Street]. – *Archaeologica Pragensia* 14: 317–328.

Čiháková J. (1999): Malá Strana od pravěku do vrcholného středověku [Lesser Town of Prague from prehistory up to medieval ages]. – In: Vlček P. (ed.), *Umělecké památky Prahy, Malá Strana* [Artistic relics of Prague, Lesser Town], p. 11–27, Academia Praha.

Čiháková J. & Zavřel J. (1997): Ibrahímův text a archeologické poznání Malé Strany [Text of Ibrahim ibn Jakub and archaeological knowledge of Lesser Town, Prague]. – *Archaeologica Pragensia* 13: 93–103.

Čulíková V. (1998a): Výsledky analýzy rostlinných makrozbytků z lokality Praha 1 – Malá Strana, Tržiště čp. 259/III (Hartigovský palác) [Macroremain analysis from Prague 1 – Lesser Town, Tržiště Street 259/III (Hartig palace)]. – *Archaeologica Pragensia* 14: 291–316.

Čulíková V. (1998b): Rostlinné makrozbytky z raně středověkých sedimentů na III. nádvoří Pražského hradu [Plant macroremains from Early Medieval sediments at the Prague Castle, 3rd courtyard]. – *Archaeologica Pragensia* 14: 329 – 341.

Čulíková V. (2001): Rostlinné makrozbytky z pěti středověkých lokalit při obvodu centrální části Pražského hradu [Plant macroremains from five sites along a central part of Prague Castle]. – *Medievalia Archaeologica* 3: 303–327.

Dostál J. (1950): Květena ČSR [Flora of Czechoslovakia]. – Československá botanická společnost, Praha.

Ellenberg H. (1988): *Vegetation ecology of Central Europe*. Ed. 4. – Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Faegri K. & Iversen J. (1989): *Textbook of pollen analysis*. – J. Wiley & Sons, Chichester.

Gardner A. R. & Willis K. J. (1999): Prehistoric farming and the postglacial expansion of beech and hornbeam: a comment on Küster. – *The Holocene* 9: 119–122.

Greig J. (1982): The interpretation of pollen spectra from urban archeological deposits. – In: Hall A. R. & Kenward H. K. (eds), *Environmental archeology in the urban context*, p. 47–65, Council for British Archaeology, Research report 43.

Greig J. (1991): The early history of cornflower (*Centaurea cyanus*) in the British isles. – In: Hajnalová E. (ed.), *Palaeoethnobotany and archaeology*. International Work-Group for Palaeoethnobotany 8th Symposium, 1989, *Acta Interdisciplinaria Archaeologica* 7: 97–109.

Hrdlička L. (1972): Předběžné výsledky výzkumu v Praze 1 na Klárově [Preliminary results from archaeological research at Klarov, Prague 1]. – *Archeologické rozhledy* 24: 644–663, 693–696.

Hrdlička L. (1984): Nástin vývoje reliéfu historického jádra Prahy ve středověku [A sketch of development of medieval historical centre of Prague]. – *Archaeologica Pragensia* 5: 197–209.

Hrdlička L. (2001): Jak se měnila a rostla středověká Praha [How did medieval Prague change and rise]. – In: Kovanda J. (ed.), *Neživá příroda Prahy a jejího okolí* [Geology of Prague and its vicinity], p. 201–212, Academia, Praha.

Jankovská V. (1987): Netradiční interpretace pylových spekter ze středověké Prahy [A special interpretation of pollen spectra from medieval Prague]. – *Archeologické rozhledy* 39: 435–480.

Jankovská V. (1991): Pyloanalytické výsledky z výzkumu středověké Prahy, Týnský dvůr [Results of pollen analysis from a research at medieval Týnský dvůr, Prague]. – *Archaeologica Pragensia* 11: 311–319.

Jankovská V. (1997): Výsledky pylových analýz z lokality Praha 1 – Malá Strana, Tržiště 259/III [Results of pollen analysis from Lesser Town, Tržiště Street 259/III, Prague]. – In: Kubková J., Klápště J., Ježek M. & Meduna P. (eds.), *Život v archeologii středověku* [Life in the archaeology of the Middle Ages], p. 299–308, Archeologický ústav AV ČR, Praha.

Jankovská V. & Kratochvílová I. (1988): Das Überdauern von Pollenkörnern an reifen Getreidsamen: Beitrag zur Präzisierung einer Interpretationen der pollenanalytische Ergebnisse. – *Folia Geobot. Phytotax.* 23: 211–215.

Kozáková R. & Boháčová I. (2008): Přírodní prostředí Pražského hradu a jeho zázemí – výpověď pylové analýzy z raně středověkých sedimentů ze III. nádvoří [Environment of Prague Castle and its vicinity – notice of pollen analysis from Early Medieval sediments from the 3rd courtyard]. – *Archeologické rozhledy* 60: 547–564.

Kovanda J., Balatka B., Bernard J. H., Brunnerová Z., Březinová D., Bukovanská M., Cílek V., Fridrichová M., Havlíček V., Holub V., Hrdlička L., Chlupáč I., Kadlecová R., Kachlík V., Kaprasová E., Kleček M., Král J., Kříž J., Lochmann Z., Lysenko V., Mašek J., Šalanský K., Tomášek M. & Zelenka P. (2001): Neživá příroda Prahy a jejího okolí [Geology of Prague and its vicinity]. – Academia, Praha.

Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. & Štěpánek J. (2002): Klíč ke květeně České republiky [Key to the flora of the Czech Republic]. – Academia, Praha.

Küster H. (1997): The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. – *The Holocene* 7: 239–242.

Lepš J. & Šmilauer P. (2003): Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. – Cambridge University Press, Cambridge.

Latałowa M., Badura M. & Jarosińska J. (2003): Archaeobotanical samples from non-specific urban contexts as a tool for reconstructing environmental conditions (examples from Elbląg and Kołobrzeg, northern Poland). – *Veget. Hist. Archaeobot.* 12: 93–104.

Lityńska-Zajac M. & Wasylkowa K. (2005): Przewodnik do badań archeobotanicznych [Key to the archaeobotanical research], p. 37–41, Sorus, Poznań.

Málek J. (1980): Odumírání jedle v 18. a 19. století [Dieback of *Abies alba* in 18th and 19th century]. – *Lesnická práce* 59: 78–80.

Mencl V. (1969): Praha. – Odeon, Praha.

Moore P. D., Webb J. A. & Collinson M. E. (1991): Pollen analysis. – Blackwell Sci. Publ., Oxford.

Moravec J., Neuhäusl R., Blažková D., Husová M., Kolbek J., Krahulec F. & Neuhäuslová-Novotná Z. (1991): Přirozená vegetace území hlavního města Prahy a její rekonstrukční mapa [Natural vegetation of the territory of the capital city Prague and its reconstruction map]. – Academia, Praha.

Neuhäuslová Z. (ed.) (1998): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky [Map of potential natural vegetation of the Czech Republic]. – Academia, Praha.

Opravil E. (1980): Z historie synantropní vegetace II [About history of synanthropic vegetation II]. – *Živa* 2: 53–55.

Opravil E. (1986): Rostlinné makrozbytky z historického jádra Prahy [Plant macroremains from historical centre of Prague]. – *Archaeologica Pragensia* 7: 237–271.

Opravil E. (1994): Příspěvek k poznání rostlinných makrozbytků ze staré Prahy [A contribution to the knowledge of plant macroremains from historical Prague]. – *Archeologické rozhledy* 46: 105–114.

Pokorný P. (2000): Pylová analýza středověkého komunikačního horizontu z Prahy – Uhelného trhu [Pollen analysis from medieval path from Uhelný trh, Prague]. – *Archeologica Pragensia* 15: 141–146.

Pokorný P. (2002): Palaeogeography of forest trees in the Czech Republic around 2000 BP: Methodical approach and selected results. – *Preslia* 74: 235–246.

Pokorný P. (2003): Rynholec: nová sonda do postglaciálního vývoje vegetace na severním pomezí Křivoklátska [Rynholec site: a new probe into the postglacial vegetational development on the northern edge of Křivoklát Region, Czech Republic]. – In: Kolbek J. (ed.), *Vegetace chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko. 3. Společenstva lesů, křovin, pramenišť, balvanišť a acidofilních lemů* [Vegetation of protected landscape area and biospherical reservation Křivoklátsko Region. 3. Communities of forests, shrubs, springs, boulder screes and acidophilous fringe vegetation], p. 11–18, Academia, Praha.

Punt W. (1980): The northwest European pollen flora 37. *Umbelliferae*. – Elsevier Publ., Amsterdam.

Reille M. (1992): Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. – Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille.

Ralska-Jasiewiczova M., Latałowa M., Wasylikowa K., Tobolski K., Madeyska E., Wright H. E. Jr. & Turner Ch. (eds.) (2004): Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps. – W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakow.

Sádlo J. (2001): Artefakt i divočina: o petřínské vegetaci [Artifact and wilderness: on the vegetation of Petřín]. – In: Zavřel J. (ed.), *Pražský vrch Petřín* [Petřín hill in Prague], p. 34–57, Paseka, Praha.

Sádlo J. & Pokorný P. (2003): Vegetace Křivoklátska ve světle historicko-ekologických dat [Vegetation of Křivoklát Region in the light of historical and ecological data]. – In: Kolbek J. (ed.), *Vegetace chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko. 3. Společenstva lesů, křovin, pramenišť, balvanišť a acidofilních lemů* [Vegetation of protected landscape area and biospherical reservation Křivoklátsko Region. 3. Communities of forests, shrubs, springs, boulder screes and acidophilous fringe vegetation], p. 327–333, Academia, Praha.

Sádlo J., Pokorný P., Hájek M., Dreslerová D. & Cílek V. (2005): Krajina a revoluce [Landscape and revolution]. – Malá Skála, Praha.

Sugita S., Gaillard M. J. & Broström A. (1999): Landscape openness and pollen records: a simulation approach. – *The Holocene* 9: 409–421.

Volařík D. (2006): Přirozené lesní porosty s jedlí v CHKO Bílé Karpaty [Natural phytocoenoses with *Abies alba* in the protected landscape area of White Carpathian Mountains]. – In: *Sborn. Venkovská krajina 2006*, p. 211–214, ZO ČSOP Veronika, Brno.

Zavřel J. (2001): Geologie, morfologie a osídlování malostranské kotliny [Geological and morphological conditions of the Prague Lesser Town basin and influence on the beginnings of settlement in this area]. – *Mediaevalia Archaeologica* 3: 7–27.

Souhrn

Záchranný archeologický výzkum ve Valdštejské ulici v Praze odkryl povodňové sedimenty slepého ramene Vltavy, které byly naplaveny v průběhu středověku. Pro pylovou analýzu byl odebrán vrtaný profil povodňovými sedimenty a dále byly ovzorkovány jednotlivé odkryté archeologické vrstvy povodňových a kulturních horizontů. Celkové časové rozpětí zachycené pylovou analýzou odpovídá době od závěru 10. do 15. století. Unikátní soubor vzorků ze tří typů sedimentů (povodňové hlíny, kulturní uloženiny a sediment deponovaný na povrchu cest) byl vyhodnocen pomocí mnohorozměrných statistických metod. Strukturu dat do velké míry určuje charakter sedimentu, nejvíce kontrastní jsou dvě skupiny – druhy s vazbou na povodňové naplaveniny (převážně dřeviny, vodní a nitrofilní druhy) a druhy charakteristické pro kulturní vrstvy (obilniny a jiné plodiny, trávy a plevely). Prostředí vedlejšího říčního koryta bylo silně ovlivněno povodněmi zejména po stavbě pevných jezů na Vltavě v polovině 13. století. Vegetace měla charakter časných sukcesních stádií ruderalů a plevelů, které se uplatňovaly i v prostředí okolního města. Větší rozšíření mokřadních společenstev (rákosin či ostřicových porostů) pylová analýza vyvrátila, v prostoru bývalého říčního koryta však zůstávala fragmentovaná mokřadní vegetace s poměrně vzácnými druhy jako *Menyanthes trifoliata*, *Hottonia palustris* a *Thelypteris palustris*.

Appendix 2. Percentage representation of pollen types identified in archaeological layers. ◇Causeway, □Cultural layer, ○Flood sediment. See Table 1 for details on layers. Percentages were counted from the sums of pollen given in the bottom row.

Pollen type	◇1174	◇1097	◇1086	◇1044	◇1113	○1025	○1122	○1195	○1007	○952	○1183	○1156	□877	○1134	□855	○921	○887	□886	□885	□884
Trees																				
<i>Abies alba</i>	0.6	0.3	0.7	1.7	4.3	0.2		0.5	1.0	6.5	3.9	2.0		0.9		9.5	2.1	2.2	0.2	
<i>Acer</i>		2.6	0.2			1.2					0.2						0.2	0.3	0.1	
<i>Alnus</i>	0.8	0.9	0.5	2.3	4.5	0.7	0.7	3.7	3.7	6.5	3.0	2.4		1.1		5.8	1.6	0.3	0.1	0.2
<i>Betula</i>	1.8	0.3	0.7	1.7	2.1	1.9	1.1	2.2	4.3	1.2	2.8	3.6	0.6	1.5		1.9	1.2	0.5	0.1	1.0
<i>Carpinus betulus</i>	0.6			0.6	0.5		0.2		0.8	0.3	1.2	0.8					0.2			
<i>Corylus avellana</i>	2.3	0.3	0.5		1.3	0.4	0.4	0.7	0.6	1.7	0.8	1.0		0.4	0.2	0.9	0.2			
<i>Euonymus europaeus</i>																	0.7			
<i>Fagus sylvatica</i>	0.8	1.2	0.4	0.6	1.1	0.4		2.2	0.6	2.2	0.8	0.4				1.4				
<i>Fraxinus excelsior</i>		0.3				0.2				0.3	0.2						0.2			
<i>Picea abies</i>	0.6	0.6	0.5	1.2	5.6	0.4	0.4	0.7	2.2	3.9	4.3	3.8	0.1	1.1		5.1	1.1	0.8	0.1	
<i>Pinus sylvestris</i>	3.7	2.6	1.4	3.2	10.4	1.8	1.6	3.2	7.9	12.6	7.7	10.5	1.2	8.3		20.1	8.8	7.1	0.8	0.7
<i>Prunus</i> type		1.4	0.2		0.3		0.2				0.2						0.2			
<i>Quercus</i>	2.5	1.4	0.4	1.4	1.1	0.5	0.2	1.5	1.0	1.4	1.2	1.4	0.1	1.1	0.2	0.9	0.2	0.5	0.1	
<i>Rubus</i>		0.9	0.2				0.2			0.2								0.3	0.1	
<i>Salix</i>	2.1	1.7		7.0	2.7	0.4	0.5	1.7	1.8	1.4	1.8	1.2		0.9		1.4	0.5	0.5		0.2
<i>Sambucus nigra/S. racemosa</i>				0.3	0.3		0.2	0.5					0.3		0.2					
<i>Tilia</i>	0.4	2.3	0.2	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2				0.4		0.5	0.5	0.5		
<i>Ulmus</i>	0.2											0.4				0.2		0.3		
<i>Viburnum opulus</i>																	0.2			
Herbs																				
<i>Aconitum</i>							0.5	0.2	0.2	0.2		0.2								
<i>Adonis aestivalis/A. flammea</i>	0.2			0.9		0.4	0.9								0.3					0.2
<i>Agrostemma githago</i>	0.4			0.3									0.3						0.1	
<i>Alchemilla</i>			0.2																	
<i>Alisma</i>																				
<i>Anchusa/Pulmonaria</i>						0.2														
<i>Anemone</i> type		0.6				0.2		0.2									0.2			
<i>Anthericum</i>				0.3																
<i>Apiaceae</i>	1.0	0.3	1.4	0.3	0.8	3.2	0.6	1.2	0.2	1.4	0.6	0.8	1.2	1.9	0.4	0.2	0.9	1.9	0.7	0.3
<i>Artemisia</i>	8.6	8.7	4.8	9.0	3.5	24.9	20.2	3.2	10.6	2.4	4.1	6.3	7.6	5.3	2.0	2.1	1.6	1.6	2.2	4.0
<i>Aster</i> type	0.4	0.6	0.5	0.3	1.1	0.2	0.9	0.2	0.4		0.4		0.4	0.8	0.5		0.2	0.3		0.3
<i>Asteraceae-Fenestratae</i>	1.2	0.9	0.9	0.6	2.1	1.9	1.6	2.2	2.0	2.2	1.6	2.0	0.4	2.3	0.8	3.2	2.3	3.0	0.3	1.4
<i>Astrantia major/Sanicula europaea</i>														0.2						
<i>Brassicaceae</i>	0.4	2.3	2.1	2.3	0.3	2.3	0.4	0.7		0.9	0.4	0.6		1.3	0.2	0.5	0.7	1.4	0.4	0.2
<i>Calluna vulgaris</i>	0.2	0.3	1.1	2.0	0.5	0.5	0.4		0.2	0.2		0.2		0.2	0.2	0.2				
<i>Campanula/Phyteuma</i>	0.4	0.3		0.3	0.3									4.9			0.2	0.3		
<i>Cannabis sativa</i>	0.6	1.7		1.4		1.1	1.4	1.2	1.6	0.3	0.4	0.4	0.1	0.8		0.5		0.3	0.1	0.2
<i>Carduus</i>		0.6														0.2				
<i>Centaurea cyanus</i>	0.2	1.4	2.1	2.3	0.8	2.8	2.3	1.5	1.2	1.2	0.8	1.2	4.1	1.9	2.3	0.9	1.2	1.4	0.8	0.9
<i>Centaurea jacea/C. stoebe</i>	1.4	0.9	0.7	0.6		0.7	0.2	0.2	0.2	0.9	0.4		0.6	0.4	0.2		0.5	0.8	0.1	0.2
<i>Centaurea scabiosa</i>	0.4	0.3										0.2								
<i>Cerastium</i>	0.2				0.3				0.4	0.2	0.2			0.2			0.4			
<i>Cereal</i>	27.5	13.9	15.4	10.7	3.5	8.2	9.8	13.6	11.4	11.8	17.1	14.9	55.6	22.7	58.3	12.7	30.6	43.3	35.1	29.0
<i>Cerinth</i> minor						0.2														0.1
<i>Chenopodiaceae</i>	1.0	1.4	1.8	2.0	1.3	3.9	1.6	22.6	5.5	1.7	1.4	3.6	2.6	3.2	0.8	3.2	2.5	3.3	1.0	4.4
<i>Cirsium</i>	0.2	0.6		0.3		0.7	0.2			0.5				0.4			0.5			0.3
<i>Consolida regalis</i>											0.4			0.2				0.3	0.1	
<i>Convolvulus arvensis</i>		0.3							0.4		0.2		0.9	0.2	0.2		0.2			0.1

Pollen type	1174	1097	1086	1044	1113	1025	1122	1195	1007	952	1183	1156	877	1134	855	921	887	886	885	884
Trees																				
<i>Cuscuta</i>	0.2																			
<i>Cyperaceae</i>	0.6	0.6	0.7	0.6	0.3		0.2	0.5	0.6	1.0		0.2		0.4	0.2	1.6	0.9	0.3		0.7
<i>Dianthus</i>			0.2																	
<i>Echium vulgare</i>			0.2			0.2														
<i>Epilobium angustifolium</i>		0.9																		0.1
<i>Euphorbia</i>				0.3																
<i>Falcaria</i> type											0.2		0.1							
<i>Fallopia convolvulus/F. dumetorum</i>	0.2	0.3	0.2			0.5		0.2		0.2	0.2	0.2						0.5	0.1	
<i>Filipendula ulmaria/F. vulgaris</i>		3.5	0.7		4.0		0.2	0.2	0.2	0.3	0.2		0.3		0.2	0.7	0.4	0.3		0.5
<i>Galeopsis-Ballota</i> type	0.2	0.9	0.2	0.9		1.1	0.2	0.2	0.6	0.2				0.4		0.2				
<i>Gentiana pneumonanthe</i> type				0.3							0.2									
<i>Gramineae</i>	9.2	15.6	23.8	19.4	16.2	16.5	9.5	13.4	17.3	14.1	15.6	13.9	1.6	21.0	24.6	8.8	22.3	3.8	46.2	20.6
<i>Helianthemum</i>		0.9	0.2			0.4										0.2				
<i>Heracleum sphondylium</i>		0.3		0.3				0.2		0.2										
<i>Humulus lupulus</i>	0.4	0.9						0.5	0.2	0.9	0.6	0.8		0.2						0.1
<i>Hypericum</i>	1.8	1.7	0.5		1.3	1.2	0.2	0.7	0.4		1.2		0.3	0.4		0.2	0.2		0.2	0.2
<i>Impatiens noli-tangere</i>		0.6																		
<i>Iris sibirica</i>																0.2				
<i>Knautia</i>														0.2						
<i>Linum</i>	0.2																			
<i>Lotus</i>		0.3			0.5	0.4	0.2					0.2		0.2	0.2		0.2			
<i>Lysimachia vulgaris</i> type							0.2													0.2
<i>Malva</i> type	0.2																0.2			
<i>Matricaria</i> type	0.8	0.9	1.4	2.0	0.5	1.2	0.5	0.5	1.0	0.3	2.2	1.2	0.4	0.9	0.3	1.6	1.6	1.4	0.2	1.4
<i>Melampyrum</i>	0.8	0.6	0.2			0.5	0.2	0.7	0.2					0.2	0.2					
<i>Mentha</i> type	0.6	2.9	0.2	0.9		0.4	0.5		0.6		0.2	0.2			0.3		0.4	0.3		
<i>Mercurialis</i>				0.3																0.2
<i>Odontites</i> type		0.3	0.4		1.1	0.2	0.2						0.1		0.3					0.2
<i>Orlaya grandiflora</i>										0.2										
<i>Papaver rhoeas</i> type													0.1			0.9		0.3		
<i>Peplis portula</i>																				0.2
<i>Persicaria maculosa</i> type	0.2											0.2				0.7	0.2			
<i>Pimpinella major/P. saxifraga</i>							0.2						0.1							
<i>Plantago lanceolata</i>	2.7	1.2	0.2	0.9	0.8	2.1	0.4		1.8	1.5	0.8	1.0	1.2	0.6	0.3	1.6	0.4	1.1	0.7	0.7
<i>Plantago major</i>	0.4	0.6									0.4									0.3
<i>Plantago media</i>	0.2			0.6		0.5				0.2				0.2	0.2	0.2				
<i>Polygonum aviculare</i>	0.4	1.2	0.9	0.6	0.3	1.4	2.0	0.2	2.6	0.9	1.2	2.0	0.1	0.9	0.3	0.9	4.6	3.5	0.4	1.9
<i>Potamogeton</i>						0.4								0.2						
<i>Potentilla/Fragaria</i>	0.2	0.3	0.4		0.3	0.4	0.2				0.6					0.2		0.3		
<i>Pulsatilla</i>	0.2		0.2			0.2	0.2	0.2	0.2								0.5	0.3		
<i>Ranunculus acris</i> type			0.7	0.3	0.3	0.2	0.7	0.5	0.2	0.2	0.6	0.4		0.2	0.7	0.2		0.8	0.4	0.7
<i>Ranunculus aquatilis</i> type					0.8															0.2
<i>Rhinanthus</i> type	0.2	1.4				0.2	0.4		0.6											0.3
<i>Rubiaceae</i>					0.5	0.7	0.4		0.2	0.2		0.2		0.2	0.3	0.2	0.4	1.1		0.5
<i>Rumex acetosa</i> type	1.0		0.9	0.9	1.6	1.4	1.1	1.5	0.6	2.4	1.8	2.0		0.4	0.2	0.7			0.2	0.2
<i>Rumex aquaticus</i> type	0.2							0.2						0.9				0.5		
<i>Sagina</i>				0.3					0.2											
<i>Sanguisorba minor</i>																				0.2
<i>Saxifraga hirculus</i> type										0.2										
<i>Scabiosa columbaria</i> type	0.2	0.3																		
<i>Scleranthus annuus</i>				0.3			0.2													0.2
<i>Scleranthus perennis</i>						0.2														
<i>Scrophulariaceae</i>	0.2	2.3			0.3	0.5		0.2		1.2	0.2				0.2	0.5				

Pollen type	◇ 1174	◇ 1097	◇ 1086	◇ 1044	○ 1113	◇ 1025	◇ 1122	○ 1195	○ 1007	○ 952	○ 1183	○ 1156	□ 877	○ 1134	□ 855	○ 921	○ 887	□ 886	□ 885	□ 884	
Trees																					
<i>Secale cereale</i>	7.2	3.5	26.8	9.3	4.5	5.4	30.8	6.5	6.3	6.3	8.7	9.1	11.8	3.2	2.6	0.5	1.2	4.6	5.7	20.2	
<i>Sedum</i>		0.6														0.5					
<i>Silene</i>	0.2		0.7	0.3		0.4			0.4	0.2	0.6		0.7		0.3					0.2	
<i>Solanum dulcamara</i>								0.2									0.2				
<i>Solanum nigrum</i>	0.4		0.2				0.2						0.1								
<i>Sparganium/Typha angustifolia</i>									0.2						0.2						
<i>Succisa pratensis</i>			0.2													0.2					
<i>Symphytum</i>	0.2													0.2							
<i>Thalictrum</i>				0.3						0.2	0.4				0.6		0.2	0.5		0.2	
<i>Trifolium pratense</i> type	5.3		0.5	1.7	0.5	0.5	0.5	1.2	0.6		0.2	0.2	0.4	0.9				0.5	0.1	1.6	
<i>Trifolium repens</i> type	2.9	2.0		1.2	0.3	1.1	0.4	0.7	0.2	0.3	0.8	1.0	1.8	0.6	0.3		0.9	2.2	0.7	3.7	
<i>Urtica</i>			1.4	0.5	0.9	9.8	0.4	0.7	0.7	1.2	1.2	1.4	1.0	1.0	0.8	0.3	0.7		0.3	0.8	0.2
<i>Valeriana officinalis</i>	0.2										0.2						0.2			0.2	
<i>Valerianella</i>	0.2				0.3																
<i>Veronica</i> type			0.2	0.6			0.2	0.2				0.2			0.2	0.5		0.5			
<i>Vicia</i> type				0.6			0.2													0.9	
<i>Viciaceae</i>			0.9	0.4			0.2		0.2		0.2		0.6		0.8		2.5	1.1			
<i>Viola arvensis/V. tricolor</i>																		0.3			
<i>Xanthium</i>													0.1	0.2		0.5					
Non pollen objects																					
<i>Lycopodium annotinum</i>	0.2					0.2		0.2													
<i>Lycopodium clavatum</i>								0.2		0.3						0.5					
<i>Lycopodium annotinum/L. clavatum</i>											0.2										
Monolete fern spore	0.6	0.3	0.7	1.7	5.1	1.2	1.3	2.7	4.5	3.9	4.9	5.9	0.4	2.1	0.2	4.2	2.8	2.7			
Trilete moss spore			0.2	0.3	0.5				0.5	0.4	0.5	0.2	0.8		0.2		0.2				
<i>Thecaphora</i>							0.5	0.7		0.3		0.4	1.0	0.2		0.2	0.4	1.1		0.9	
<i>Trichuris trichiura</i>	1.0	0.9	0.9	0.3	1.6	1.4	0.9	0.2	0.6	0.3	0.8	0.4	1.0	0.9			0.7	0.5	0.3		
Sum	512	346	564	345	376	570	559	403	509	587	508	495	680	528	605	432	569	367	889	573	

The potential of pollen analyses from urban deposits: multivariate statistical analysis of a data-set from the medieval city of Prague (Czech Republic).

Radka Kozáková^{1,2}, Petr Pokorný², Jan Havrda³, Vlasta Jankovská⁴

¹ Department of Botany, Faculty of Natural Sciences, Charles University of Prague, Benátská 2, Prague, Czech Republic. kozakova@arup.cas.cz

² Institute of Archaeology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Letenská 4, Prague, Czech Republic. pokorny@arup.cas.cz

³ National Institute for the Protection and Conservation of Monuments and Sites National Institute of the Care of Monuments, Na Perštýně 12, Prague, Czech Republic. havrda@praha.npu.cz

⁴ Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic. jankovska@brno.cas.cz

Abstract

Abstract In the 12th and 13th centuries, the land which is now the Czech Republic underwent deep social and landscape changes, defined by historians and archaeologists as a transitional period between the early and late medieval periods. This study aims to analyze this transition as reflected by 142 pollen spectra from urban deposits so far excavated in the city of Prague. Multivariate statistics and critical assessment of the results has brought general conclusions on the potential of pollen analysis for urban archaeological research. They reveal an early medieval urban environment as a fine mosaic formed by extensive management, and composed of many habitats without sharp borders between them. Since human impact increased with time and the use of land became more rationalized and intensive, this mosaic developed a relatively coarser structure in the high medieval period. Our results support findings of the earlier subjective and uncertain characteristics of two differing types of medieval pollen spectra (Cerealia-dominated ones with low pollen diversity versus those with a higher proportion of arboreal and wild herbal pollen and high pollen diversity) obtained from various archaeological sites.

Keywords: Early medieval, High medieval, Urban archaeobotany, Archaeological layers, Pollen taphonomy, Multivariate statistics

1. Introduction

1.1. Archaeology of Medieval Prague

Prague (Praha) is situated in the centre of Bohemia, in a basin formed on both banks of the river Vltava. The settlement history of early medieval Prague has been mainly studied from archaeological excavations, as the first written sources only date from the tenth century. However, there is no general consensus about the beginnings of local early medieval settlement there. Some excavations have shown human activity in Malá Strana (Lesser Town) as early as the eighth century (Fig. 1). During the ninth century, Pražský hrad (Prague Castle) was gradually established as the seat of the ruling Czech duke. By the tenth century there already existed a fortified settlement over an area of 35 ha directly below Prague Castle. A few other villages spread to the south, west and east of this fortified agglomeration (Čiháková and Havrda 2008). The detailed structure and organization of early medieval settlement on the left bank of the Vltava is not yet clear. So far we can only guess from some excavated foot-paths and the remains of non-agrarian activities such as the production of iron ore, which could have been mined at Malá Strana in the close vicinity of the settled area (Havrda et al. 2001).

Until the end of the tenth century, the settlement which was to become Prague was spread solely on the left bank of the Vltava. The opposite bank originally served as a place for funerals and by the end of the tenth century it started to be used by ironworkers. At the same time, the Vyšehrad castle was established here. Archaeological excavations on one of the former river islands have found an early medieval field close to a village (Hrdlička 1972). In the twelfth century Prague grew into a large settlement and finally into a high medieval town. It had two castles and was built from wood, clay and sometimes stone. There was a stone bridge connecting the old centre of Prague with a yet unfortified part of the town on the right bank where the main market at the place of present-day Staroměstské náměstí (Old Town Square) was situated. The thirteenth century brought many radical changes that gradually affected the whole country and hence are referred to as the Great Medieval Change (Klápště 2006). During this time Romanesque Prague, which had so far developed spontaneously, was transformed into a Gothic town with a strictly organized structure.

Closely connected with the interpretation of pollen spectra from urban deposits is the matter of waste disposal. The character of anthropogenic urban deposits reveals much about the approach of the inhabitants towards their environment. There are two distinct types of urban anthropogenic strata, differing in their type of deposition—an older, unorganised type and a later, regulated one. The transition between them follows the transformation of early medieval Romanesque Prague into a high medieval Gothic city (Hrdlička 2000a). In the first phase, waste was deposited in the form of cultural layers in backyards; in the second phase, deep pits for rubbish were dug instead and also many old wells or sand pits were re-used for

waste deposition. An alternative was to throw waste over the town walls. The deliberate and organized treatment of street surfaces and routes started only in the second third of the fourteenth century (Ledvinka and Pešek 2000). From then on, streets were paved and regularly cleaned. During the fourteenth century, the streets of Prague acquired their final structure—one that is still the same in today's city centre.

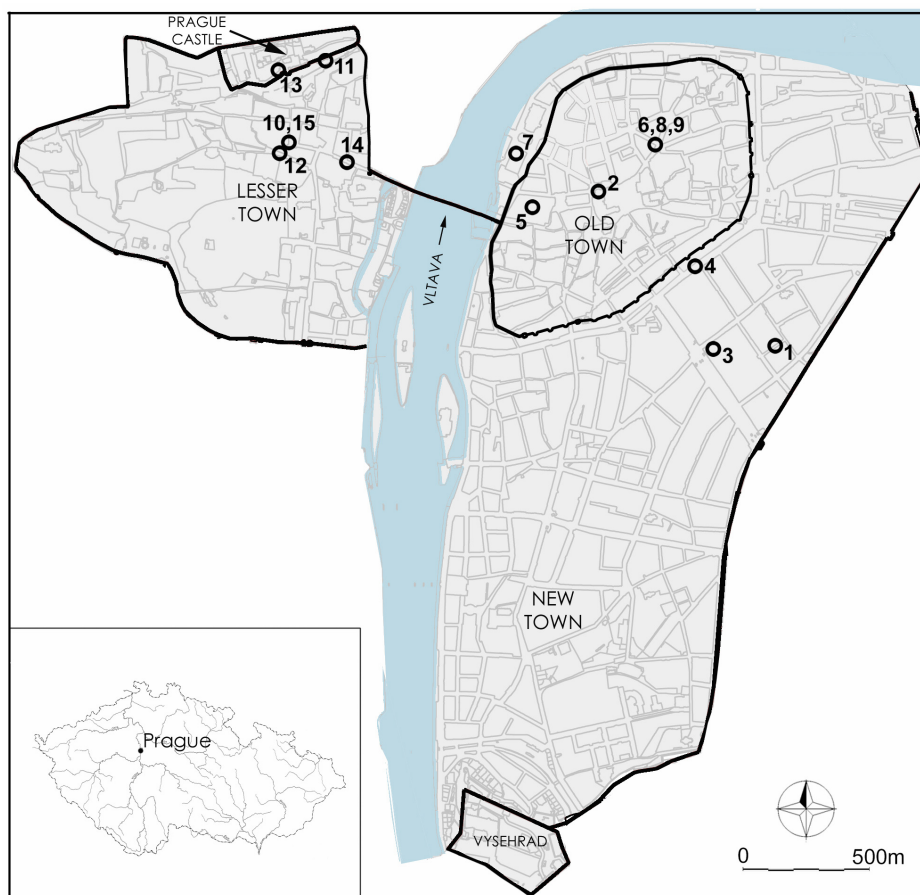


Fig. 1. Map of Prague with old settlement zones marked. Points show archaeological sites from which pollen data were used in this study. Numbers of sites correspond to numbers in Table 1. Prague castle – Pražský hrad, Lesser Town – Malá Strana, Old Town – Staré Město, New Town – Nové Město, Vysehrad – Vyšehrad.

1.2. Urban pollen analysis

The study of continuous profiles through natural sediments that contain a record of a relatively long time-span, aiming at the reconstruction of past landscapes, can be considered as the traditional methodological basis for pollen analysis. Peat and lake deposits are then the material of choice. Under such circumstances, pollen analysis has a more or less adequate spatial and taxonomic resolution. Pollen analysis as a part of archaeobotanical research has a different position, as the expectations are fundamentally different. Urban archaeobotany is mostly connected with deposits made by humans that were formed over relatively short time

periods. It is mostly focused on some special problems concerning human subsistence and these are usually successfully resolved by the analysis of macroremains as a rule (Jacomet 1994; Karg 1995; Hellwig 1997; Rösch 1998; Borojević 2005; Ruas 2005 and many others). Even though some papers point out the value of pollen analyses in connection with questions relating to past diet (for example Kalis et al. 2005), the role of pollen analysis in such research remains a subsidiary one compared to the analysis of plant macro-remains.

A bigger random component is one aspect in which the taphonomy of microscopic pollen grains is different from seeds and fruits (Greig 1982; Schofield 1994). Also, taxonomic problems play an important role as pollen types often include groups of species which differ in ecological characteristics. On the other hand, some non-pollen microscopic objects preserved in pollen samples, such as ova of intestinal parasites, can yield interesting supplementary information (Kalis et al. 2005; Wiethold 1999, 2000a, b, 2001).

Owing to the above-mentioned problems, it is obvious that the potential of pollen analysis as a sovereign part of archaeobotanical research of urban deposits is not yet clear—and this is what we would like to address in this paper. To this end, we use an example from historical Prague, the present-day capital of the Czech Republic. We believe that a critical assessment of our data set should result in some general conclusions concerning the potential of pollen analysis for use in urban archaeological research. We should be able to see how sensitive pollen analysis can be and what aspects it can reveal. Once known, we should be able to give some advice leading to improved sampling and research strategies.

1.3. Vegetation background

Although situated in a lowland valley, the area of Prague city is highly diverse in terms of its bedrock, soils and morphological relief. Without human influence, the local vegetation would be mixed deciduous woodland with dominant *Quercus petraea*, *Q. robur*, *Carpinus betulus*, *Tilia cordata* and *T. platyphyllos*. Among other tree taxa could be mentioned *Acer pseudoplatanus*, *A. platanoides*, *Ulmus glabra*, *U. minor*, *U. laevis*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Prunus padus*, *Betula pendula* and *Pinus sylvestris* (Moravec and Neuhäusl 1991). *Fagus sylvatica*, *Abies alba* and *Picea abies* could grow primarily on northern slopes or in the bottom of narrow valleys. The area of Prague has many places where secondary biotopes of xerophilous grasslands mainly belonging to the *Festuco-Brometea* class could develop. Other common non-arboreal vegetation would be mesophilous or wet meadows and pastures with taxa more recently belonging to the orders *Arrhenatheretalia* and *Molinietalia* (Ellenberg 1988).

2. Materials and methods

2.1. Pollen data-set from Medieval Prague

In the city of Prague there are several archaeological sites where pollen analyses have been performed and where particular researchers have striven to draw a picture of the local environmental and vegetation conditions (Jankovská 1987, 1991, 1997; Pokorný 2000; Beneš et al. 2002; Kozáková and Pokorný 2007; Kozáková and Boháčová 2008). This effort has so far been rather unsystematic, each particular study site being considered in isolation from the others. Moreover, the interpretation of pollen data has always been somewhat subjective. Here we would like to study a data set from Prague as a whole, consisting of 15 sites and 142 samples, using multivariate statistics. We ask the following questions:

- What feature or factor causes the largest differences between samples?
- Are there any specific pollen spectra for particular archaeological contexts?
- Are social and cultural changes that happened in Prague during the thirteenth century somehow reflected in the composition of pollen spectra?
- Does pollen diversity change with time?

The analyzed data set includes samples from various archaeological sites and contexts (Table 1). In some cases, the exact character of excavated layers was unclear and it therefore remained unspecified. Since all the analyzed data comes from the authors of this paper, their original data were used in most cases. The pollen data set from Prague includes 76 early medieval samples dated before the thirteenth century and 66 samples of late medieval age (Table 1). Thus both the very early and later phases of the town's development are well represented. The list of main pollen taxa identified in analyzed samples is included as a legend to Fig. 2. The nomenclature of plant taxa follows Kubát (2002). Pollen types were defined and modified according to Moore et al. (1991), Reille (1992), Beug (2004) and Punt (1980). Pollen nomenclature respects the following conventions:

1. The name of a pollen type is identical to a taxon name (of any rank) if the pollen type represents this taxon and no other. Examples: *Centaurea cyanus*, *Salix*, Cyperaceae.
2. The name of a pollen type has the suffix 'type' if it could represent a taxon or taxa other than the taxon mentioned in the pollen type. Examples: *Triforium repens* type, *Aster* type. In this case pollen types include taxa according to Beug (2004).
3. The name of a pollen type representing two taxa only consists of both taxon names separated by a slash. Examples: *Sambucus nigra/S. racemosa*.
4. All these pollen-morphological considerations are restricted to taxa occurring at present in the Czech Republic and within an altitude corresponding to the studied locality (Prague basin in the Czech thermophyticum, up to approximately 300 m asl.)

Site number	Site name	Publication	Archaeological dating	Archaeological context	Number of analysed samples	Pollen analysis made by	Source of pollen data
1	Olivová ulice	Starec 2000c	15th or a turn of 15th and 16th cent.	Infilled pit	6	Jankovská	Original data
2	U Radnice Václavské náměstí	Dragoun 1988	Middle of 15th cent.	Infilled pit	6	Jankovská	Jankovská 1987
3	1282/II	Starec 2000a	Turn of 14th and 15th cent.	Infilled well	2	Jankovská	Original data
4	Na Příkopě	Beneš et al. 2002	Turn of 14th and 15th cent.	Dump site layers infilled moat	16	Pokorný	Original data
5	Klementinum	Havrdá 2000, 2001	Turn of 13th and 14th cent.	Infilled pit	1	Jankovská	Original data
6	Ungelt 630	Richterová 1998a,b	Turn of 13th and 14th cent.	Bottom of well	1	Jankovská	Original data
7	Alšovo nábřeží	Starec 1998, 2000b	From 12th up to the 16th cent.	Dump site	10	Jankovská	Original data
8	Týnský dvůr 1049/I	Hrdlička 1990b, 2000	Second third of 13th cent.	Unspecified	5	Jankovská	Original data
9	Týnský dvůr	Hrdlička 1990a, 1998	From second half of 12th to first third of 13th cent.	Drainage ditch	3	Jankovská	Jankovská 1991
10	Malostranské náměstí 260/III	unpublished	Turn of 14th and 15th cent. (6 samp.); turn of 13th and 14th cent. (2), 11th cent. (1), 10th cent. (1), 9th century (5); turn of 9th and 10th cent. (11)	Infilled moat (6 samp.), path deposits (6), cultural layers (5), unspecified (9)	26	Kozáková	Original data
11	Valdštejská ulice	unpublished	End of 10th cent. (8 samp.); from middle of 13th to 15th cent. (8 samp.)	Cultural layers (10 samp.), path deposits (6)	16	Kozáková	Original data
12	Tržiště 259/III	Čiháková 1995, 1996	Turn of 10th and 11th cent.	Unspecified	19	Jankovská	Jankovská 1997
13	Pražský hrad	Boháčová 1998	First half of 10th cent.	Cultural layers	9	Kozáková	Original data
14	Mostecká ulice	Čiháková 1998a, 1998b	Turn of 9th and 10th cent.	Unspecified	19	Jankovská	Original data
15	Hartigovský palác	unpublished	Turn of 7th and 8th cent.	Cultural layers	3	Kozáková	Original data

Table 1 List of sites included in statistical analyses

2.2. Data analyses

The pollen data set from medieval urban deposits in Prague was processed by multivariate statistical methods with Canoco (Lepš and Šmilauer 2003). Principle component analysis (PCA) was used to show the independent distribution of the pollen taxa. The influence of three environmental variables—archaeological context, age and pollen diversity—was investigated using redundancy analysis (RDA). Data were transformed by the square roots

method, and standardized over taxa and samples in order to strengthen the role of rare taxa and equalize the impact of pollen sums counted. To reduce the effect of the low number of samples compared to the number of variables, taxa with extremely low ratios (mostly one pollen grain per sample) connected with rare occurrences (not more than in five samples) were excluded from the database.

The analyzed samples were derived from sites where the archaeological research had a rescue character. For this reason, samples were dated archaeologically, which due to the lack of time often resulted in greater date ranges. For statistical analysis, it was necessary to use a single date— derived as the mean value of each particular age range given in Table 1. The pollen diversity coefficient was derived from the results of Rarefaction Analysis using the Polish palynological program, POLPAL (Nalepka and Walanus 2003).

3. Results

The data set includes 142 samples and 97 taxa which resulted in relatively low percentages of overall explained variability by the first three axes of the PCA plot (Fig. 2). Our recent database consists of data that are highly diversified. This is why a greater number of analysed samples would be needed to get stronger statistical results. In the case of direct multivariate analyses (RDA), the F values are relatively high when testing the roles of age and diversity. Archaeological context turned out to be a less strong factor. This is primarily caused by unequal representation of particular archaeological contexts (see Table 1) and by the distribution of a relatively small number of samples among many environmental variables. Bearing in mind these problems of our database, we are sure that the statistics described all the major trends in the data set that were evident even from preliminary subjective evaluations of the pollen results.

A dominant feature that repeats in all data visualizations (Figs. 2, 3, 4, 5) is the contrast between anthropogenic and natural pollen spectra. Strong anthropogenic impact is represented by pollen from crops and weeds—*Cerealia*, *Chenopodiaceae*, *Centaurea cyanus*, *Brassicaceae*, *Arctium* or *Viciaceae*. The pollen of imported plants such as *Myrtus/ Eugenia* type, *Oleaceae* or *Fagopyrum* also belongs to human-induced spectra. The same is true for the empty ova of parasites indicating some faecal pollution of analyzed sediments—*Trichuris* and *Ascaris*. The correlation of *Calluna vulgaris* with all these pollen types probably shows that this dwarf shrub was collected and used for some special purpose in medieval households.

The extremely non-natural character of the pollen spectra gradually changes into a relatively natural one as expressed by the arrow in the PCA diagram (Fig. 2). Samples between these two extremes are characterised by the presence of quite special weeds such as *Nigella arvensis* or *Valerianella*. In the same spectra, some pollen types can originate from grazed thermophilous vegetation— *Eryngium*, *Falcaria* type or *Carduus*. *Apiaceae* pollen type may include plants growing in both natural and synanthropic biotopes which is a good

reason for being in the middle of this gradient. Other “transitional” taxa are *Campanula*, *Centaurea jacea*/*C. stoebe*, *Reseda*, *Cirsium*, *Sambucus* and *Acer*. Their pollen certainly belongs to plants that could have grown on human-influenced sites within the interior of the town. A special case is apparently *Acer*; the large numbers of its pollen grains in some samples are striking (Kozáková and Pokorný 2007). In these cases we may have expected something other than pollen of wind-blown origin: leafy branches (together with the flowers) might have been brought to the site for cattle fodder (Greig 1982). This interpretation seems to correspond well with the relatively weak correlation of *Acer* with other trees (Fig. 2).

Samples bearing more natural pollen spectra are always relatively rich in arboreal pollen. In these samples pollen of *Pinus*, *Abies*, *Betula*, *Corylus*, *Alnus* and partly of *Fagus* is rather ubiquitous. On the other hand pollen of *Tilia*, *Fraxinus*, *Salix*, *Prunus* type and partly also of *Quercus* and *Carpinus* occurs in samples often together with various herbal pollen taxa indicating relatively natural biotopes such as *Filipendula*, Cyperaceae, *Melampyrum*, *Thalictrum*, *Pulsatilla*, *Hypericum*, *Valeriana officinalis*, *Potentilla/Fragaria*, *Helianthemum* etc. In contrast, vectors of the former group tend towards the non-natural pole together with *Alchemilla*, Rubiaceae, *Plantago major/P. media*, Gramineae, *Centaurea scabiosa* and *Artemisia* pollen types (Fig. 2). Key non-arboreal pollen taxa that give a more natural character to the pollen spectra are representatives of xerophilous grasslands—*Helianthemum*, *Pulsatilla*, *Sedum*, *Hypericum*, *Melampyrum*, *Potentilla/Fragaria* and *Odontites*, and also taxa from wet habitats—*Filipendula ulmaria/F. vulgaris*, *Humulus/Cannabis*, Cyperaceae, *Solanum dulcamara* and *Thalictrum cf. flavum*. These are correlated with certain weeds like *Cerinthe*, *Anchusa/Pulmonaria*, *Adonis aestivalis/A. flammea*, *Solanum nigrum* and *Matricaria* type, and with ruderal or meadow taxa such as *Galeopsis/Ballota* type, *Veronica* type, *Mentha* type, *Rumex acetosa* type, *Cerastium*, Scrophulariaceae, *Trifolium repens* type, *Trifolium pratense* type and *Plantago lanceolata*. Amongst typical ruderals, *Urtica* and *Polygonum aviculare* occur in samples often together with the above mentioned pollen types. The positions of pollen types on a gradient from strongly human-induced to more natural deposits are similar on the RDA diagram that shows the archaeological context of analyzed samples (Fig. 3). Here the more natural pollen spectra are derived from cultural layers and partly from path deposits and from an unspecified archaeological context. More human-induced spectra have pollen of *Secale cereale*, Cerealia, *Fagopyrum*, *Scleranthus annuus*, *Centaurea cyanus*, *Myrtus/Eugenia*, Oleaceae and Brassicaceae and are typical of the infills of dump sites, moats, drainage ditches and pits (Fig. 3). The same applies to Chenopodiaceae and *Alchemilla*, which could be a part of the local vegetation accompanying these sites. In accord with the waste character of such sediments, the ova of the intestinal parasite *Trichuris* are also present. The correlation of *Calluna vulgaris* pollen with pits again points towards some special use of this plant in medieval households. Waste deposits are further correlated with monolete spores belonging to ferns, *Lycopodium clavatum*, *Anthoceros punctatus* and also with the sporangia of the parasitic fungus *Thecaphora*. Pollen spectra rich in the pollen of

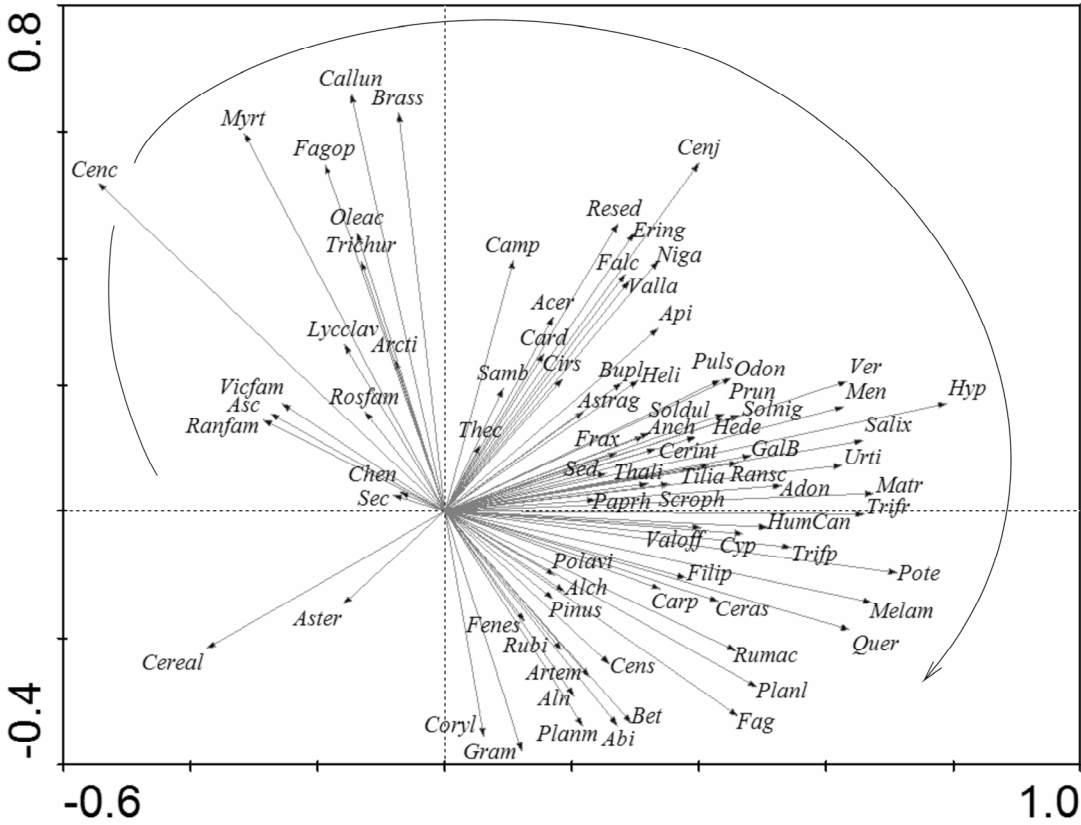


Fig. 2. PCA analysis showing distribution of taxa on first two axes. Explained variability by first three axes is 12.1, 6.1, 5.0%, respectively. The arrow expresses a gradient from highly human-induced pollen spectra to more natural ones. Abi-*Abies alba*, Acer-*Acer*, Adon-*Adonis aestivalis/A. flammea*, Alch-*Alchemilla*, Aln-*Alnus*, Anch-*Anchusa/Pulmonaria*, Anthoc-*Anthoceros punctatus*, Api-*Apiaceae*, Arcti-*Arctium*, Artem-*Artemisia*, Aster-*Aster* type, Asc-*Ascaris*, Astrag-*Astragalus*, Bet-*Betula*, Brass-*Brassicaceae*, Bupl-*Bupleurum falcatum* type, Callun-*Calluna vulgaris*, Camp-*Campanula/Phyteuma*, Card-*Carduus*, Carp-*Carpinus betulus*, Cenc-*Centaurea cyanus*, Cenj-*Centaurea jacea/C. stoebe*, Cens-*Centaurea scabiosa*, Ceras-*Cerastium*, Cereal-*Cerealia*, Cerint-*Cerinte minor*, Chen-*Chenopodiaceae*, Cirs-*Cirsium*, Cons-*Consolida regalis*, Coryl-*Corylus avellana*, Cyp-*Cyperaceae*, Ering-*Eryngium*, Fag-*Fagus sylvatica*, Fagop-*Fagopyrum*, Falc-*Falcaria vulgaris* type, Fenes-*Asteraceae-Fenestratae*, Filip-*Filipendula ulmaria/F. vulgaris*, Frax-*Fraxinus*, GalB-*Galeopsis-Ballota* type, Gram-*Gramineae*, Hede-*Hedera helix*, Heli-*Helianthemum*, HumCan-*Humulus/Cannabis*, Hyp-*Hypericum*, Lycclav-*Lycopodium clavatum*, Matr-*Matricaria* type, Melam-*Melampyrum*, Men-*Mentha* type, monsp-monoete spore, Myrt- *Myrtus/ Eugenia* typ, Niga-*Nigella arvensis*, Odon-*Odontites*, Oleac-*Oleaceae*, Paprh-*Papaver rhoeas* type, Pinus-*Pinus sylvestris*, Planl-*Plantago lanceolata*, Planm-*Plantago major/P. media*, Polavi-*Polygonum aviculare*, Pote-*Potentilla/Fragaria* type, Prun-*Prunus* type, Puls-*Pulsatilla*, Quer-*Quercus*, Ranfam-*Ranunculaceae*, Ransc-*Ranunculus sceleratus* type, Resed-*Reseda*, Rosfam-*Rosaceae*, Rhin-*Rhinanthus/Euphrasia*, Rubi-*Rubiaceae*, Rumac-*Rumex acetosa* type, Rumaq-*Rumex aquaticus* type, Salix-*Salix*, Samb-*Sambucus nigra/S.racemosa*, Scab-*Scabiosa*, Sclerann-*Scleranthus annuus*, Scroph-*Scrophulariaceae*, Sec-*Secale cereale*, Sed-*Sedum*, Soldul-*Solanum dulcamara*, Solnig-*Solanum nigrum*, Tilia-*Tilia*, Thali-*Thalictrum*, Thec-*Thecaphora*, Trichur-*Trichuris*, Trifp-*Trifolium pratense* type, Trifr-*Trifolium repens* type, Urti-*Urtica*, Valla-*Valerianella*, Valoff-*Valeriana officinalis*, Ver-*Veronica* type, Vic-*Vicia* type, and Vicfam-*Viciaceae*

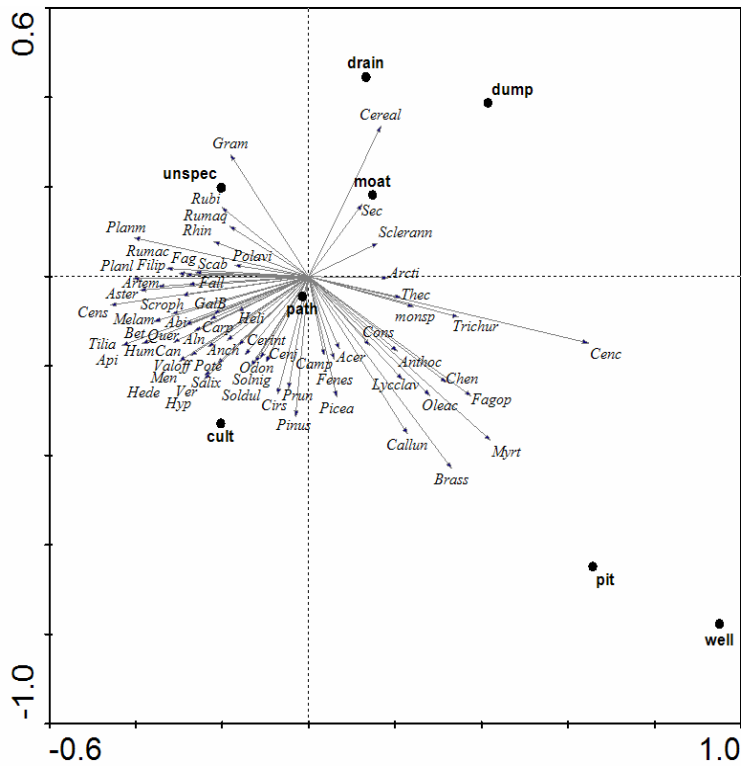


Fig. 3. RDA analysis testing the impact of the archaeological context. Cumulative explained variability: (a) first three canonical axes: 5.5, 8.2, 9.6%. Significance of canonical axes together: $F = 2.5$; $P = 0.002$. *pit* infilled pit, *dump* dump site, *moat* infilled moat, *drain* sediment from drainage ditch, *unspec* unspecified character of archaeological layer, *path* deposit from a path, *cult* cultural layer

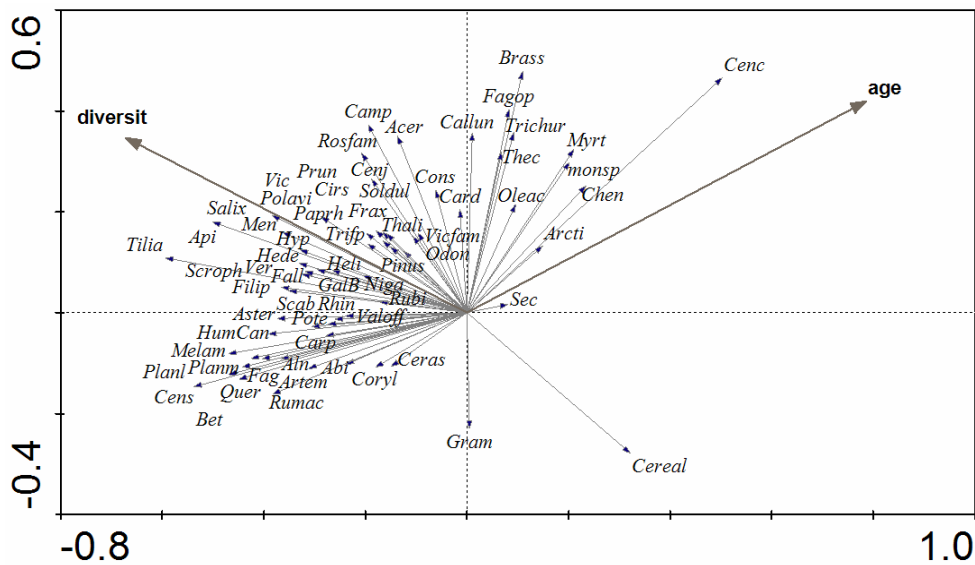


Fig. 4. RDA analysis testing the impact of pollen diversity and age. Cumulative explained variability: (a) canonical axes: 6.7%, 9.9%; (b) noncanonical axis 15.8%. Significance of canonical axes together: $F = 7.4$; $P = 0.002$. *diversit* pollen diversity, *age* mean value of an interval dated archaeologically (see Table 1)

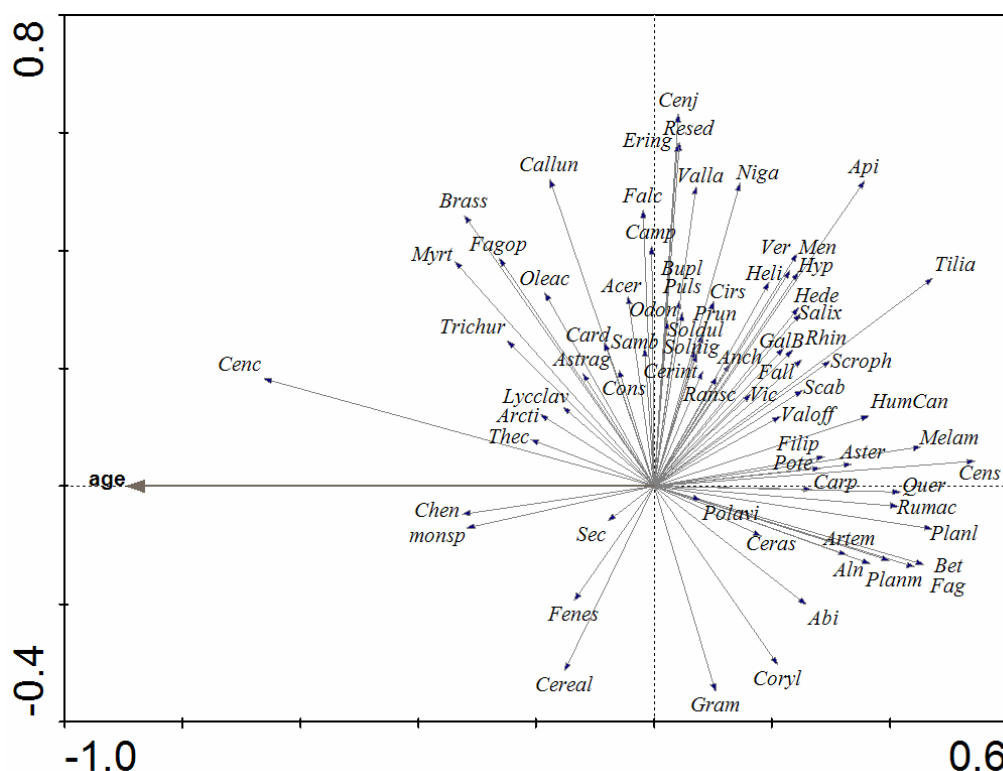


Fig. 5. RDA analysis testing the impact of age. Cumulative explained variability: (a) canonical axis: 5.9%; (b) noncanonical axis 13.0, 18.0%. Significance of canonical axes together: $F = 8.6$; $P = 0.002$

trees, shrubs and taxa growing on meadows and pastures come from cultural layers and partly from path deposits and from unspecified archaeological contexts (Fig. 3). These sediments must have had some input from hay or the dung of cattle that grazed somewhere around the town. In contrast to sites where waste was intentionally thrown away, these sediments were deposited rather by chance. They thus yield much more complex information about the plant taxa and biotopes that were a part of the vegetation within and around a settled area.

There is a significant difference between the early and high medieval pollen spectra (Fig. 5) and at the same time pollen diversity is negatively correlated with age (Fig. 4). Woodlands are generally better represented in early medieval samples. The main non-arboreal pollen types characteristic of early medieval samples are *Melampyrum*, *Centaurea scabiosa*, *Potentilla/Fragaria*, *Scabiosa*, *Humulus/Cannabis*, *Filipendula ulmaria/F. vulgaris*, *Valeriana officinalis*, *Mentha* type, *Hedera helix*, *Helianthemum*, *Hypericum*, *Rhinanthus* type and some others. Negatively correlated with age are also several representatives of the common synanthropic flora—*Plantago lanceolata*, *Plantago major/P. media*, *Rumex acetosa* type, *Artemisia*, *Fallopia convolvulus/F. dumetorum*, *Aster* type, *Galeopsis/Ballota* type or Apiaceae. Here it probably means that these taxa have higher ratios in older sediments. A reliable indicator of high medieval deposits is the presence of *Centaurea cyanus* pollen grains (Figs. 4, 5). As cereals probably remained the main source of nutrition throughout the whole

medieval period, its correlation with increasing age is not strong. Generally, it can be inferred that pollen taxa correlated with a high medieval age are the same as those correlated with a lower pollen diversity and from deposits of a waste character (Figs. 3, 5). These are again Brassicaceae, Chenopodiaceae, *Fagopyrum*, *Arctium*, *Calluna vulgaris*, *Eugenia/Myrtus*, Oleaceae and such nonpollen objects as *Lycopodium clavatum*, *Trichuris*, *Thecaphora* and monolete spores of ferns.

4. Discussion

4.1. Pollen analysis of urban anthropogenic deposits in general

Compared to plant macroremains, pollen can be better transported by air and its taphonomy is generally more “fuzzy”. It is often the case that numerous taxa belonging to meadow and pasture vegetation leave only their pollen grains but no seeds or fruits in analyzed sediments (Wiethold 1999, 2000a, b, 2001; Kozáková and Boháčová 2008). It is for this reason that we think that all components of pollen spectra can be considered at much more of a “landscape level”, in contrast to plant macroremains. Of course, the ratios between the revealed pollen types do not correspond to the ratios found in real vegetation, which is the main problem that pollen analysis from cultural deposits must face. Due to the complicated human-induced taphonomy, the modern analogue approach (Sugita 1994; Sugita et al. 1999; Bunting et al. 2004; Broström et al. 2005; Court-Picon et al. 2005) can be hardly applied here. Hence when interpreting these pollen spectra we have to gain as much as possible from qualitative information.

It can be reasonably argued that such research is better performed from an off-site natural profile and not from particular cultural layers. Unfortunately, it is rarely possible to find a natural sedimentary record in the form of peat or lake sediments containing pollen grains within or very close to the studied urban agglomeration in question (Seppä 1997; Newman et al. 2007). When reconstructing the vegetation of an urban environment by means of pollen analysis we must settle for archaeological layers due to the above-mentioned problems.

There is no doubt that analysis of macroremains can also say much about the environmental conditions prevailing in a town (Čulíková 1995; Latałowa et al. 2003; Vermeeren and Gumbert 2008) and the use of both methods together will provide the best results (Vuorela and Lempiäinen 1993; Latałowa 1999; Wiethold 1999, 2000a, b, 2001). Nevertheless, this paper has aimed to throw some light on the potential of pollen analysis by itself. Moreover, there are no complete plant macroremains data sets for the sites analysed in this article.

4.2. Pollen data set from medieval Prague

In the case of our data from Prague, we have to face up to the risk of making a circular argument. We have studied pollen spectra from early medieval anthropogenic deposits and we can generalize that they always contain many pollen types indicating relatively natural biotopes. At the same time, early medieval strata are always less defined so that we call them mostly “cultural layers”. We anticipate that in the case of such “cultural layers”, pollen sources were numerous. Along with these, we have also studied pollen spectra from high medieval anthropogenic deposits. In their case we can generalize that they are less diverse, containing less arboreal pollen and herbal taxa indicating relatively natural biotopes. High medieval strata are much more defined in their taphonomy compared to early medieval ones—we are able to distinguish wells, pits, dump sites etc. In this case we suspect that the number of pollen sources was limited, because such archaeological features used to serve for a particular purpose and thus were more “closed” in a taphonomic sense. It is not possible to study medieval pollen samples from the same archaeological contexts, simply because urban deposits useful for pollen analysis almost completely changed with the start of the high medieval period. Consequently we cannot say to what extent the differences between early and high medieval pollen spectra do reflect real vegetation changes, because our pollen results are also influenced by social modifications connected with a different organization of the urban environment. Yet we can be sure that some alternations of vegetation inside and around the medieval town of Prague happened throughout the time. Abrupt changes in the landscape at the start of the high medieval period are very obvious even from pollen diagrams derived from natural sediments (mostly peat) found in the central Bohemian lowlands surrounding Prague (Pokorný 2005). These changes reflect enormous intensification of human pressure associated with marked loss of woodland during the transition from the early to the high medieval period. We can consider that human impact, gradually increasing over time, caused an overall reduction of vegetation diversity. The human component that is stronger in the case of urban deposits than in natural ones principally enriches the herbal component of pollen spectra. These specifics of urban deposits enabled us to study in more detail the process of medieval changes that also affected vegetation composition. According to our pollen data from the medieval city of Prague, it seems to us that the urban environment represents a different sort of cultural landscape that underwent parallel changes to those of the landscape from a general point of view.

4.3. Changes in a medieval landscape

To start with more concrete conclusions, we can draw particular examples of how overall medieval changes affected the urban and surrounding vegetation. We think that arboreal pollen was mostly transported by wind even in the case of urban deposits. Pollen of trees can

be therefore considered as a mainly natural component of an otherwise mostly human-induced taphonomy of pollen spectra. Hence the relative proportions of particular tree taxa correspond to their real ratios in woodland vegetation, while considering their different pollen production and transport. Around early medieval Prague there still were some woods with a diversified species structure. *Quercus*, *Tilia*, *Fagus*, *Abies*, *Betula*, *Corylus*, *Salix*, *Alnus* (Fig. 5) and other trees must have been common in the landscape. Although we do not know how many and how far from sampling sites they were, we can see that all the main taxa that correspond to the geographical and relief conditions of the Prague basin were present (Moravec-Neuhäusl et al. 1991). The numbers of tree pollen grains decline in time. The affinity of *Picea* with later periods (Fig. 5) does not necessarily mean that it spread at the expense of other disappearing tree taxa. Spruce is not a pioneer species nor is the lowland geographical position of Prague optimal for its growth. Since the first though still rare intentional planting of *Picea* occurred in Bohemia as far back as during the seventeenth century (Nožička 1957), this also cannot be an explanatory factor that caused the larger amounts of its pollen in later samples. Thus we have to leave this result without any interpretation. In any case, it is certain that human pressure on natural biotopes strengthened throughout the high medieval period in general. The pollen of *Calluna vulgaris* whose ratio increases with time (Fig. 5) can come from oligotrophic grazed land or directly from heaths that remained around Prague until the modelle of the twentieth century. According to relatively low numbers of *Calluna* tetrads found in the deposits of medieval Prague, it seems unlikely that it was used for roofing or flooring as was common in England (Greig 1982; Schofield 1994).

Many pollen taxa representing meadow and pasture vegetation are virtually absent from the high medieval samples. These biotopes (*Bromion*-like grasslands with *Helianthemum*, *Centaurea scabiosa*, *Scabiosa* or *Hypericum*) are present in Prague even in recent times. Therefore it is clear that they could not have disappeared from high medieval Prague during medieval times, but they became less widespread. The high medieval town with its planned urban layout could have got rid of many small pieces of grasslands that must have been a part of the more chaotic early medieval village-like settled area. Some gradual changes of taphonomy from unorganised deposition into a more regulated one could have impoverished pollen spectra as well. Thus later sediments were probably not receiving deposits of hay or cattle dung to the same degree as older ones. The determination of fungal spores indicating cattle faeces (Van Geel et al. 2003) could help to support this conclusion in future research. The organization of the settled area must have also resulted in certain changes in the composition of urban ruderal vegetation that is rather poor in high medieval samples (Fig. 5).

It is evident that the relatively high pollen diversity, characteristic of the early medieval samples, involves a whole range of biotopes, from ruderal to woodland ones. It reveals an early medieval landscape as a fine mosaic—formed by extensive management and composed of many biotopes without any sharp borders between them. Since human impact

increased in time, and the use of land became more rationalized and intensive, this mosaic acquired a coarser structure. At the same time many plant taxa connected with the previous chaotic land-use lost their biotopes.

5. Conclusions

Pollen spectra derived from urban deposits give a good reflection of the changes that occurred in Bohemia during the early to high medieval transition. These changes were complex and affected all the components of the world at that time—culture, society, art and also landscape (Le Goff 2005). It seems sensible to interpret our pollen analytical results mostly at the landscape level, which is in good agreement with Schofield (1994). The Great Medieval Change in what is now the Czech Republic is reflected by most of the pollen diagrams from natural sediments (Pokorný 2004). Compared to these pollen data from natural sediments, the pollen spectra derived from urban deposits in medieval Prague showed some aspects of this process in more detail. On the other hand, compared to macroremains analysis, pollen analysis provides a less detailed, but more complete view of the broader aspects of vegetation affected by people during the period studied. We focused on the early medieval landscape because its appearance is still rather unknown and we could consider a large pollen data set from cultural sediments as being a rich source of information. It seems to be a general trend that in the early medieval period, human impact still caused some increase in a landscape diversity while in the high medieval period anthropogenic pressure intensified so that the landscape diversity was reduced. Further in our study, our results have showed that non-specific archaeological contexts such as cultural layers or path deposits yield pollen spectra that can best inform us about the types of biotopes that were a part of the past landscape, including urban vegetation. To carry out good pollen analytical research at any archaeological site we think that following rules are sensible:

- to obtain a rather large set of samples from a particular archaeological site and sample as many archaeological contexts (objects, layers) as possible. Only in this way we can be sure which factors, such as age, taphonomy, etc., caused differences between pollen spectra derived from particular samples
- to search also in high medieval contexts for less defined types of archaeological deposits such as path deposits or other such material that sedimented rather spontaneously
- to pay attention to a parallel sampling and analyses for both pollen and plant macroremains.

Acknowledgments: We are grateful to Petr Kuneš for his help with statistical tests and to Dagmar Dreslerová for her useful critical comments on the manuscript. This study is part of a project GA ASCR no. IAAX 00020701.

References

- Beneš J, Kaštovský J, Kočárová R, Kočár P, Kubečková K, Pokorný P, Starec P (2002) Archaeobotany of the Old Prague Town defence system: archaeology, macro-remains, pollen and diatom analysis. *Veget Hist Archaeobot* 11:107–119
- Beug HJ (2004) Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Pfeil, München
- Boháčová I (ed) (1998) Archeologický areál III. nádvoří Pražského hradu. Průvodce problematikou a archeologickými prameny [Archaeological site at Prague Castle Third Courtyard. A guide through questions and archaeological sources]. Archeologický ústav AV ČR, Praha
- Borojević K (2005) Nutrition and environment in medieval Serbia: charred cereal, weed and fruit remains from the fortress of Ras. *Veget Hist Archaeobot* 14:453–464
- Broström A, Sugita S, Gaillard M-J, Pilesjö P (2005) Estimating the spatial scale of pollen dispersal in the cultural landscape of southern Sweden. *Holocene* 15:252–262
- Bunting MJ, Gaillard M-J, Sugita S, Middleton R, Broström A (2004) Vegetation structure and pollen source area. *Holocene* 14:651–660
- Čiháková J (1995) Praha 1—Malá Strana, Tržiště a čp. 259/III—Hartigovský palác [Prague 1—Lesser Town, Tržiště Street a 259/III—Hartigovský Palais]. *Pražský sborník historický* 28:231–232
- Čiháková J (1996) Praha 1—Malá Strana, Tržiště čp. 259/III. NZ o archeologickém výzkumu PÚ PP č. 12/93 [Prague 1—Lesser Town, Tržiště Street 259/III. Report from archaeological research PÚ PP no. 12/93]. Archeologický ústav AV ČR, Praha, no. 6053/96
- Čiháková J (1998a) Praha—Malá Strana, obv. Praha 1. Ul. Josefská ppč.1033 (vozovka), ul. Mostecká 1035 (vozovka) [Prague 1—Lesser Town, Josefská Street 1033 (road), Mostecká Street 1035 (road)]. *Výzkumy v Čechách 1996–1997*, 164
- Čiháková J (1998b) Praha 1—Malá Strana, Mostecká ulice [Prague 1—Lesser Town, Mostecká Street]. *Pražský sborník historický* 31:358–359
- Čiháková J, Havrda J (2008) Praha—Malá Strana v raném středověku. Stav výzkumu a rekapitulace poznání [Prague—Lesser Town in early medieval time. State of a research and recapitulation of a knowledge, in Czech with English summary]. *Archeologické rozhledy* 60:187–228
- Court-Picon M, Buttler A, de Beaulieu JL (2005) Modern pollen-vegetation relationships in the Champsaur Valley (French Alps) and their potential in the interpretation of fossil pollen records of past cultural landscapes. *Rev Palaeobot Palynol* 135:13–39
- Čulíková V (1995) Rekonstruktion der synanthropen vegetation des mittelalterlichen Most. *Památky archeologické* 86:83–131

Dragoun Z (1984) Praha 1—Staré Město, U Radnice čp. 24/I, ppč. 29. NZ o výzkumu PÚ PP č.CLV v r.1984 [Prague 1—Old Town, U Radnice Street 24/I. Report from a research in 1984, in Czech]. Author's archive

Dragoun Z (1988) Praha 1—Staré Město, U Radnice a. [Prague 1—Old Town, U radnice Street a, in Czech]. Pražský sborník historický 21:194–195

Ellenberg H (1988) *Vegetation ecology of central Europe*, 4th edn. Cambridge University Press, Cambridge

Geel B, van Buurman J, Brinkkemper O, Schelvis J, Aptroot A, van Reenen G, Hakbijl T (2003) Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands) with special reference to coprophilous fungi. *J Archaeol Sci* 30:873–883

Greig J (1982) The interpretation of pollen spectra from urban archaeological deposits. In: Hall AR, Kenward HK (eds) *Environmental archaeology in the urban context*. Council for British Archaeology, research report 43:47–65

Havrda J (2000) Praha 1—Staré Město, Klementinum—hospodářský dvůr [Prague 1—Old Town, Klementinum—service yard]. *Pražský sborník historický* 31:368–369

Havrda J (2001) Praha—Staré Město, obv. Praha 1. Klementinum čp. 1040/I, hospodářský dvůr ppč.82. sonda F a H [Prague 1—Old Town, Klementinum 1040/I, a service yard pc 82, probe F and H]. *Výzkumy v Čechách* 1999:246–247

Havrda J, Podliska J, Zavřel J (2001) Surovinové zdroje, výroba a zpracování železa v raně středověké Praze (historie, současný stav a další perspektivy bádání) [Sources of raw materials, the production and working of iron in Early Medieval Prague—the history, present and future perspectives of research]. *Archeologické rozhledy* 53:91–118

Hellwig M (1997) Plant remains from two cesspits (15th and 16th century) and a pond (13th century) from Göttingen, southern Lower Saxony, Germany. *Veget Hist Archaeobot* 6:105–116

Hrdlička L (1972) Předběžné výsledky výzkumu v Praze 1 na Klárově [Preliminary results from a research in Prague 1—Klarov]. *Archeologické rozhledy* 24:644–663

Hrdlička L (1990a) Praha 1—Staré Město, Týnský dvůr ppč. 1065. NZ o archeologickém výzkumu AÚ a MMP v l. 1978–1979 [Prague 1—Old Town, Týnský dvůr 1065. Report from archaeological research during 1978–1979]. *Archeologický ústav AVČR, Praha*, no. 3586/90

Hrdlička L (1990b) Praha 1—Staré Město, Týnský dvůr čp. 1049/I. NZ o předstihovém archeologickém výzkumu AÚ v r. 1986, díl I/2-III [Prague 1—Old Town, Týnský dvůr 1049/I. Report from an early archaeological research in 1986, part I/2-III]. *Archeologický ústav AV ČR, Praha*, no. 4124/90

Hrdlička L (1998) Praha 1— Staré Město, Týnský dvůr ppč. 1065. NZ o archeologickém výzkumu AÚ a MMP v l. 1978–1979, díl I/1 [Prague 1—Old Town, Týnský dvůr 1065. Report from archaeological research in 1978–1979, part I/1]. Archeologický ústav AV ČR, Praha, no. 198/98

Hrdlička L (2000a) K proměnám středověké Prahy [Transformations of medieval Prague]. In: Prague a Hub of European Culture. International symposium ICOMOS 2000. Praha 2000, pp 48–53

Hrdlička L (2000b) Praha 1— Staré Město, Týnský dvůr čp. 1049/I. NZ o předstihovém archeologickém výzkumu AÚ v r. 1986, díl I/1 [Prague 1—Old Town, Týnský dvůr 1049/I. Report from an early archaeological research in 1986, part I/1]. Archeologický ústav AV ČR, Praha, no. 132/00

Jacomet S (1994) Verkohlte Pflanzenreste aus einem frühmittelalterlichen Grubenhaus (7./8. Jh. AD) auf dem Basler Münsterplatz 16, Reischacherhof, 1977/3. Jahresbericht der archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt 1991:106–143

Jankovská V (1987) Netradiční interpretace pylových spekter ze středověké Prahy [Unconventional interpretation of pollen spectra from medieval Prague]. Archeologické rozhledy 39:435–444

Jankovská V (1991) Pyloanalytické výsledky z výzkumu středověké Prahy, Týnský dvůr [Pollen results from a research of medieval Prague, Týnský dvůr]. Archaeol Pragensia 11:311–319

Jankovská V (1997) Výsledky pylových analýz z lokality: Praha 1—Malá Strana, Tržiště 259/III [Results of pollen analysis from a site: Prague 1—Lesser Town, Tržiště 259/III]. In: Kubková J, Klápště J, Ježek M, Meduna P (eds) Život v archeologii středověku. Archeologický ústav AV ČR, Praha, pp 299–308

Kalis AJ, Meurers-Balke J, Sieben A (2005) Zu Möglichkeiten pollenanalytischer Untersuchungen an Latrinen-Befunden. Archäol Inf 28:35–45

Karg S (1995) Plant diversity in late medieval cornfields of northern Switzerland. Veget Hist Archaeobot 4:41–50

Klápště J (2006) Proměna Českých zemí ve středověku [Transformation of Czech countries during Medieval age]. Nakladatelství Lidové noviny, Praha

Kozáková R, Boháčová I (2008) Přírodní prostředí Pražského hradu a jeho zázemí—výpověď pylové analýzy z raně středověkých sedimentů ze III. nádvoří [Natural environment of Prague Castle and its surroundings—pollen analysis from early medieval sediments from the Third Courtyard]. Archeologické rozhledy 60:547–564

Kozáková R, Pokorný P (2007) Dynamics of the biotopes at the edge of a medieval town: pollen analysis of Vltava River sediments in Prague, Czech Republic. Preslia 79:257–281

Kubát K (ed) (2002) Klíč ke květeně České Republiky [A key to the flora of the Czech Republic]. Academia, Praha

- Latałowa M (1999) Palaeoecological reconstruction of the environmental conditions and economy in early medieval Wolin. *Acta Palaeobotanica* 39:183–271
- Latałowa M, Badura M, Jarosińska J (2003) Archaeobotanical samples from non-specific urban contexts as a tool for reconstructing environmental conditions (examples from Elbląg and Kołobrzeg, northern Poland). *Veget Hist Archaeobot* 12:93–104
- Le Goff J (2005) *Kultura středověké Evropy [Culture of the Central Europe]*. Vyšehrad
- Ledvinka V, Pešek J (2000) Praha. Nakladatelství Lidové noviny, Praha
- Lepš J, Šmilauer P (2003) *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge
- Moore PD, Webb JA, Collinson ME (1991) *Pollen analysis*. Blackwell, Oxford
- Moravec J, Neuhäusl R (eds) (1991) *Přirozená vegetace území hlavního města Prahy a její rekonstrukční mapa [Natural vegetation of the territory of the capital city Prague and its reconstruction map]*. Academia, Praha
- Nalepka D, Walanus A (2003) Data processing in pollen analysis. *Acta Palaeobotanica* 43:125–134
- Newman C, O'Connell M, Dillon M, Molloy K (2007) Interpretation of charcoal and pollen data relating to late Iron Age ritual site in eastern Ireland: a holistic approach. *Veget Hist Archaeobot* 16:349–365
- Nožička J (1957) *Přehled vývoje našich lesů [Development of our forests]*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- Pokorný P (2000) Pylová analýza středověkého komunikačního horizontu z Prahy—Uhelného trhu [Pollen analysis from medieval path deposits from Prague—Uhelný trh Street]. *Archaeol Pragensia* 15:141–146
- Pokorný P (2004) Postglacial vegetation distribution in the Czech Republic and its relationship to settlement zones: review from off-site pollen data. In: Gojda M (ed) *Ancient landscape settlement dynamics and non-destructive archaeology*. Academia, Praha, pp 395–414
- Pokorný P (2005) Role of man in the development of Holocene vegetation in Central Bohemia. *Preslia* 77:113–128
- Punt W (ed) (1980) *The Northwest European Pollen Flora, vol 37, Umbelliferae*. Elsevier, Amsterdam
- Reille M (1992) *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord*. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille

- Richterová J (1998a) Výzkum domu U Zlatého prstenu v Ungeltu r.1996. Předběžná zpráva. [Preliminary report from an excavations at U Zlatého prstenu House in Ungelt provided in 1996]. *Archaeol Pragensia* 14:123–140
- Richterová J (1998b) Praha 1—Staré Město, Týnská ul. čp. 630/I, ppč. 627. NZ o předstihovém výzkumu v r. 1996 [Prague 1—old Town, Týnská Street 630/I. Report from an early research in 1996]. *Archeologický ústav AV ČR, Praha*, no. 245/99
- Rösch M (1998) The history of crops and crop weeds in south-western Germany from the Neolithic period to modern times, as shown by archaeobotanical evidence. *Veget Hist Archaeobot* 7:109–125
- Ruas M-P (2005) Aspects of early medieval farming from sites in Mediterranean France. *Veget Hist Archaeobot* 14:400–415
- Schofield J (1994) The environment of medieval towns. In: Schofield J, Vince A (eds) *Medieval towns: the archaeology of British Towns in their European setting*. Leicester University Press, London, pp 178–203
- Seppä H (1997) The long-term development of urban vegetation in Helsinki, Finland: a pollen diagram from Töölönlahti. *Veget Hist Archaeobot* 6:91–103
- Starec P (2000a) Výzkum hotelového areálu Four Seasons Prague na Alšově nábřeží v Praze 1 na Starém Městě [Research of an area of Four Seasons PragueHotel at Alšovo nábřeží in Prague,Old Town]. In: *Archeologické výzkumy v Čechách 1999. Zprávy České archeologické společnosti—Supplementum 42*, Praha, pp 14–15
- Starec P (2000b) Praha 1—Nové Město, Václavské náměstí čp. 1282/II [Prague 1—New Town, Václavské náměstí 1282/II]. *Pražský sborník historický* 31:383–384
- Starec P (2000c) Praha 1— Nové Město, Olivová čp.948/II. NZ o záchranném archeologickém výzkumu v r. 1997 [Prague 1—New Town, Olivová Street 948/II. Report from rescue archaeological research in 1997] *Archiv MMP*
- Sugita S (1994) Pollen representation of vegetation in quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *J Ecol* 82:881–897
- Sugita S, Gaillard M-J, Broström A (1999) Landscape openness and pollen records: a simulation approach. *Holocene* 9:409–421
- Vermeeren C, Gumbert B (2008) “Ontellicke boomen” or “countless trees”: reconstructing the late medieval vegetation surrounding the 16th century St. Margaretha Convent, Leiden, the Netherlands. *Veget Hist Archaeobot* 17:93–103
- Vuorela I, Lempiäinen T (1993) Palynological and palaeobotanical Investigations in the area of the post-medieval Helsinki Old Town. *Veget Hist Archaeobot* 2:101–123
- Wiethold J (1999) Pflanzreste des Mittelalters und der frühen Neuzeit aus zwei Kloaken in der Hansestadt Rostock. *Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, Jahrbuch* 46:409–432

Wiethold J (2000a) Ein Ziegelschacht aus der Mühlenstraße 10 in Stralsund mit bemerkenswerten Funden aus der Zeit des Dreißigjährigen Krieges. *Archäol Ber Mecklenburg-Vorpommern* 7:205–239

Wiethold J (2000b) Archäobotanische Analysen an Bodenproben der Ausgrabung Beim Märzenbad 9 im Lechviertel Augsburgs. *Augsburger Beiträge zur Archäologie* 3:239– 50

Wiethold J (2001) Von Heidenkorn und Mandelmilch. Botanische Analysen an einem frühneuzeitlichen Kloakeninhalt von der Mühlenstraße 17 in Stralsund. *Archäol Ber Mecklenburg-Vorpommern* 5:104–130

Contrasting local and regional Holocene histories of *Abies alba* in the Czech Republic in relation to human impact: Evidence from forestry, pollen and anthracological data

Radka Kozáková,^{1,2*} Pavel Šamonil,³ Petr Kuneš,^{1,4} Jan Novák,⁵ Petr Kočár⁶ and Romana Kočárová⁶

* Author for correspondence, e-mail: kozakova@arup.cas.cz

¹Charles University of Prague, Czech Republic

²Institute of Archaeology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Czech Republic

³The Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening, Czech Republic

⁴Aarhus University, Denmark

⁵University of South Bohemia, Czech Republic

⁶University of West Bohemia in Pilsen, Czech Republic

Abstract

After the last glaciation, around 4000 bc, silver fir (*Abies alba* Mill.) spread to the area that is now the Czech Republic. This spread was not restricted to high mountains, but also took place across both highland and lowland landscapes. Historical forestry records from around ad 1500 mention a massive expansion of *Abies alba*, favoured by forest pasturing, litter raking and selective tree cutting. According to the current interpretation of these historical records, this expansion in Czech forests was extensive and lasted until ad 1800. On the other hand, pollen data coming mostly from the Alps consider silver fir as a species that is extremely sensitive to human impact. In this paper, we compare historical forestry reports with pollen and charcoal data from the Czech Republic. Both pollen and charcoal records show that *Abies alba* reached its maximum during the Bronze (2200–800/750 bc) and Iron Ages (800/750 bc–ad 0). While charcoal records indicate that silver fir wood was important also during the High Medieval, pollen data show that the High Medieval and Modern times were periods of a general decline in *Abies*. Our data suggest that the expansion of silver fir documented by historical records was not general but rather fragmented, probably according to actual form and the intensity of human impact, as well as environmental conditions. These historical records have contributed much evidence regarding the wider ecological tolerance of *Abies*.

Keywords: *Abies alba*, charcoal analysis, forest management, human impact, Medieval, pollen analysis

1. Introduction

The Czech Republic is situated close to the northern range limit of *Abies alba* Mill. (Jalas and Suominen, 1973; in the Czech Republic the genus *Abies* includes this species only, therefore we do not use species names further in the text), so migration to this area from glacial refugia (Terhürne-Berson et al., 2004) took a relatively long time. According to recent knowledge, most Czech populations of *Abies* originate from Italian refugia (Liepelt et al., 2009; Terhürne-Berson et al., 2004), with a possible overlap with Balkan refugia only in the Beskydy Mountains (Konnertand Bergmann, 1995). Most pollen diagrams from the Czech Republic (Pokorný, 2004) as well as from neighbouring Germany (Knipping, 1989; Rösch, 2000) show a continuous *Abies* pollen record since the Late Atlantic period around 4000 bc, and during the Sub-Boreal period *Abies* became abundant (Pokorný, 2004; Figure 1). At that time, the human agrarian population already played an important role in transforming the landscape. Hence, the arrival of *Abies* in the Czech area occurred under very different conditions compared with areas farther south where it expanded before the Neolithic (Terhürne-Berson et al., 2004; Tinner et al., 1999; Wick et al., 2003).

In the area of the Czech Republic *Abies* first spread in mountain regions, but later also in the lowlands (Nožička, 1957; Pokorný, 2002, 2004, 2005). Human impact in the form of forest pasturing, litter raking, selective logging and reducing game populations favoured the growth of *Abies* (Málek, 1981; Nožička, 1957), as is documented in written sources which are available from the sixteenth century and became extremely numerous during the eighteenth and nineteenth centuries (sources of historical data are summarized in Málek, 1983; Nožička 1957). These historical data include forest descriptions and evaluations, accounts for sold timber, border demarcations or urbaria, i.e. registers of liege people responsibilities toward authorities where actual state of forests had been quoted. Populations of *Abies* that originated during this time, of which some old representatives still survive in protected primeval forest zones in the Czech Republic, have therefore been termed the ‘grazing generation’ (Šamonil and Vrška, 2007). The important role of human impact on fir-beech forest development has recently been elucidated on the basis of extensive forestry data from the Carpathians (Šamonil and Vrška, 2007; Vrška *et al.*, 2009) and the Šumava Mts (Šamonil and Vrška, 2008).

There are two important reasons why we aim to assess critically the supposed positive effect of human impact on *Abies* growth as documented in Czech forestry archives. The first is that Czech historical forestry data were interpreted on a landscape level relying on numerous local observations (Málek, 1983; Figure 2). Because we are aware of problems with results being transformed between spatial scales (e.g. Šamonil *et al.*, 2008), we can not be sure whether *Abies* really expanded throughout a whole area or if its expansion remained fragmentary. The second

reason arises from the entirely opposing interpretations regarding fir–human interactions based on numerous pollen data from the Alps, where *Abies* is considered extremely sensitive to human impact (Keller et al., 2002; Tinneret al., 1999; Wick and Möhl, 2006; Wick et al., 2003). This second reason leads to the question whether pollen data are detailed enough to reflect *Abies* growth dynamics influenced by human activities and whether the alpine environment is comparable with conditions in the Czech Republic.

Our main questions are: (i) Was the *Abies* expansion in the area of the Czech Republic during Medieval and Modern times as extensive as suggested by current interpretation of historical forestry data? (ii) Do Czech and alpine pollen data indicate differences in terms of human impact on *Abies* growth, and if so, which factors are responsible for these differences?

2. Data

In this paper we present three independent perspectives of the history of *Abies* in the Czech Republic derived from (i) historical forestry data, (ii) pollen records and (iii) macroscopic charcoal data sets from archaeological layers. There is an important difference between historical forestry data and palaeobotanical records. From the written sources we only know about ‘positive cases’, i.e. where *Abies* expanded, whereas palaeobotanical records contain information about vegetation around randomly chosen sites and thus they can document even ‘negative cases’, i.e. where *Abies* did not expand. Therefore we suppose that the palaeobotanical records should show an unbiased picture of the late-Holocene *Abies* expansion. Moreover, pollen data go further back into the past and therefore offer a broader context of the growth history of *Abies*.

Pollen spectra reflect both the local history of a site and regional vegetation. The spatial representation of a particular pollen spectrum depends mainly on the pollen source area of the site and the openness of the surrounding landscape (Sugita et al., 1999). Because our pollen data come mostly from small mires (Table 1), we assume that the amount of background pollen coming from farther distances is rather small. In addition, we attempt to strengthen the regional validity of our pollen data by presenting results from multiple pollen sites distributed throughout the area of the Czech Republic (Figure 3, Table 1). While both pollen records and historical forestry reports reflect what grew in a forest, charcoals give us information about what was once taken out of a forest. It is generally assumed that charcoal data represent the species composition of the forests in the close vicinity of a settlement (Nelle, 2003) and that the wood for fuel was collected without particular selection. This idea is supported by the presence of shrubby and early-successional taxa that are not attractive as fuel wood and yet are often part of charcoal assemblages (Kreuz, 1990).

Figure 1. Chronostratigraphical table of archaeological and vegetation periods, after Dreslerová et al. (2007). Dating of archaeological periods: Neolithic, 5500–4200 BC; Aeneolithic, 4200–2200 BC; Bronze Age, 2200–800/750 BC; Iron Age, 800/750 BC–AD 0; Roman time, AD 0–500; Early Medieval, AD 500–1200; High Medieval, AD 1200–1500; Modern time, from AD 1500

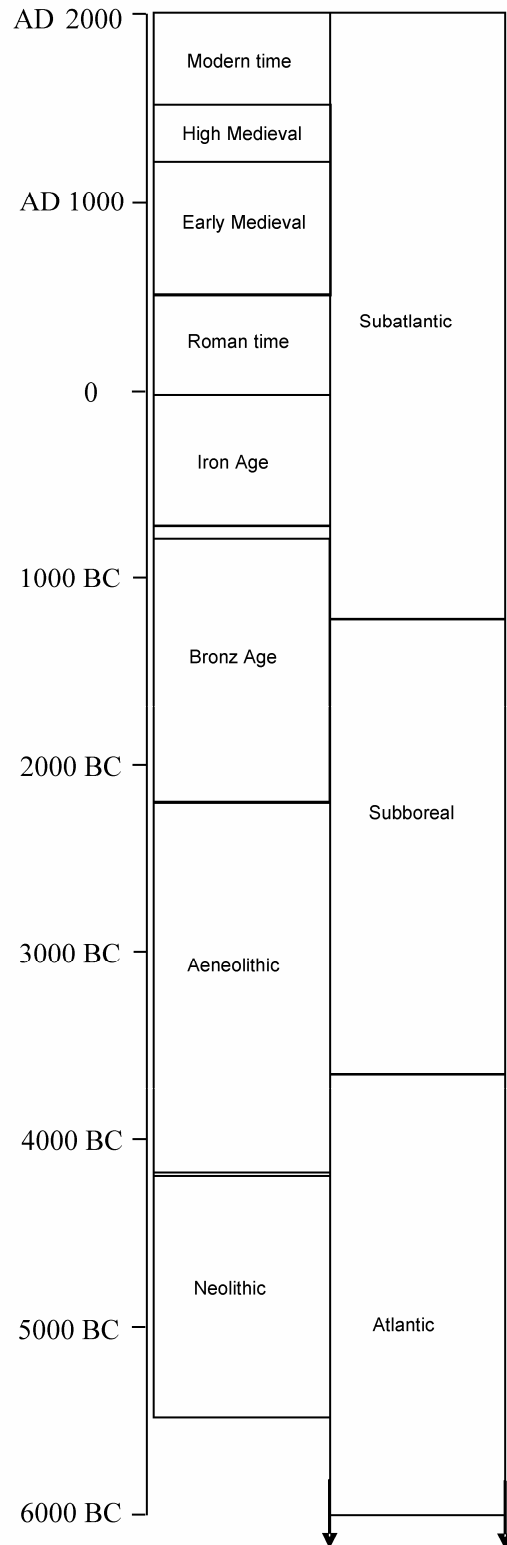




Figure 2. The expected ratio of *Abies alba* in Czech forests from ad 1200 until recent, extrapolated from historical forestry data (Málek, 1983; the source data set was not exactly defined)

If the *Abies* expansion during Medieval and Modern times was indeed as extensive as the current interpretation of historical forestry data makes us believe (Málek, 1983; Figure 2), this must also be clear from the palaeobotanical records. We assume that our numerous pollen records reflect the forest species composition on a regional scale, while macroscopic charcoal data should provide independent information about the local species composition of human-affected forests around settlements. Since the inferred high sensitivity of *Abies* to human impact in the Alps is mostly based on pollen analysis, we use our pollen records in order to see possible differences between the alpine and the Czech situation.

3. The history of *Abies alba* in the Czech Republic according to historical forestry data

3.1. Management of Czech forests in Medieval and early Modern times

The Czech lands were intensively colonised from around the second half of the thirteenth century (Klápště, 2006), with settlement usually proceeding from lowlands to higher mountain areas (Fialová et al., 1996; Motta and Garbarino, 2003). Exceptions were some flat upland areas such as the Carpathians which were colonised nearly simultaneously with the lowlands. These uplands were quickly deforested for livestock grazing. This high-mountain pasture land was energetically easy to sustain and the timberline was lowered by 200–300 m, or an artificial timberline was created in some lower mountain ranges. Submontane forests were primarily a source of wood for

Site number	Site name	Reference	Site description	Vegetation background	Number of ¹⁴ C dates	Standard error for AD 1300
1	Svatobořice-Mistřín	Svobodová, 1989	Alluvial mire at old oxbow lake	<i>Pruno-Fraxinetum, Primuloveris-Carpinetum</i>	5	1211-1375
2	Zahájí	Pokorný, 2005	Alluvial fen at spring area in narrow valley	<i>Melampyro nemorosi-Carpinetum</i>	5	1257-1358
3	Komořanské jezero	Jankovská, 1988	Mine area of brown coal, previous lake	<i>Melampyro nemorosi-Carpinetum</i>	4	1236-1351
4	Pryskyřičný důl	Abraham and Pokorný, 2008	Peat bog in sandstone area	<i>Luzulo-Fagetum</i>	2	1240-1359
5	Břve	Pokorný unpublished	Alluvial fen at old oxbow lake	<i>Tilio-Betuletum Vaccinio vitis-idaeae-Quercetum, Pino rotundatae-Sphagnetum, Eriophoro vaginati-Pinetum sylvestris</i>	3	1234-1425
6	Borkovická blata	Jankovská, 1980	Large transitional mire	<i>Luzulo albidiae-Quercetum petraeae, Abieti-Quercetum</i>	2	1283-1340
7	Mokré louky	Jankovská, 1987	Cultural meadow	<i>Luzulo-Fagetum</i>	5	1284-1322
8	Vernéřovice	Peichlová, 1979	Fen in flat valley	<i>Luzulo-Fagetum</i>	9	1238-1374
9	Tlště hora Kulzer	Rybniček and Rybničková, 2008	Spring fen	<i>Carici pilosae-Fagetum</i>	4	1105-1389
10	Moos	Knipping, 1989	Spring fen	<i>Luzulo albidiae-Quercetum petraeae, Abieti-Quercetum</i>	13	1121-1487
11	Windbruch	Knipping, 1997	Spring fen	<i>Luzulo-Fagetum</i>	5	1149-1428
12	Regetovka	Wacnik, 1995	Peat bog in depression of landslide	<i>Luzulo-Fagetum</i>	5	1218-1363
13	Palašiny	Jankovská, 1989	Broad alluvium of stream	<i>Luzulo albidiae-Quercetum petraeae, Abieti-Quercetum</i>	1	1261-1361
14	Královec	Rybniček and Rybničková, 2008	Spring fen	<i>Carici pilosae-Fagetum</i>	2	1045-1450
15	Loučky	Rybničková, 1974	Sloping spring fen in closure of broad flat brook valley	<i>Caricetalia fuscae, Dentario enneaphylli-Fagetum</i>	1	1269-1337
16	Horní Lomná	Rybniček and Rybničková, 2008	Spring fen	<i>Dentario glandulosae-Fagetum</i>	3	1228-1443
17	Kameničky	Rybničková and Rybniček, 1988	Drained sloping spring fen	<i>Mastigobryo-Piceetum</i>	9	1123-1482
18	Bláto	Rybniček and Rybničková, 1968	Small mire in brook valley	<i>Luzulo-Fagetum</i>	2	1296-1335
19	Řásná	Rybničková, 1974	Fen in valley	<i>Luzulo-Fagetum</i>	1	1277-1317
20	Vladař	Pokorný <i>et al.</i> , 2006	Infilling of cisterne at hillfort	<i>Luzulo albidiae-Quercetum petraeae, Abieti-Quercetum Mastigobryo-Piceetum, Pino rotundatae-Sphagnetum, Eriophoro vaginati-Pinetum sylvestris</i>	5	1196-1322
21	Mrtvý luh	Svobodová <i>et al.</i> , 2001	Peat bog in flat valley	<i>Calamagrostio villosae-Fagetum</i>	4	1203-1337
22	Kubriková Zlatnická	Rybniček and Rybničková, 2008	Small spring fen	<i>Dentario glandulosae-Fagetum</i>	1	1139-1501
23	dolína	Rybniček and Rybničková, 2002	Spring fen	<i>Luzulo-Fagetum</i>	5	1198-1401

Table 1. List of pollen sites and major characteristics

Units of potential natural vegetation are after Neuhäuslová *et al.* (2001). For positions of sites, see Figure 1. The depth–age models used are: Oxcal: cubic spline interpolation with natural end conditions between P_Sequence modeled levels (sites 1, 5, 7–9, 12–23) (Behforooz and Papamichael, 1979; Bronk Ramsey, 2008); Oxcal: linear interpolation between P_Sequence modeled levels with boundary (site 10) (Bronk Ramsey, 2008); Oxcal: spline interpolation (4_order) between P_Sequence modeled levels (site 20) (Bronk Ramsey, 2008); Clam: linear interpolation between dated levels (sites 2–3, 6, 11) (Blaauw, 2010); Clam: polynomial 4 till 60 cm then polynomial 2 (site 4) (Blaauw, 2010).

households and the rapidly developing industry (Chadt, 1913), and in addition they provided soil protection. Differences in wood utilization (e.g. for fuel, building or mining) resulted in selective logging of particular tree species or tree dimensions (e.g. Málek, 1975). For example, the rapidly developing glass and metallurgy industry in submontane regions markedly preferred beech wood over conifer. On the other hand, silver fir wood was often favoured for construction (Küster, 1994; Opravil, 1976). After selective cutting, forests were spontaneously regenerating from remaining adult trees. Until the second half of the eighteenth century, there were no real limits set on timber harvesting or other types of forest exploitation such as grazing, litter raking or resin tapping. Forests covered approximately 80% of the land in the tenth century, which gradually reduced to 30–40% over about 500 years (Nožička, 1957). The obvious devastation and insufficient regeneration of forest biotopes led to the first major forest regulations established in 1754 by Maria Theresa (Málek, 1983; Nožička, 1957).

3.2. The expansion of *Abies* since Medieval time

Extensive forest pasturing combined with litter raking lasted several hundreds of years, with vast impact on the nutritional conditions of forest soils and on flows of energy in ecosystems in general (Hofmeister et al., 2008; Prietzel and Kaiser, 2005). These processes resulted in marked changes in species composition, both in the herb layer and among trees (Málek, 1983). In more recent times, before the *Fagus sylvatica* (in the Czech Republic the genus *Fagus* includes this species only, therefore we do not use species name further in the text) dominance which started c. 200 years ago, *Abies* became dominant and *Fagus* became scarce in managed forests in all altitudinal vegetation zones (Málek, 1983; Průša, 2001). On mesotrophic soils *Abies* predominated over other conifers, while *Picea abies* (we do not use species name further in the text but we refer to *Picea abies* as to the absolutely dominant species of this genus in the Czech Republic) was more successful on oligotrophic soils and *Pinus sylvestris* (for the same reason as by *Picea* we further use only genus name) expanded at lower altitudes. The main competitor to the regeneration of silver fir is *Fagus* but since the latter is often suppressed in managed forests, *Abies* is better able to spread (Málek, 1983). Moreover, *Abies* saplings although preferentially browsed by game (Senn and Suter, 2003) are rather avoided by cattle (Málek, 1983). Cattle create a mechanical disturbance of the top soil, exposing mineral soil at some sites, and it has been

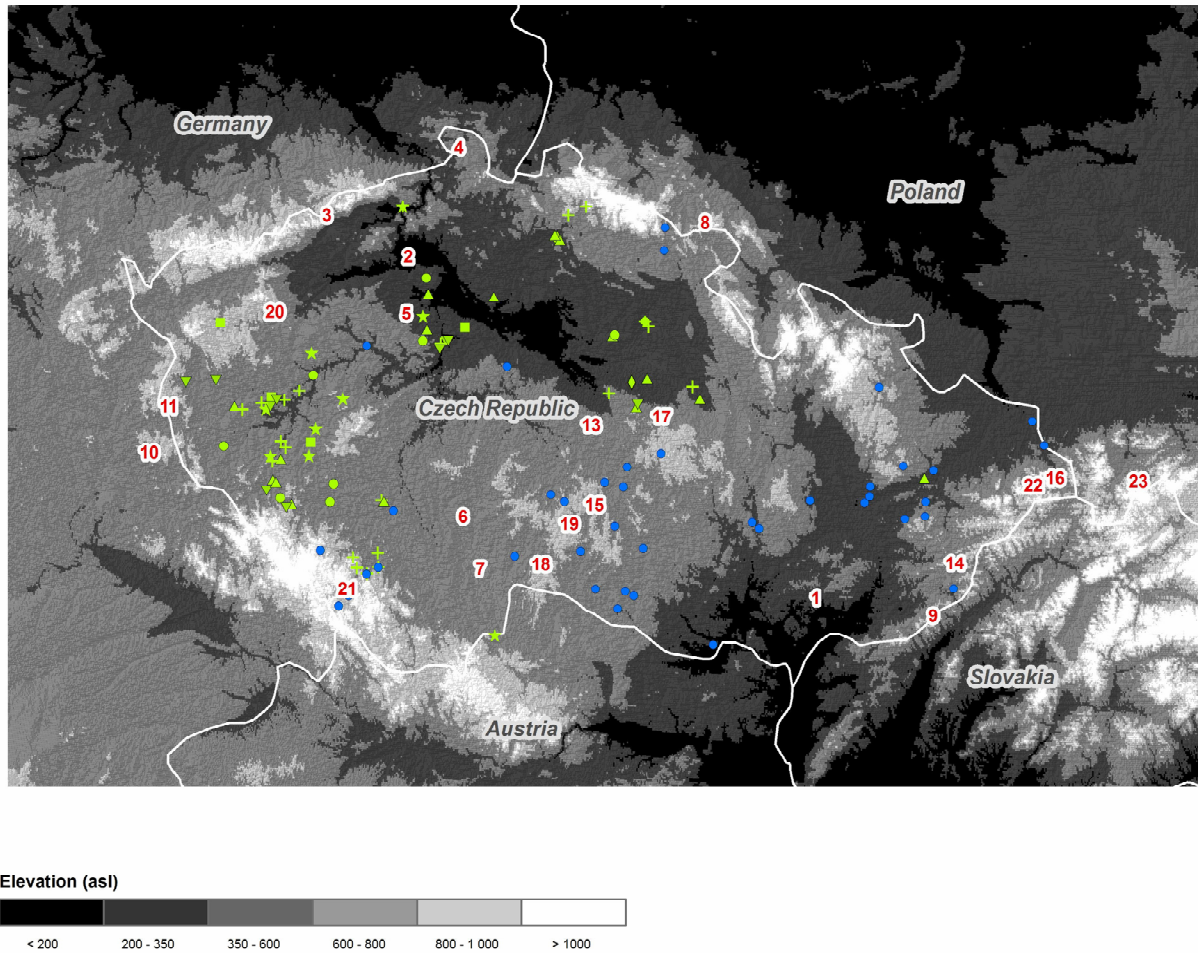


Figure 3. Map of the Czech Republic and neighbouring countries with site positions. Pollen sites are numbered 1–23. Macroscopic charcoal sites in green: rhombus, Neolithic; square, Aeneolithic; circle, Bronze Age; triangle, Iron Age; asterisk, Early Medieval; cross, High Medieval; inverted triangle, Modern time. Forestry sites: blue points are centres of forest districts where *Abies alba* had more than 30% between the sixteenth and early nineteenth centuries (Málek, 1983)

observed that *Abies* primarily regenerates from such denuded mineral patches or from clearings where sun inhibits microbial activity in the top soil. Through these processes, *Abies* became exceptionally numerous at forest edges near villages or on pasture land, as well as on abandoned agrarian land (Málek, 1971). The main expansion of *Abies* occurred between the thirteenth and sixteenth centuries, when its mean ratio in the Czech forests is supposed to have risen by about 10%, reaching a total mean of 30% (Málek, 1983; Figure 2).

3.3. Causes of the *Abies* decline

During the eighteenth century, forest management in the Czech lands went through profound changes: (1) long-term planning of forest management was established; (2) even-aged forests became the ideal, while chaotic selective cutting was rejected; (3) artificial regeneration (sowing and planting) replaced natural forest regeneration; (4) banning of forest pasturing and litter raking began to be consistently enforced; (5) forest management came under state control (Málek, 1983; Nožička, 1957).

Large clear-cuts that were popular between approximately 1810 and 1850 resulted in a radical decline in both *Abies* and *Fagus*. *Picea* and *Pinus* were planted extensively. Nevertheless, forest management was very different on certain estates, and in the mid-nineteenth century forests were regenerating naturally in some places (Málek, 1983).

The decline in *Abies* did not occur only because of timber harvesting and subsequent replacement by *Picea* or *Pinus*. Beginning in approximately ad 1800, the population of silver fir began to die back, and many trees started to suffer from an unknown disease. Treetops became thin, trees stopped growing at their apex and formed a flattened treetop, bark fell off of the trunks, and the core of ill trees became rotten (Málek, 1983). In the last 200 years, conditions for the regeneration of *Fagus* have been favourable, and it is replacing *Abies* in fir-beech forests (Šamonil and Vrška, 2007, 2008; Vrška et al., 2009).

4. Methods

4.1. Pollen data

Twenty-three pollen diagrams were extracted from the Czech Quaternary Palynological Database (PALYCZ; Kuneš et al., 2009). The original analyses of the pollen profiles used in this paper did not have the aim of investigating the late Holocene history of *Abies*, and are relatively coarse in temporal resolution. The characteristics of the pollen sites are presented in Table 1. These sites were selected according to following criteria: (i) suitable altitude; (ii) the presence of radiocarbon dating, allowing for the construction of a reasonable depth–age model; (iii) a continuous curve of *Abies* pollen; and (iv) existing human impact around most of the sites. Our priority was to represent upland and submontane cultural landscapes (c. 300–700 m a.s.l.), where according to historical forestry data *Abies* expanded most successfully during the late Holocene (Málek, 1983). Since we also want to draw a general picture of *Abies* growth in the Czech lands, we present pollen sites situated across lowlands, upper mountain ranges, as well as in some special

landscapes such as sandstone areas. Potential vegetation defined according to Neuhäuslová et al. (2001) around each pollen site is given in Table 1.

Depth–age models were constructed with either Oxcal v. 4.0 (Bronk Ramsey, 2008) or Clam v. 1.0 (Blaauw, 2010) using cubic spline or linear interpolation between dated levels (for overview see the caption of Table 1). Data are shown as pollen diagrams, with the percentages of tree taxa being based on the sum of all trees excluding *Alnus* and *Salix*. These latter two are considered to be local taxa restricted to moist places and thus unable to really compete with other trees (Rybníčková and Rybníček, 1970). Human impact is difficult to express through pollen because the coherence between human activities and the occurrence of certain pollen types is never clear. Therefore, we express human impact as the percentage of non-arboreal pollen (NAP) from the dry-ground pollen sum as a direct indication of open landscape.

Pollen diagrams were drawn on a time scale using the C2 program (Juggins, 2003). We chose the year ad 1300 as the beginning of the High Medieval, which is a period of major changes associated with large-scale colonisation in the Czech lands (Klápště, 2006). Table 1 presents standard errors for the year ad 1300 in the depth–age models.

4.2. Charcoal data

Charcoal data from 82 archaeological sites represent a compilation of all available data where total sum of analysed charcoals reached at least 50. They were collected along a gradient of altitude, from lowlands to highlands. This range of altitude includes Thermophyticum and Mesophyticum, two altitudinal floristic regions according to the phytogeographic classification of the Czech Republic (Chytrý et al., 2008; Skalický, 1988). The charcoal sites were divided into two groups according to their location within either Thermophyticum or Mesophyticum. Mesophyticum occupies the very most of area of the Czech Republic (Figure 3) including uplands from approximately 350 m a.s.l. up to 800 m a.s.l. Vegetation in this zone is represented by mixed forests of typical central European species structure excluding both extremes – mountainous and thermophytic species. Thermophyticum corresponds to the dry and warm lowlands up to 350 m a.s.l. with thermophytic vegetation and prevailing pine-oak forests (Chytrý et al., 2007). Since *Abies* has its optimum in upland or montane areas, we think this separation of Thermophyticum charcoal sites is useful (Figure 3).

Charcoals originate from archaeologically dated layers at sites shown in Figure 3. Figures 6 and 7 show the ratios of major tree taxa, where the total sum represents the sum of all trees and shrubs.

5. Results

5.1. Pollen data

Sites in lowlands (below 350 m a.s.l.) have generally lower *Abies* pollen ratios (Table 1, Figure 4). Site 4 is an exception, having a ratio higher than 20%. This site is a peat bog surrounded by rather natural biotopes in a sandstone area, which has characteristically a cold microclimate. At higher elevations (above 350 m a.s.l.) and especially at sites where *Abies* is part of the regionally dominant vegetation (Table 1), its maximum pollen ratio generally exceeds 20%.

Pollen diagrams covering the complete Holocene show that *Abies* reached its maximum already in prehistoric times, except at two sites where the *Abies* maximum occurred around ad 1300 (site 8) or after it (site 9). Many pollen diagrams document the spread of *Abies* during the Early Medieval before ad 1300 (sites 2, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 17 and 18). *Abies* increased after ad 1300 only in a few sites (sites 4, 9, 10 and 19), though several higher-elevation sites document stable ratios of *Abies* during High Medieval times (sites 13, 14, 15, 16, 17, 18, 22 and 23).

The relationship between the *Abies* pollen and NAP is not uniform. *Abies* increased together with NAP in some sites, but this rise was always temporary (sites 2, 3, 5, 7, 9, 10, 13, 14, 15, 18 and 19). At the Vladař hillfort (site 20), the *Abies* increase follows a peak of NAP pollen and is associated with abandonment of the settlement (Pokorný et al., 2006). A similar pattern but weaker is seen in sites 4, 6, 11, 12. Both at higher elevations and in lowland valleys, it is evident that *Abies* remained stable relatively long, despite a certain degree of landscape opening reflected by a rise in NAP (sites 2, 13, 15 and 16, but also site 5 situated on a lowland plateau). Nevertheless, NAP rose rapidly after ad 1300, followed by an *Abies* decline (sites 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22 and 23).

In general, *Abies* was more successful than *Fagus* only in the very lowlands as at sites 1 and 5, or on sandy soils as at site 7. At most sites, the *Fagus* pollen curve is similar to that of *Abies*, and the curves suggest that *Fagus* and *Abies* respond to the overall environmental changes in more or less the same way. *Abies* expansion at the expense of *Fagus* is weakly suggested only at site 14 just before ad 1300. At a few sites (2, 12, 19), it seems that anthropogenic pressure favoured the growth of *Fagus* over that of *Abies*.

In lowlands, *Pinus* is a dominant tree and its curve often mirrors NAP (sites 1, 2, 5). Nevertheless, *Pinus* increased often during the High Medieval at the expense of *Abies*, irrespective of elevation (sites 2, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 18 and 20). At sites 7 and 15, *Pinus* had already replaced *Abies* by around ad 700; at the former site, *Pinus* may have benefited from the sandy soils typical for the region. Many pollen diagrams show a rise in *Pinus* and *Picea*

during the last few centuries (sites 4, 9, 11, 14, 19, 21, 22 and 23). This is definitely a result of deliberate planting, but it is also probable that initially, *Pinus*, as well as *Picea* at higher elevations, replaced *Abies* naturally after its abrupt decline in Late Medieval and Modern times (sites 11, 13, 15, 16, 18 and 19).

5.2. Charcoal data

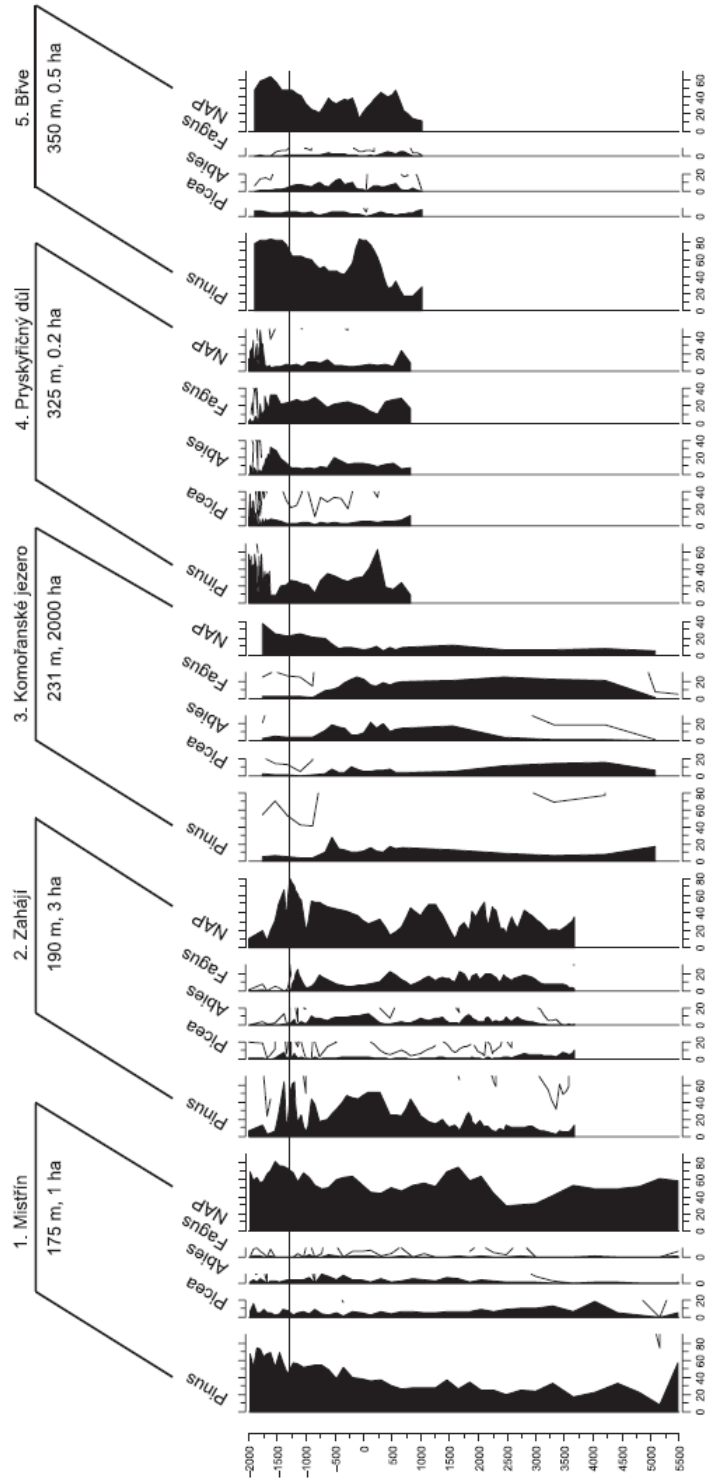
Abies was an important tree only in the Mesophyticum (compare Figures 5 and 6), and even there remained marginal in numbers until the Bronze Age. During both the Iron Age and High Medieval, however, *Abies* was often dominant in the charcoal assemblages (Figure 6). In the Modern time, *Abies* charcoal counts again decreased.

Similarly to *Abies*, *Fagus* was not a dominant tree in the Thermophyticum (Figure 6). Except in warm and dry regions, *Fagus* did not become a noticeable component of charcoal assemblages until the Aeneolithic. Its ratios were much lower than that of *Abies* during the Bronze and Iron Age, but later in the Medieval *Fagus* became generally more important.

The occurrence of *Picea* charcoal is restricted to the Mesophyticum (Figure 5). Higher numbers were first found in Aeneolithic layers. The importance of *Picea* as a fuel seems to have increased from the Early Medieval onwards, and in Modern times its ratios exceeded those of *Abies* and *Fagus* (Figure 5).

Pinus and *Quercus* were important trees in both altitudinal floristic regions, but while in the Thermophyticum *Pinus* and *Quercus* were co-dominant (Figure 6), in the Mesophyticum there were higher proportions of *Abies*, *Fagus* and *Picea* (Figure 5). In the Mesophyticum, *Pinus* charcoal was the most abundant during Aeneolithic and Modern times. In the Thermophyticum, *Quercus* was dominant from the Neolithic until the Modern time (Figure 6). In the Mesophyticum, *Quercus* charcoal was the most abundant during the Neolithic, after which it declined rather steadily (Figure 5).

Figure 4.



(Continued)

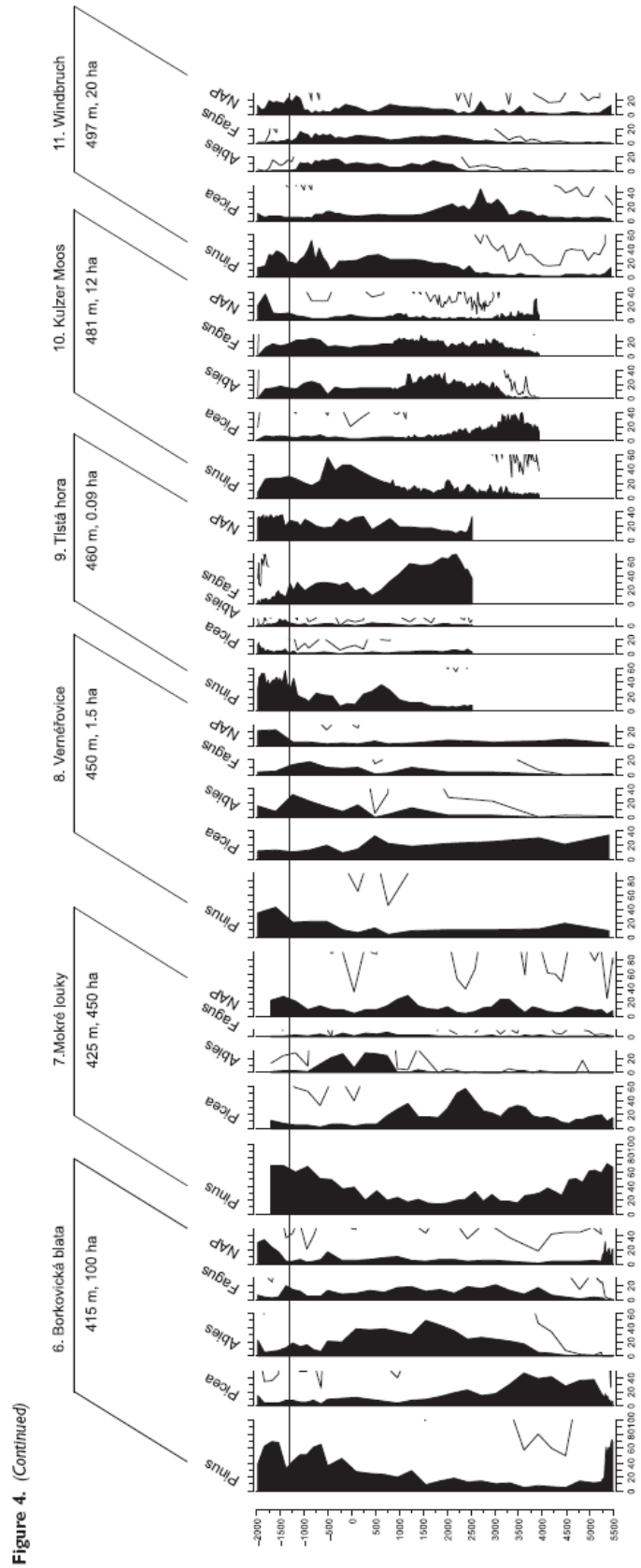
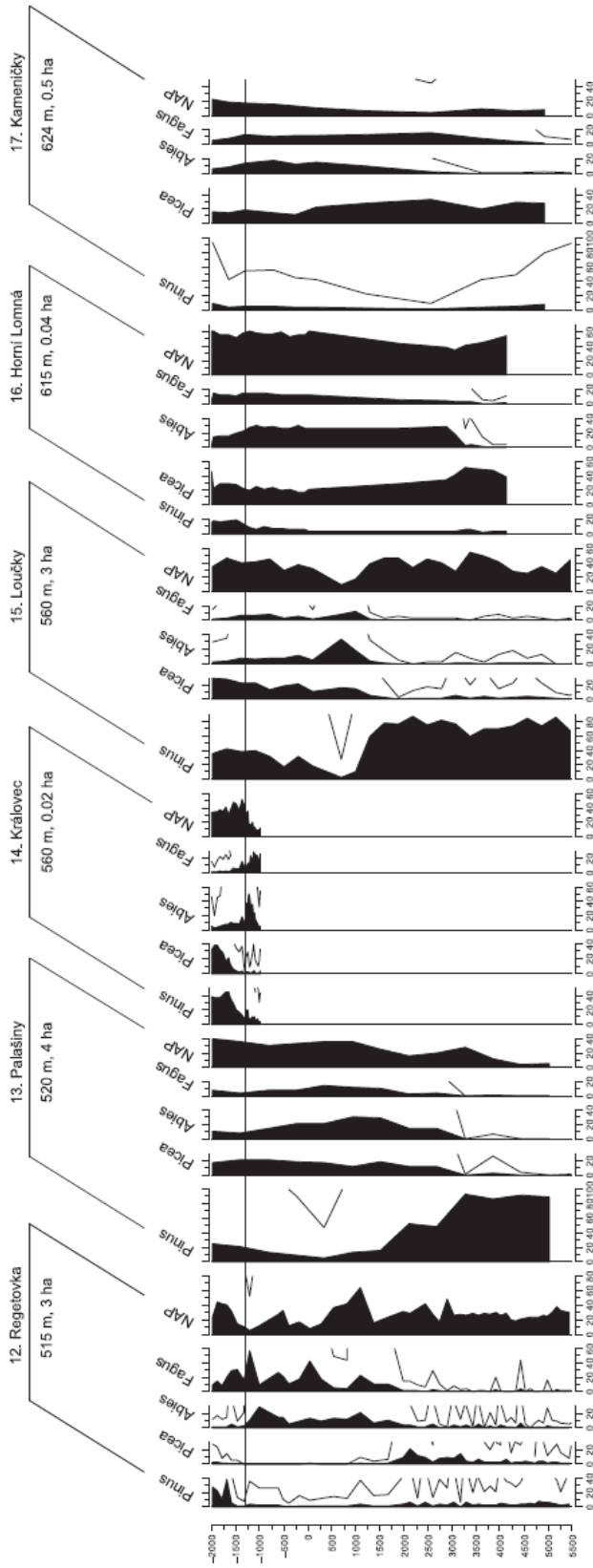


Figure 4. (Continued)



(Continued)

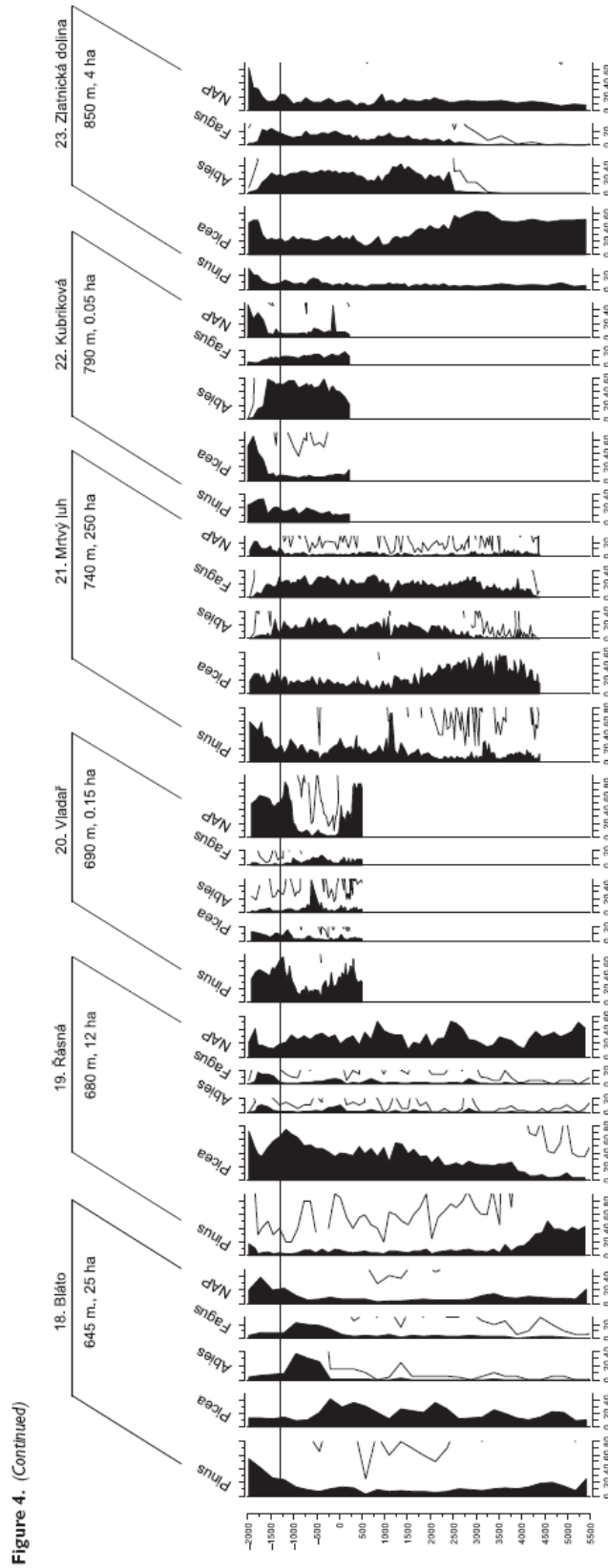


Figure 4. Pollen diagrams showing percentages of *Pinus*, *Picea*, *Abies* and *Fagus*, based on the total sum of trees, and non-arboreal pollen (NAP) based on the dry-ground pollen sum. Data are displayed on a timescale of 5500 BC–AD 2000 for all 23 sites listed in Table 1. Sites are arranged according to increasing altitude. Black solid lines show values multiplied by 10

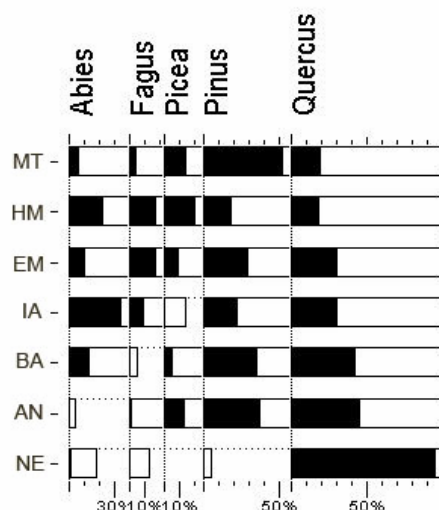


Figure 5. Charcoal ratios of main tree taxa at archaeological sites in the Mesophyticum area. The white part of histogram bars are values multiplied by 10. NE, Neolithic (1 sample analysed); AN, Aeneolithic (3); BA, Bronze Age (7); IA, Iron Age (15); EA, Early Medieval (10); HM, High Medieval (19); MT, Modern time (8). Data from the Roman time were not available

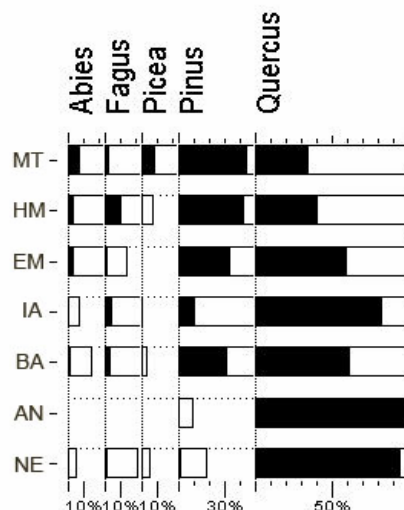


Figure 6. Charcoal ratios of main tree taxa at archaeological sites in the Thermophyticum area. The white part of histogram bars are values multiplied by 10. NE, Neolithic (1 sample analysed); AN, Aeneolithic (1); BA, Bronze Age (4); IA, Iron Age (5); EM, Early Medieval (2); HM, High Medieval (3); MT, Modern time (3). Data from the Roman time were not available

6. Discussion

6.1. Pollen and forestry data

Abies never became abundant in flat lowlands below approximately 350 m a.s.l. However, the varied relief of the Czech landscape enabled the tree to spread and flourish in highlands and submontane zones. Many pollen diagrams show that *Abies* was most abundant during the Bronze and Iron Ages and during the Early Medieval times (Figure 4). This expansion may have been successful largely because of the strength of the population that once established had large regeneration and growth potential (i.e. the mass effect).

When thinking about human impact during the Bronze and Iron Ages, it must be kept in mind that the human population was very low compared with the Medieval time (Fialová et al., 1996). During the Bronze and Iron Ages, the maximum number of people living in the Czech lands is estimated at 30 000, growing to perhaps half a million around ad 1000, and then to approximately 2.5 million around ad 1400 (Fialová et al., 1996). Pollen data are still the main source of information about prehistoric forests, though they can hardly prove the influence of a particular human activity on forest structure (Gaillard et al., 2008), leaving us with only hypotheses and presumptions (Birks, 2005; Gardner, 2002). For instance, we

presume that the human population of the Bronze and Iron Ages affected forest species composition by opening up biotopes with slightly different conditions (pasture, eroded ground) which could have served as appropriate starting points for species such as *Abies*. Since the human population before the Medieval was generally low and even lower in the uplands, management in forests might have been sufficiently unsystematic to provide enough time for the regeneration of trees.

Several pollen diagrams show an expansion of *Abies* after some heavier human impact, expressed as a peak in NAP (Figure 4). The clearest example is Vladař hillfort (site 20), the only site situated in the middle of a settlement. The *Abies* expansion took place right after abandonment of the settlement (Pokorný et al., 2006). Such a clear connection between the presence of humans and the regeneration of *Abies* could not be found at other sites, around which the archaeological evidence is poor. Regeneration of *Abies* in abandoned settlement areas has also been documented by forestry studies, but only at sites where the conditions are suitable for silver fir growth including elevation, soil, humidity and sufficient parent trees in the surrounding forests (Dobrowolska, 1998; Málek, 1966).

In the Carpathians where the existence of upland pastureland was favored by the flat mountain ridge topography (Málek, 1983; Vrška et al., 2009), we have numerous historical forestry reports that document the expansion of *Abies* during High Medieval and Modern times. We have also several pollen sites in this region (sites 9, 12, 14, 16, 22, 23; Figure 3), but only one among them shows an *Abies* expansion after ad 1300 (site 9). This example shows that when we have two data sources from the same region, they do not necessarily tell the same story.

Overall, the pollen data do not support the forestry data for extensive *Abies* expansion during the High Medieval and Modern times. The same is true for *Fagus*, which according to forestry data was widely suppressed by *Abies* (Málek, 1981). According to most pollen diagrams, on the other hand, *Abies* declined after ad 1300. There is of course some uncertainty in the dating (Table 1), but it is not likely that the depth–age model would be much shifted in most cases. We therefore infer that the historical forestry data rather document local changes, so that the trend shown in Figure 2 is not relevant on a large spatial scale. This is supported by the observation that no more than a few pollen sites show an increase in *Abies* after ad 1300.

According to the pollen diagrams, the tree species that was most successful in spreading after ad 1300 is *Pinus*. Planting of *Pinus* was not yet common during the second half of the eighteenth century (Nožička, 1957), which implies that it must have spread naturally. The increase of NAP during the same time suggests that the *Pinus* expansion was associated with intensive forest exploitation. *Pinus* is ecologically less demanding than *Abies* (Ellenberg, 1988), which gives it a greater chance to expand. Contrary to *Abies*, its expansion during Medieval and Modern times is one of the major trends in landscape change reflected in our pollen records. Since the history of *Abies* in other parts of its range is studied mainly by

means of pollen analysis, it is no wonder that the general paradigm is that *Abies* is highly sensitive to human impact. In this respect, pollen records from the Czech Republic are in line with other European pollen data.

6.2. Charcoal data

In agreement with the pollen records, charcoal data demonstrated the importance of *Abies* in highland and submontane regions (Figures 3 and 5). Charcoal records reflect the species composition of forest edges managed by humans, where *Abies* was important during the Bronze and especially Iron Age. Most pollen diagrams show high proportions of *Abies* for the same period, suggesting that it must have been common overall. For the High Medieval, however, charcoal and pollen results do not agree. While *Abies* in the Czech forests was decreasing on a regional scale, locally its regeneration was favoured by forest management, so that from a local point of view *Abies* seemed to be expanding. Since the regions with charcoal data rarely overlap with the regions from which we have historical forestry data (Figure 3), the charcoal data are an additional independent data source.

6.3. The Holocene history of *Abies alba* rewritten: Combining the data

The three sources of data that were used in this paper – historical forestry materials, pollen diagrams and charcoal data – represent three lenses through which we can see some aspects of *Abies* history. The expansion of *Abies* during the High Medieval and Modern times in human-influenced forests was to some degree corroborated by charcoal analysis from archaeological layers, while pollen analysis is less supportive. The fact that the indications for *Abies* expansion are in pollen diagrams less strong than in historical forestry data implies that there are a number of sites where silver fir was indeed not expanding. Hence we suggest a new version of the *Abies* story based on a combination of these data.

Abies expanded in the area of the Czech Republic after 2000bc during the Bronze and Iron Ages. Because it even became common in settled areas, it must have been confronted with human impact from the beginning of its postglacial migration to the Czech Republic. *Abies* reached its highest ratio in forests during the Bronze and Iron Ages, and often even during the Early Medieval. It was even common in the vicinity of settlements (Figure 5) from the Bronze Age up to the High Medieval, where it was favoured by human activities such as forest pasturing, litter raking and selective logging. It also regenerated well in forests that had undergone intensive exploitation or on abandoned agrarian land (Málek, 1966, 1981; Pokorný et al., 2006). Nevertheless, this expansion of *Abies* in human-influenced forests during the High Medieval and Modern times occurred on limited area, which from approximately ad 1300 did not compensate for its overall decline. The reason for the decline during the last few centuries is not known (Málek, 1981). It is clear, however, that *Abies* has quite narrow

growth-condition requirements (Chmelař, 1939). It prefers extensive forest management including selective logging (Filipiak and Barzdajn, 2004; Grassi et al., 2004; Motta and Garbarino, 2003), is endangered by ungulate-game browsing (Málek, 1981; Senn and Suter, 2003) and cannot tolerate any form of intensive and long-lasting human pressure (Carcaillet and Muller, 2005; Málek, 1980; Rösch, 2000). Hence, when during the last several hundred years the human population in the Czech area rose and forest exploitation intensified, *Abies* was replaced by *Pinus*, a typical r-strategist with lower ecological requirements, and *Picea*, which was used for large-scale planting.

Our results show that the reconstructed *Abies* history very much depends on the data source used. The Czech Republic has a mostly highland landscape with only a small area of high mountains around its borders. Data from outside the Czech Republic that suggest an extreme sensitivity of *Abies* to human impact consist mostly of pollen records from high mountains (Burga and Hussendörfer, 2001; Feurdean and Willis, 2008; Keller et al., 2002; Tinner and Lotter, 2005; Tinner et al., 1999; van der Knaap et al., 2004; Wick et al., 2003). These studies are based on pollen records that are unable to distinguish specific types of human impact (Gaillard et al., 2008). It has been observed that *Abies* growing at lower elevations (below c. 600 m a.s.l.) has a much broader ecological amplitude, including pioneer characteristics and drought tolerance (Burga and Hussendörfer, 2001; Dobrowolska, 1998; Málek, 1980; Schmidl et al., 2005), which are well represented in the Czech populations.

7. Conclusions

Forestry records available from the sixteenth century indicate a broad expansion of *Abies* from the thirteenth to sixteenth centuries, suggesting an average *Abies* ratio in Czech forests of 30% (Figure 2). Such a large ratio was not supported by palaeobotanical records. We therefore believe that generalisations made from historical forestry materials on a landscape level are overestimated.

The late-Holocene expansion of *Abies* in the Czech Republic probably occurred on a limited area, and could not compensate for the general *Abies* decline that started around ad 1300 (Figure 4). Pollen data from sites that were not directly influenced by humans did not show an *Abies* expansion during High Medieval and Modern times. On the other hand, charcoal records from archaeological sites better support the historical forestry data, though these records are as yet too fragmentary.

An association between some types of human impact and the successful regeneration of *Abies* has been widely observed (Filipiak and Barzdajn, 2004; Málek, 1981; Motta and Garbarino, 2003; Pokorný, 2005; Pokorný et al., 2006; Schmidl et al., 2005; Senn and Suter, 2003), though this has rarely been described in detail. The result of human impact on *Abies* remains complex, with a positive reaction seeming to be restricted to highland and lowland

landscapes. The prevailing view as an extremely sensitive mountain species does not take into account populations growing outside high mountains.

Acknowledgements: We are grateful to Petr Pokorný and Tomáš Vrška for inspiring critical comments on the manuscript. Great thanks belong to Čeněk Číšecký for his GIS help with pictures and to David Hardekopf for revising English. The research was supported by the Czech Ministry of the Environment (project No. MSM 6293359101), Czech Academy of Sciences (project No. IAAX 00020701) and Czech Ministry of Education (MSM0021620828).

References

- Abraham V and Pokorný P (2008) Vegetační změny v Českém Švýcarsku jako důsledek lesnického hospodaření – pokus o kvantitativní rekonstrukci (Vegetation changes in Czech Switzerland as a result of forestry management – An attempt at quantitative reconstruction on the basis of pollen analyses and historical sources). In: Beneš J and Pokorný P (eds) Bioarchaeology in the Czech Republic. Jihočeská Univerzita, PůF; Archeologický ústav AV ČR, Praha, 443–470.
- Behforouz GH and Papamichael N (1979) End conditions for cubic spline interpolation. *IMA Journal of Applied Mathematics* 23: 355–366.
- Birks HJB (2005) Mind the gap: How open were European primeval forests? *Trends in Ecology and Evolution* 20(4): 154–156.
- Blaauw M (2010) Methods and code for ‘classical’ age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology* 5: 512–518.
- Bronk Ramsey C (2008) Deposition models for chronological records. *Quaternary Science Reviews* 27: 42–60.
- Burga CA and Hussendörfer E (2001) Vegetation history of *Abies alba* Mill. (silver fir) in Switzerland – Pollen analytical and genetic surveys related to aspects of vegetation history of *Picea abies* (L.) H. Karsten (Norway spruce). *Vegetation History and Archaeobotany* 10: 151–159.
- Carcaillet C and Muller SD (2005) Holocene tree-limit and distribution of *Abies alba* in the inner French Alps: Anthropogenic or climatic changes? *Boreas* 34: 468–476.
- Chadt JE (1913) Dějiny lesů a lesnictví (hospodářství lesního a hospodářského lesního zřízení či úpravy lesa – soustav) (Forest and its Management History). Písek: Theodor Kopecký.
- Chmelař J (1939) Význam intenzity a spektrálního složení světla pro vývoj semenáčků jedle (*Abies alba* Mill.) (Importance of intensity and spectral composition of light for *Abies alba* saplings). *Přírodovědný časopis slezský* 20: 59–81.
- Chytrý M (ed.) (2007) Vegetace České Republiky 1, Travinná a keříčková vegetace. Vegetation of the Czech Republic 1, Grassland and Heathland Vegetation. Praha: Academia.

Chytrý M, Jarošík V, Pyšek P, Hájek O, Knollová I, Tichý L et al. (2008) Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. *Ecology* 89(6): 1541–1553.

Dobrowolska D (1998) Structure of silver fir (*Abies alba*, Mill.) natural regeneration in the 'Jata' reserve in Poland. *Forest Ecology and Management* 110: 237–247.

Dreslerová D, Horáček I and Pokorný P (2007) Přírodní prostředí Čech a jeho vývoj (Natural environment of Bohemia and its development). In: Kuna M (ed.) *Archeologie pravěkých Čech 1. Pravěký svět a jeho poznání. (Archaeology in Prehistoric Bohemia 1. Prehistoric World and its Knowledge.)* Praha: Archeologický ústav AV ČR.

Ellenberg H (1988) *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge University Press.

Feurdean A and Willis KJ (2008) Long-term variability of *Abies alba* in NW Romania: Implication for its conservation management. *Diversity and Distribution* 14: 1004–1017.

Fialová L, Horská P, Kučera M, Maur E, Musil J and Stloukal M (1996) *Dějiny obyvatelstva českých zemí. (History of Inhabitants of the Czech Lands.)* Praha: Mladá fronta.

Filipiak M and Barzdajn W (2004) Assessment of the natural resources of European silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Polish Sudety Mts. *Dendrobiology* 51: 19–24.

Gaillard MJ, Sugita S, Bunting MJ, Middleton R, Broström A, Caseldine C et al. (2008) The use of modelling and simulation approach in reconstructing past landscape from fossil pollen data: A review and results from the POLLENDAL network. *Vegetation History and Archaeobotany* 17: 419–443.

Gardner AR (2002) Neolithic to Copper Age woodland impact in northeast Hungary? Evidence from the pollen and sediment chemistry records. *The Holocene* 12(5): 541–553.

Grassi G, Minotta G, Tonon G and Bagnaresi U (2004) Dynamics of Norway spruce and silver fir natural regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 141–149.

Hofmeister J, Oulehle F, Krám P and Hruška J (2008) Loss of nutrients due to litter raking compared to the effect of acidic deposition in two spruce stands, Czech Republic. *Biochemistry* 88: 139–151.

Jalas J and Suominen J (1973) *Atlas Florae Europaeae: Distribution of Vascular Plants in Europe. 2: Gymnospermae (Pinaceae to Ephedraceae).* The Committee for Mapping the Flora of Europe.

Jankovská V (1980) *Paläogeobotanische Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung im Becken Třeboňská pánev während des Spätglazials und Holozäns.* Praha: Academia.

Jankovská V (1987) *Entwicklung des Moores Mokré Louky bei Třeboň im Postglazial.* *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* 22: 199–216.

Jankovská V (1988) Palynologische Erforschung archäologischer Proben aus dem Komořanské jezero-See bei Most (NW-Böhmen). *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* 23: 45–78.

Jankovská V (1989) The evolution of Late-Glacial and Holocene vegetation in the vicinity of Světlá nad Sázavou (in the western Forland of the Bohemian-Moravian uplands). *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* 24(4): 337–448.

Juggins S (2003) C2 User Guide. Software for Ecological and Palaeoecological Data Analysis and Visualisation. University of Newcastle upon Tyne.

Keller F, Lischke H, Mathis T, Möhl A, Wick L, Ammann B et al. (2002) Effects of climate, fire, and humans on forest dynamics: forest simulations compared to the palaeological record. *Ecological Modelling* 152: 109–127.

Klápště J (2006) Proměna českých zemí ve středověku. (Transformation of Czech Countries During Medieval Times.) Praha: Nakladatelství Lidové noviny.

Knipping M (1989) Zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte des Oberpfälzer Waldes. *Dissertationes Botanicae Band 140*, Berlin/Stuttgart: J Cramer, 1–209.

Knipping M (1997) Pollenanalytische Untersuchungen zur Siedlungsgeschichte des Oberpfälzer Waldes. *Telma* 27: 61–74.

Konnert M and Bergmann F (1995) The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, Pinaceae) in relation to its migraton history. *Plant Systematics and Evolution* 196: 19–30.

Kreuz AM (1990) Die ersten Bauern Mitteleuropas. Eine archäobotanische Untersuchung zu Umwelt und Landwirtschaft der ältesten Bandkeramik. *Analecta Praehistorica Leidensia* 23, Leiden: University Press.

Kuneš P, Abraham V, Kovářik O, Kopecký M and PALYCZ Contributors (2009) Czech Quaternary Palynological Database – PALYCZ: Review and basic statistics of the data. *Preslia* 81: 209–238.

Küster H (1994) The economic use of *Abies* wood as timber in central Europe during Roman times. *Vegetation History and Archaeobotany* 3: 25–32.

Liepelt S, Cheddadi R, de Beaulieu JL, Fady B, Gömöry D, Hussendörfer E et al. (2009) Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* (Mill.) – A synthesis from palaeobotanic and genetic data. *Review of Palaeobotany and Palynology* 153: 139–149.

Málek J (1966) Vývoj vegetace na území osad zaniklých v 15. a 16. století v oblasti jihozápadní Moravy (Vegetation succession at the area of agrarian land abandoned during 15th and 16th centuries in southwest Moravia). *Časopis moravského muzea Acta Musei Moraviae* 51: 153–180.

Málek J (1971) Vliv pastvy dobytka na přežívání semenáčků a přirozenou obnovu jedle (The influence of livestock grazing on the survival of silver fir seedlings and on the natural regeneration of the silver fir). *Lesnická práce* 50: 543–546.

Málek J (1975) Vlivy hornictví na lesy na příkladu Jihlavska a Pelhřimovska. (Forests of Jihlava and Pelhřimov regions as an example of ore mining impact on forests.) *Dějiny věd a techniky* 9(76): 145–159.

Málek J (1980) Historie lesů v Podyjí se zřetelem na přírodní výskyt jedle a smrku (Uherčicko a Bítovsko). (Forest history of Dyje river-basin focused on natural stands of silver fir and spruce, Uherčice and Bítov regions.) *Acta Scientiarum naturalium musei Moraviae occidentalis in Třebíč* 11: 69–79.

Málek J (1981) Problematik der Ökologie der Tanne (*Abies alba* Mill.) und ihres Sterbens in der ČSSR. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 100: 170–174.

Málek J (1983) Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. (Ecology of *Abies alba* and its Dieback.) *Studie ČSAV* 11, Praha: Academia.

Motta R and Garbarino M (2003) Stand history and its consequences for the present and future dynamic in two silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in the high Pesio Valley (Piedmont, Italy). *Annals of Forest Science* 60: 361–370.

Nelle O (2003) Woodland history of the last 500 years revealed by anthracological studies of charcoal kiln sites in the Bavarian Forest, Germany. *Phytocoenologia* 33: 667–682.

Neuhäuslová Z, Moravec J, Chytrý M, Ložek V, Rybníček K, Rybníčková E et al. (2001) Mapa potenciální přirozené vegetace České Republiky. (Map of Potential Natural Vegetation of the Czech Republic.) Praha: Academia.

Nožička J (1957) Přehled vývoje našich lesů. (Development of our Forests.) Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Opravil E (1976) Jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.) v československém kvartéru (Silver fir (*Abies alba* Mill.) during Quarternary in Czechoslovakia). *Acta Musei Silesiae Series Dendrologia* 25: 45–67.

Peichlová M (1979) Historie vegetace Broumovska (Vegetation history of the Broumov region). Cand. Dissertation Thesis, Průhonice: Institute of Botany AV ČR.

Pokorný P (2002) Palaeogeography of forest trees in the Czech Republic around 2000 BP: Methodical approach and selected results. *Preslia* 74: 235–246.

Pokorný P (2004) Postglacial vegetation distribution in the Czech Republic and its relationship to settlement zones: Review from off-site pollen data. In: Gojda M (ed.) *Ancient Landscape, Settlement Dynamics and Non-Destructive Archaeology*. Praha: Academia, 395–414.

Pokorný P (2005) Role of man in the development of Holocene vegetation in Central Bohemia. *Preslia* 77: 113–128.

Pokorný P, Boenke N, Chytráček M, Nováková K, Sádlo J, Veselý J et al. (2006) Insight into the environment of a pre-Roman Iron Age hillfort at Vladař, Czech Republic, using a multi-proxy approach. *Vegetation History and Archaeobotany* 15(4): 419–433.

Prietzl J and Kaiser KO (2005) De-eutrophication of a nitrogen-saturated pine forest by prescribed litter-raking. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 461–471.

Průša E (2001) Pěstování lesů na typologických základech. (Forest Management Based on the Forest Site Classification.) *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*.

Rösch M (2000) Long-term human impact as registered in an upland pollen profile from southern Black Forest, south-western Germany. *Vegetation History and Archaeobotany* 9: 205–218.

Rybníček K and Rybníčková E (1968) The history of flora and vegetation on the Bláto mire in southeast Bohemia (palaeoecological study). *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* 3: 117–142.

Rybníček K and Rybníčková E (2002) Vegetation of the Upper Orava region (NW Slovakia) in the last 11000 years. *Acta Palaeobotanica* 42(2): 153–170.

Rybníček K and Rybníčková E (2008) Upper Holocene dry land vegetation in the Moravian–Slovakian borderland (Czech and Slovak Republics). *Vegetation History and Archaeobotany* 17(6): 701–711.

Rybníčková E (1974) Die Entwicklung der Vegetation und Flora im südlichen Teil der Böhmisches-Mährischen Höhe während des Spätglazials und Holozäns. *Vegetace ČSSR A7*, Praha: Academia.

Rybníčková E and Rybníček K (1970) The determination and elimination of local elements in pollen spectra from different sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 11: 165–176.

Rybníčková E and Rybníček K (1988) Holocene palaeovegetation and palaeoenvironment of the Kamenická Kotlina basin (Czechoslovakia). *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* 23: 285–301.

Šamonil P and Vrška T (2007) Trends and cyclical changes in natural fir-beech forests at the north-western edge of the Carpathians. *Folia Geobotanica* 42: 337–361.

Šamonil P and Vrška T (2008) Long-term vegetation dynamics in the Šumava Mts. natural spruce-fir-beech forests. *Plant Ecology* 196: 197–214.

Šamonil P, Král K, Douda J and Šebková B (2008) Variability in forest floor at different spatial scales in a natural forest in the Carpathians: Effect of windthrows and mesorelief. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 2596–2606.

Senn J and Suter W (2003) Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: Beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management* 181: 151–164.

Schmidl A, Kofler W, Oeggel-Wahlmüller N and Oeggel K (2005) Land use in the Eastern Alps during the Bronze Age – An archaeobotanical case study of a hilltop settlement in the Montafon (Western Austria). *Archaeometry* 47(2): 455–470.

Skalický V (1988) Regionálně fytogeografické členění (Phytogeographic land classification). In: Hejný S and Slavík B (eds) *Květena České socialistické republiky*. (Flora of the Czech Socialist Republic.) Praha: Academia.

Sugita S, Gaillard MJ and Broström A (1999) Landscape openness and pollen records: A simulation approach. *The Holocene* 9: 409–422.

Svobodová H (1989) Rekonstrukce přírodního prostředí a osídlení v okolí Mistřína. *Palynologická studie*. (A reconstruction of natural environment and settlement in the environs of Mistřín. *Palynological study*.) *Památky archeologické* 80: 188–206.

Svobodová H, Reille M and Goeury C (2001) Past vegetation dynamics of Vltavský luh, upper Vltava river valley in the Šumava mountains, Czech Republic. *Vegetation History and Archaeobotany* 10(4): 185–199.

Terhürne-Berson R, Litt T and Cheddadi R (2004) The spread of *Abies* throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data. *Vegetation History and Archaeobotany* 13: 257–268.

Tinner W and Lotter AF (2005) Holocene expansion of *Fagus sylvatica* and *Abies alba* in Central Europe: Where are we after eight decades of debate? *Quaternary Science Reviews* 25: 626–649.

Tinner W, Hubschmid P, Wehrli M, Ammann B and Conedera M (1999) Long-term forest fire ecology and dynamics in the southern Switzerland. *Journal of Ecology* 87: 273–289.

van der Knaap WO, van Leeuwen JFN and Ammann B (2004) The first rise and fall of *Fagus sylvatica* and interactions with *Abies alba* at Faulenseemoos (Weiss Plateau) 6900–6000 cal yr BP. *Acta Palaeobotanica* 44(2): 249–266.

Vrška T, Adam D, Hort L, Kolář T and Janík D (2009) European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians – A developmental cycle or a linear trend induced by men? *Forest Ecology and Management* 258: 347–356.

Wacnik A (1995) The vegetational history of local flora and evidences of human activities recorded in the pollen diagram from site Regetovka, northeast Slovakia. *Acta Palaeobotanica* 35(2): 253–272.

Wick L and Möhl A (2006) The mid-Holocene extinction of silver fir (*Abies alba*) in the Southern Alps: A consequence of forest fires? *Palaeobotanical record and forest simulations*. *Vegetation History and Archaeobotany* 15: 435–444.

Wick L, van Leeuwen JFN, van der Knaap WO and Lotter AF (2003) Holocene vegetation development in the catchment of Sägistalsee (1935 m asl), a small lake in the Swiss Alps. *Journal of Paleolimnology* 30: 261–272.

Conclusions

Detailed and specific conclusions are posted in particular chapters. To summarize, this thesis had two different aims, i) to study and describe characteristics of the Early Medieval landscape and its transformation during the High Medieval by means of pollen analysis from both archaeological layers and natural sediments; and ii) to assess the potential of analytical pollen data from both archaeological layers and natural sediments. The question was whether pollen analysis that is usually performed in natural sediments and that well-reflect long term vegetation development, can be successfully applied to archaeological research in urban contexts. In the case of natural sediments, the question was if the detail of pollen data is sufficient to reflect landscape changes. Is important information missed when we only study landscape history by reading pollen diagrams?

Pollen spectra from the Early Medieval archaeological layers typically include a high number of pollen taxa representing both synanthropic and close-to-natural biotopes. These results give the impression of a fine patchy cultural landscape, where human management was not yet unified and intensive. A similar picture is given by pollen diagrams obtained from old meanders located close to Early Medieval fortified agglomerations. Human impact there was gradually increasing, but the species structure of forests and non-arboreal vegetation remained more or less the same throughout the Early Medieval time (Appendixes 1 and 2).

Pollen spectra from the High Medieval period (starting during the 12th and 13th centuries) reflect radical changes. Close-to-natural biotopes became extremely rare in the towns, and urban pollen spectra typically contain few prevailing and often nitrophilous taxa, e.g. Chenopodiaceae. Intense exploitation of the landscape is reflected by a rapid decline of arboreal pollen in pollen diagrams. The forest species composition was irreversibly modified in favor of less demanding trees, mainly *Pinus*, which expanded dramatically. The expansion of cultivated land is marked by an increase in cereals and weeds. A rather typical indicator of the High Medieval sediments is *Centaurea cyanus*.

In urban contexts, the best analytical pollen results come from less-defined archaeological layers such as street surfaces or mixed settlement and waste layers. Pollen analysis applied to urban archaeological research is useful for a description of general environmental conditions of a site and its close vicinity. An ideal pollen research strategy in the urban environment is to sample many different archaeological layers in order to compare pollen spectra formed by different factors.

Some landscape changes that occurred on a limited area can be hidden in pollen diagrams. A good example is the expansion of *Abies alba* in Czech forests influenced by forest pasturing,

litter raking and selective cutting, as is evidenced by forestry archives and assumed to have happened between AD 1300 – 1600. Although interpretations of the original forestry archives led to an overestimation of the extent of *Abies* expansion, it must have been striking in some areas, especially at higher elevations above 350 m asl. While charcoal data from cultural layers do at least partly reflect the medieval *Abies* expansion around settled areas, pollen data from sites that are not situated close to settlements show a gradual *Abies* decline during the High Medieval.

Curriculum vitae of Radka Kozáková

Born on September 21, 1980 in Příbram

Scientific degrees:

MSc. (2004) Department of Hydrobiology, Faculty of Science, Charles University, Prague

Research interests:

palaeoecology of the Holocene, pollen analysis, natural environment of medieval settlements and towns, cultural landscape development during the Middle Ages

Education and jobs:

- 2001 – 2004: Master degree, Department of Hydrobiology, Faculty of Science, Charles University, Prague
- since 2004: Ph.D. study of botany, Department of Botany, Charles University, Prague
- since 2006: scientist at the Archaeological Institute of the AS CR, Prague

Short term interships:

- January – February (5 weeks): Institute of Plant Sciences, University of Bern

Researcher on grant projects:

- 2007 – 2011: Long term development of cultural landscape of Central Bohemia as a co-evolution of human impacts and natural processes (GA AV CR, IAAX00020701) – project leader Petr Pokorný
- 2008 – 2010: Zázemí raně středověkého hradiště jako ekonomický systém (GA CR, 404/08/1696) [The hinterland of Early Medieval centre - the economical system] – project leader Jan Mařík
- 2007 – 2009: Rekonstrukce životního prostředí a ekonomiky raně středověké aglomerace Žatec (GA AV IAA800020706) [Environment and Economy of the Early Medieval Settlement in Žatec] – project leader Petr Čech

Papers in SCI journals:

Kozáková R and Pokorný P (2007) Dynamics of the biotopes at the edge of a medieval town: pollen analysis of Vltava river sediments in Prague, Czech Republic. *Preslia* 79: 259-281.

Kozáková R, Pokorný P, Havrda J and Jankovská V (2009) The potential of pollen analyses from urban deposits: multivariate statistical analysis of a data-set from the medieval city of Prague (Czech Republic). *Vegetation History and Archaeobotany* 18: 477-488.

Kozáková R, Šamonil P, Kuneš P, Novák J., Kočár P and Kočárová R (2011) Contrasting local and regional Holocene histories of *Abies alba* in the Czech Republic in relation to human impact: Evidence from forestry, pollen and anthracological data. *The Holocene* (online), DOI: 10.1177/0959683610385721.

Papers in other journals:

Kozáková R and Kaplan M (2006) Příspěvek pylové analýzy k rekonstrukci přírodních poměrů v okolí Libice nad Cidlinou. *Archeologické rozhledy* 58:540-549.

Kozáková R and Boháčová I (2008) Přírodní prostředí Pražského hradu a jeho zázemí v raném středověku – výpověď pylové analýzy sedimentů ze III. nádvoří. *Archeologické rozhledy* 60: 547-564

Popular articles:

Kozáková R and Havrda J (2009) Natura mění tvář aneb středověká Praha na cestě k modernímu městu. *Veronica* 6: 1-4.

Chapters in monographs:

Kozáková R (2008) Výpověď pylové analýzy ze středověkých povodňových sedimentů a kulturních vrstev v prostoru slepého ramene Vltavy v Praze – Valdštejnské ulici [Pollen analysis from medieval flood loams and cultural layers deposited within an old channel of the Vltava River in Prague] In: Beneš J and Pokorný P (eds) *Bioarcheologie v České republice - Bioarchaeology in the Czech Republic*. Jihočeská Univerzita, PŘF; Archeologický ústav AV ČR, Praha, 383–420.

Conferences, posters:

Kozáková R, Pokorný P and Jankovská V (2006) Medieval city of Prague studied by the means of pollen analysis and multivariate statistics. *7th European Palaeobotany-Palynology Conference, Prague, 6.-11.9. 06*

Conferences, presentations:

Kozáková R (2007) Krajina raného středověku a její změny s nástupem kolonizace. *Konference environmentální archeologie, Plzeň 2007*.

Kozáková R (2008) Pollen spectra from medieval Prague. *XXXIIth Bog Excursion, CR, 6.-14.9. 2008*

Kozáková R and Mařík J (2011) Pastevně agrární krajina v okolí raně středověkých hradišť Libice nad Cidlinou a Hradištko. *Konference environmentální archeologie, Brno, 9.-10.2. 2011*

Conferences, coorganizer:

XXXIIth Bog Excursion, Czech Republic, 6.-14.9. 2008

Appendix

1 – 13: Pollen diagrams from important sites in the Czech Republic showing landscape development during the agricultural part of the Holocene. Time periods: NE – Neolithic (5500 – 4200 BC), AE – Aeneolithic (4200 – 2200 BC), BI – Bronze and Iron Ages (2200 – 470 BC), LT – La Tène period (470 BC – AD 0), MP – Roman time and Migration Period (AD 0 – 500), EM – Early Medieval (AD 500 – 1200), HM – High Medieval (AD 1200 – 1500), MT – Modern time (from AD 1500).

Archaeological dating from Jiráň L and Venclová N (eds.) (2007-2008) *Archeologie pravěkých Čech*, sv. 1-8, Archeologický ústav AV ČR, Praha.

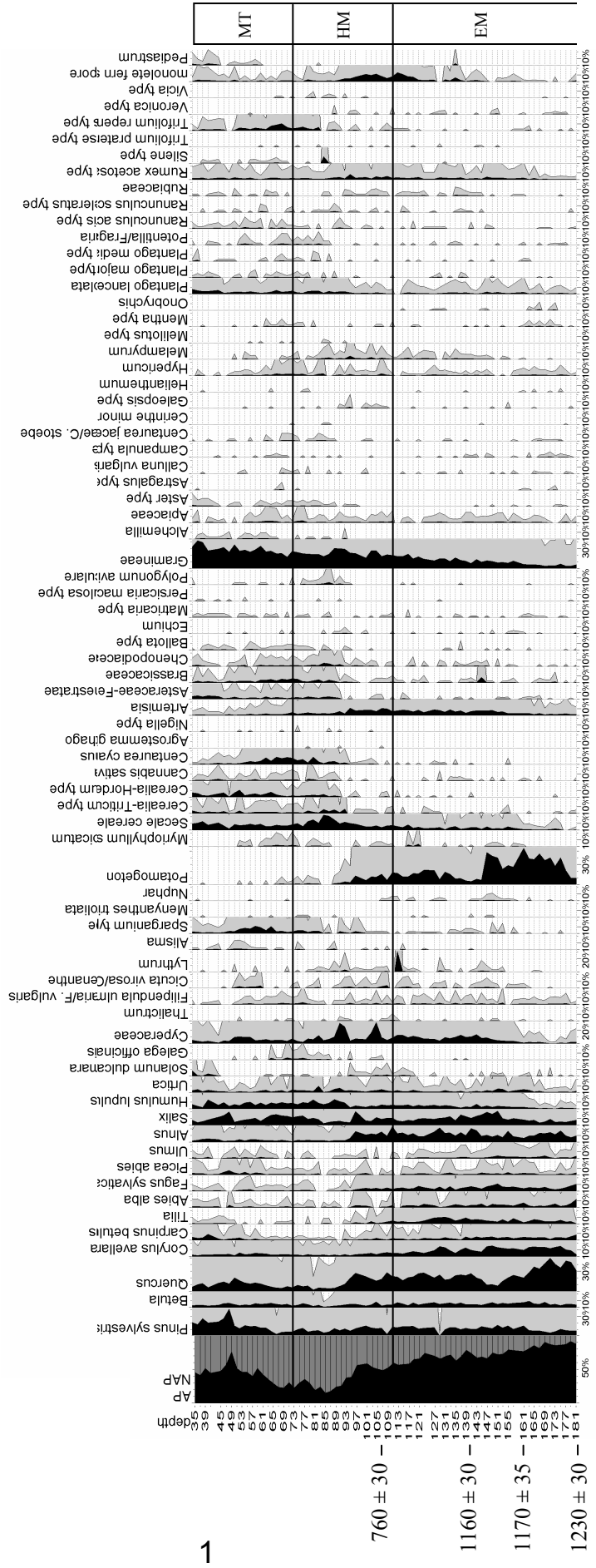
Pollen data were adapted from Czech Quaternary Palynological Database – PALYCZ (<http://botany.natur.cuni.cz/palycz/>)

Original source of pollen data:

- 1 - 3. Hradištko, Libice, Košátky – original data
4. Tišice - Dreslerová, D., Břízová, E., Růžičková, E. and Zeman, A., 2004. Holocene environmental processes and alluvial archaeology in the middle Labe (Elbe) valley. In: M. Gojda (Editor), *Ancient Landscape, Settlement Dynamics and Non-destructive Archaeology*. Academia, Praha.
5. Stará Boleslav – čistíčka - Dreslerová, D. and Pokorný, P., 2004. Vývoj osídlení a struktury pravěké krajiny na středním Labi: Pokus o přímé srovnání archeologické a pyloanalytické evidence [Settlement and prehistoric land-use in middle Labe valley, Central Bohemia: Direct comparison of archaeological and pollen-analytical data]. *Archeologické rozhledy*, 56: 739-762.
6. Zahájí - Pokorný, P., 2005. Role of man in the development of Holocene vegetation in Central Bohemia. *Preslia*, 77(1): 113-128.
7. Na Bahně - Pokorný, P., Klimešová, J. and Klimeš, L., 2000. Late holocene history and vegetation dynamics of a floodplain alder carr: A case study from eastern Bohemia, Czech Republic. *Folia Geobotanica*, 35(1): 43-58.
8. Veselov – original data
- 9 - 11. Loučky, Řásná, Bláto - Rybničková, E., 1974. Die Entwicklung der Vegetation und Flora im südlichen Teil der Böhmischo-mährischen Höhe während des Spätglazials und Holozäns. *Vegetace ČSSR*, A7. Academia, Praha.
12. Černá hora - Speranza, A., Hanke, J., van Geel, B. and Fanta, J., 2000a. Late-holocene human impact and peat development in the Cerna Hora bog, Krkonose Mountains, Czech Republic. *Holocene*, 10(5): 575-585.
13. Mrtvý luh - Svobodová, H., Reille, M. and Goeury, C., 2001. Past vegetation dynamics of Vltavský luh, upper Vltava river valley in the Šumava mountains, Czech Republic. *Vegetation History and Archaeobotany*, 10(4): 185-199.

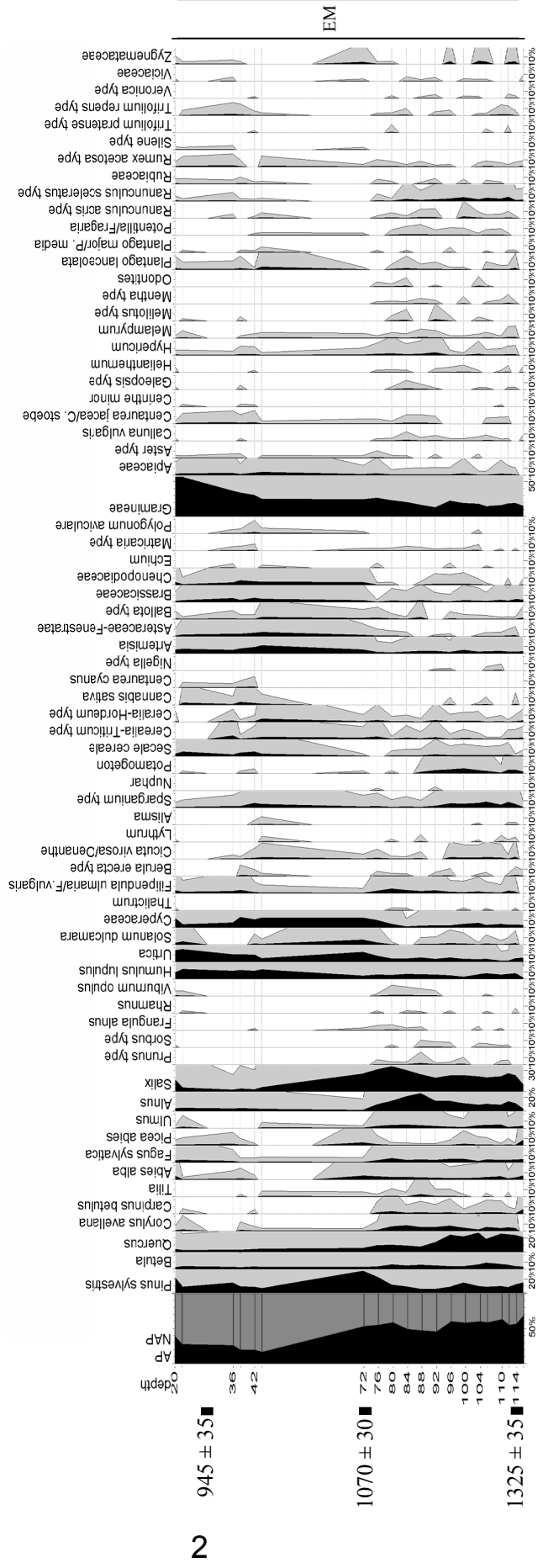
14 – 17: Maps of the Czech part of the Czech Republic with pollen sites (red numbers) and extent of settlement indicated by archaeological action – green dots represent every kind of archaeological research or find. Archaeological data were adapted from Archaeological database of the Czech Republic: Kuna M and Křivánková D (2006) *Archiv 3.0, Systém archeologické databáze Čech (uživatelská příručka)*. Archeologický ústav AV ČR, Praha.

1. Hradištko, 190 m



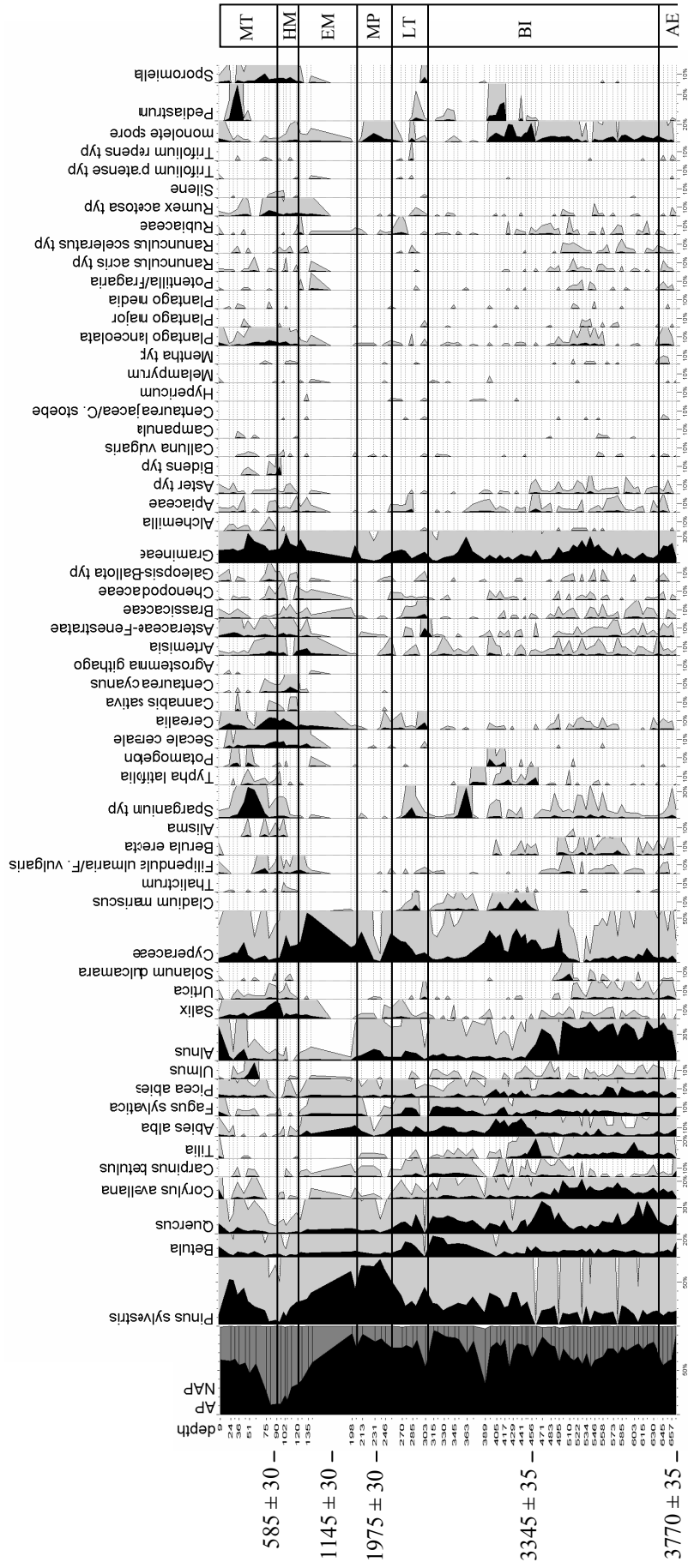
Analysed by Radka Kozáková

2. Libice, 186 m



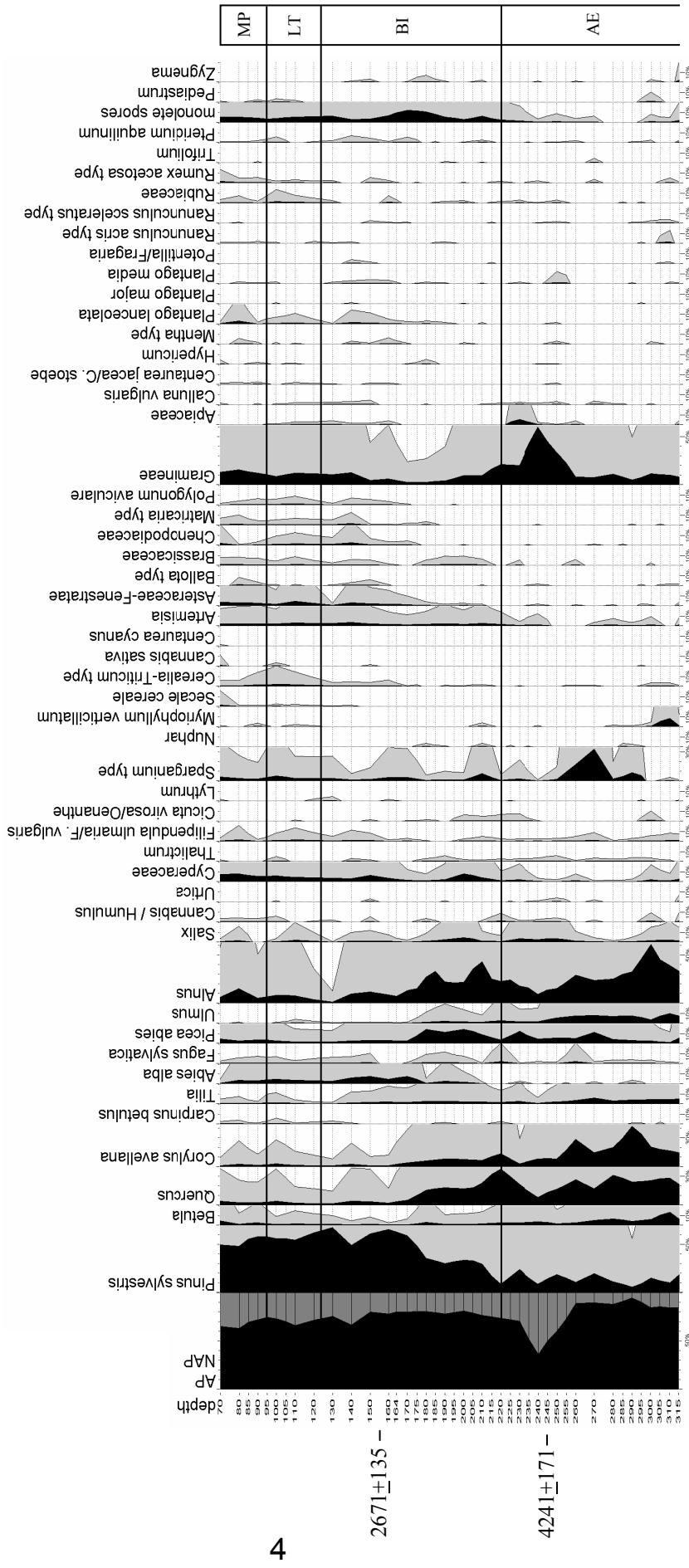
Analysed by Radka Kozáková

3. Košátky, 214 m



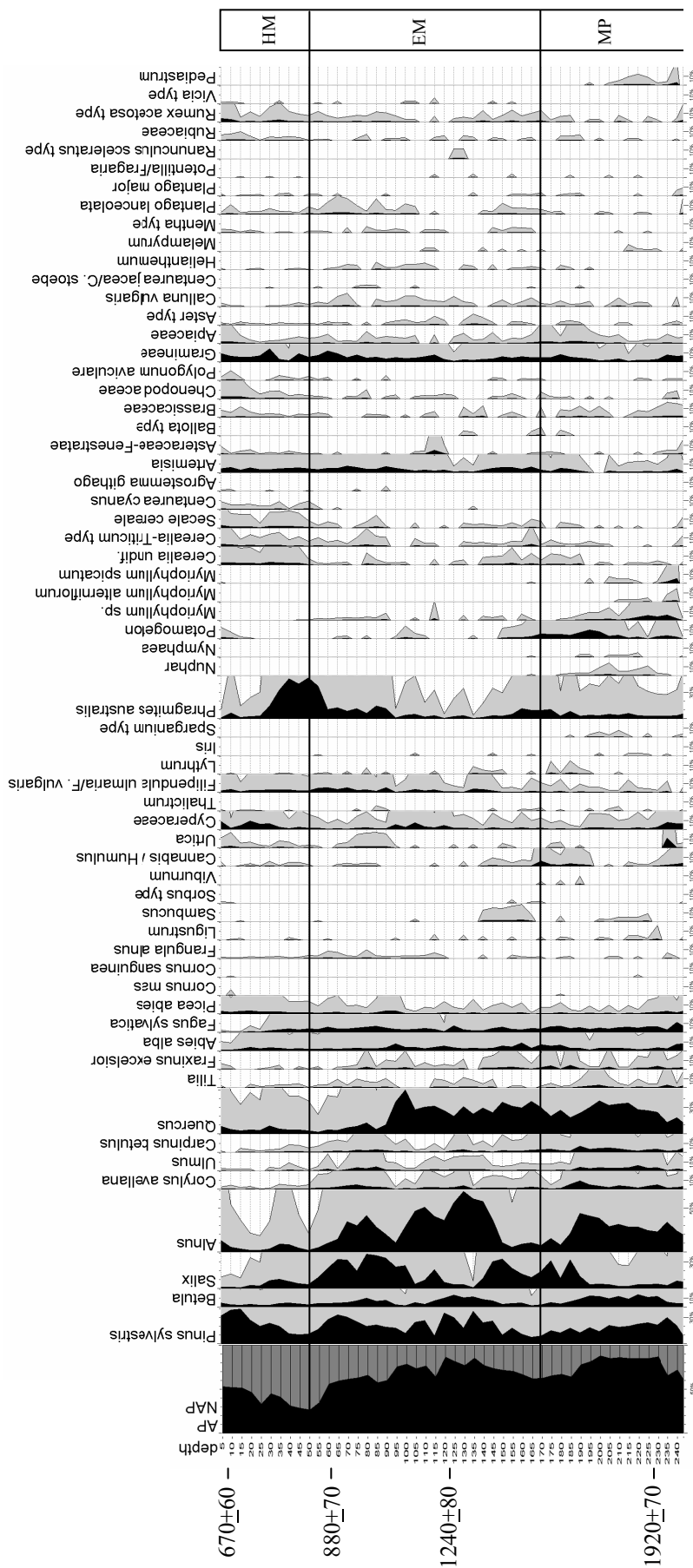
Analysed by Radka Kozáková

4. Tišice, 160 m



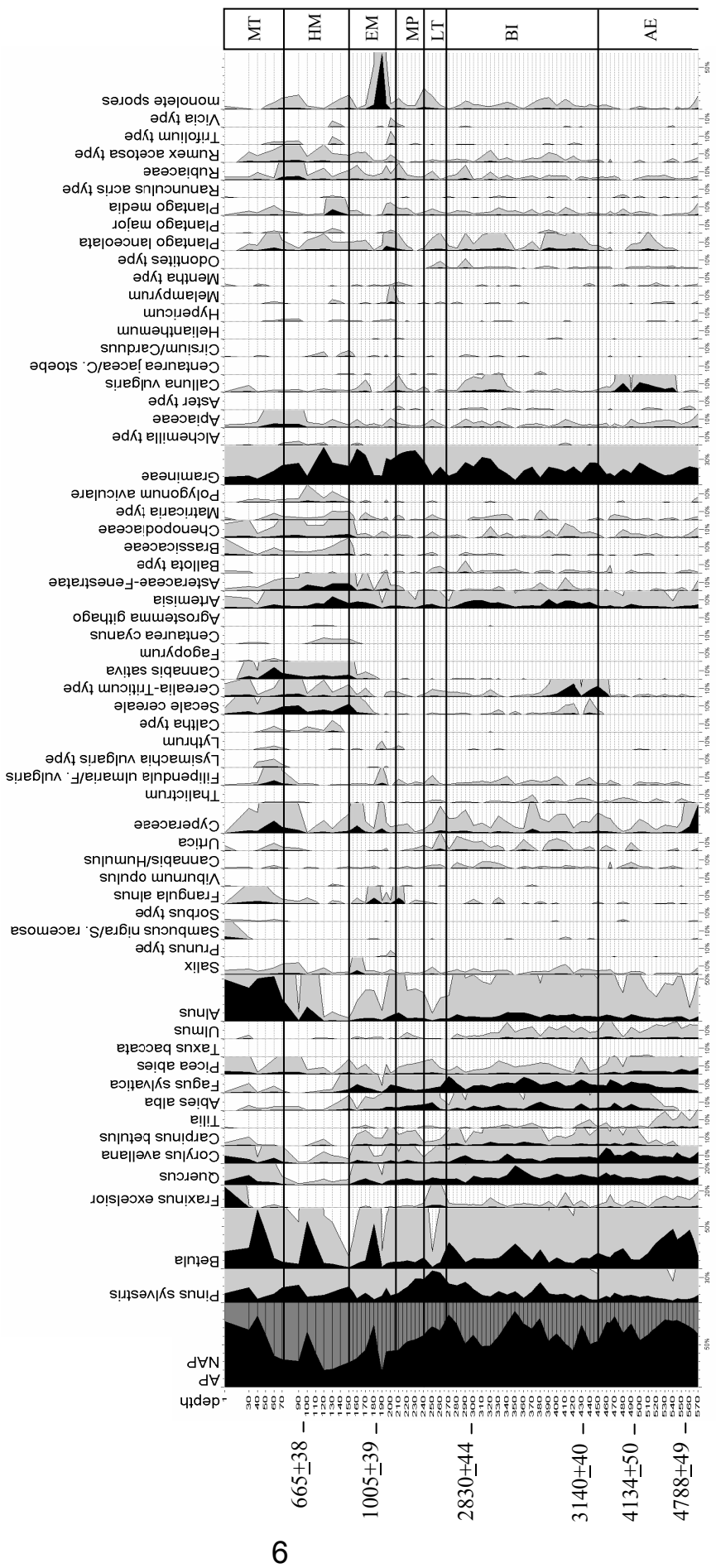
Analysed by Petr Pokorný

5. Stará Boleslav - čistička, 167 m



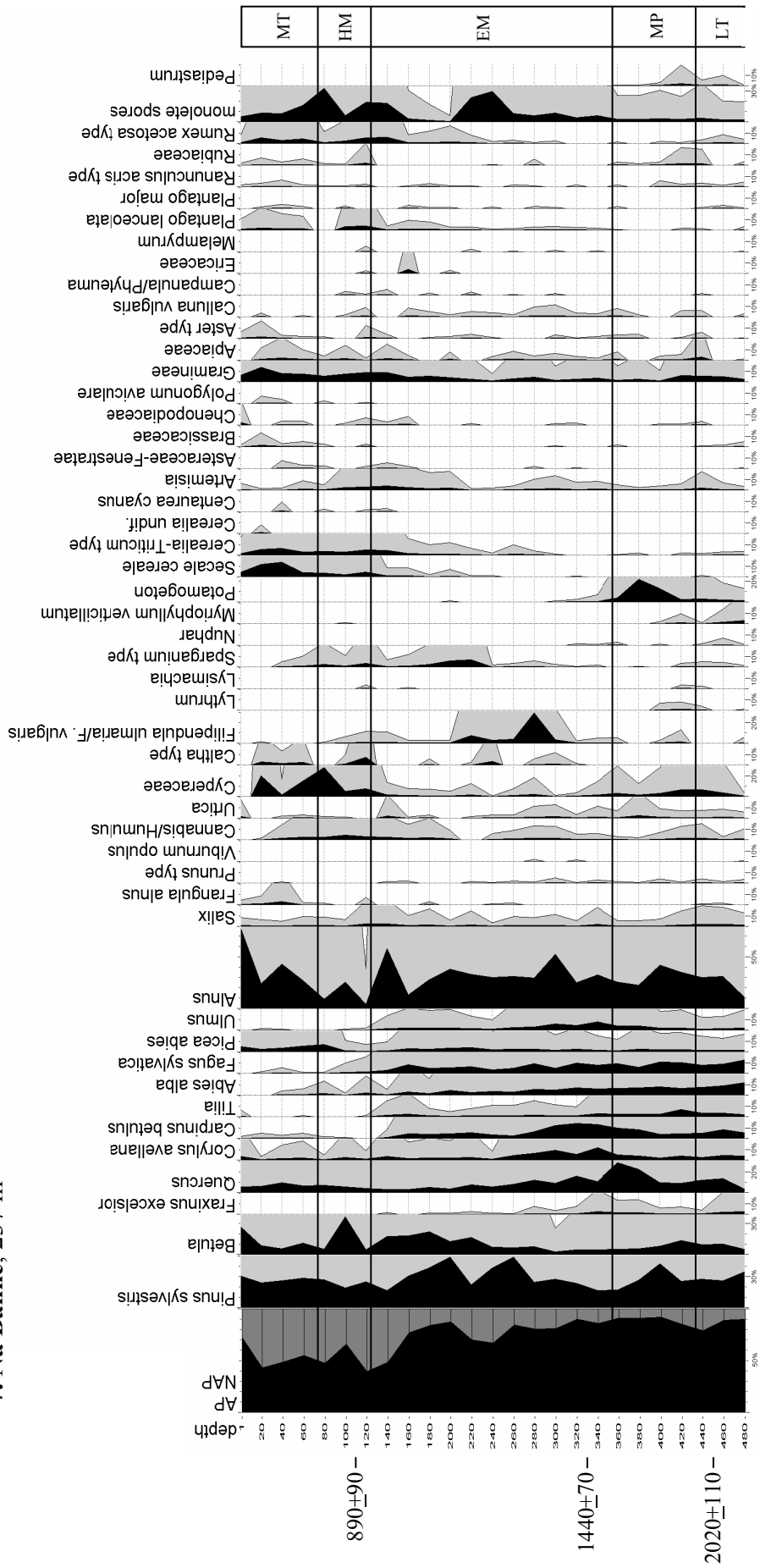
Analysed by Eva Břizová

6. Zahájí, 232 m



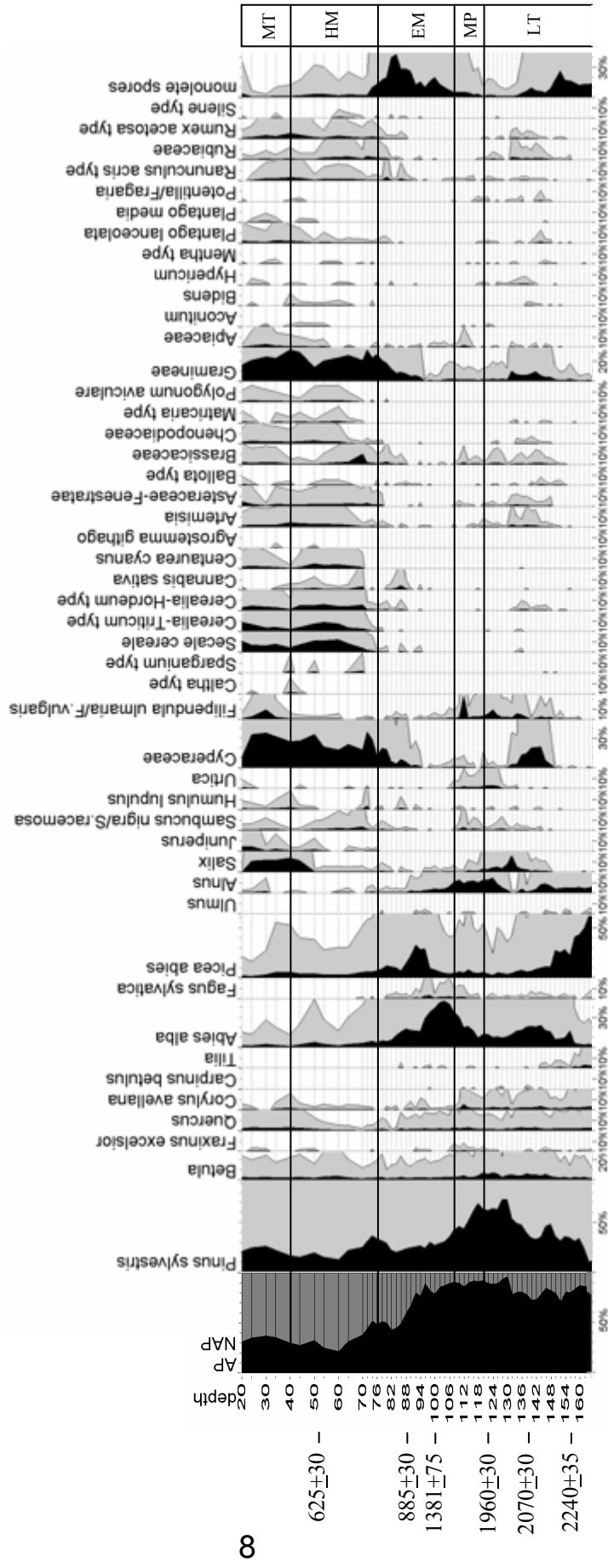
Analysed by Petr Pokorný

7. Na Bahně, 237 m



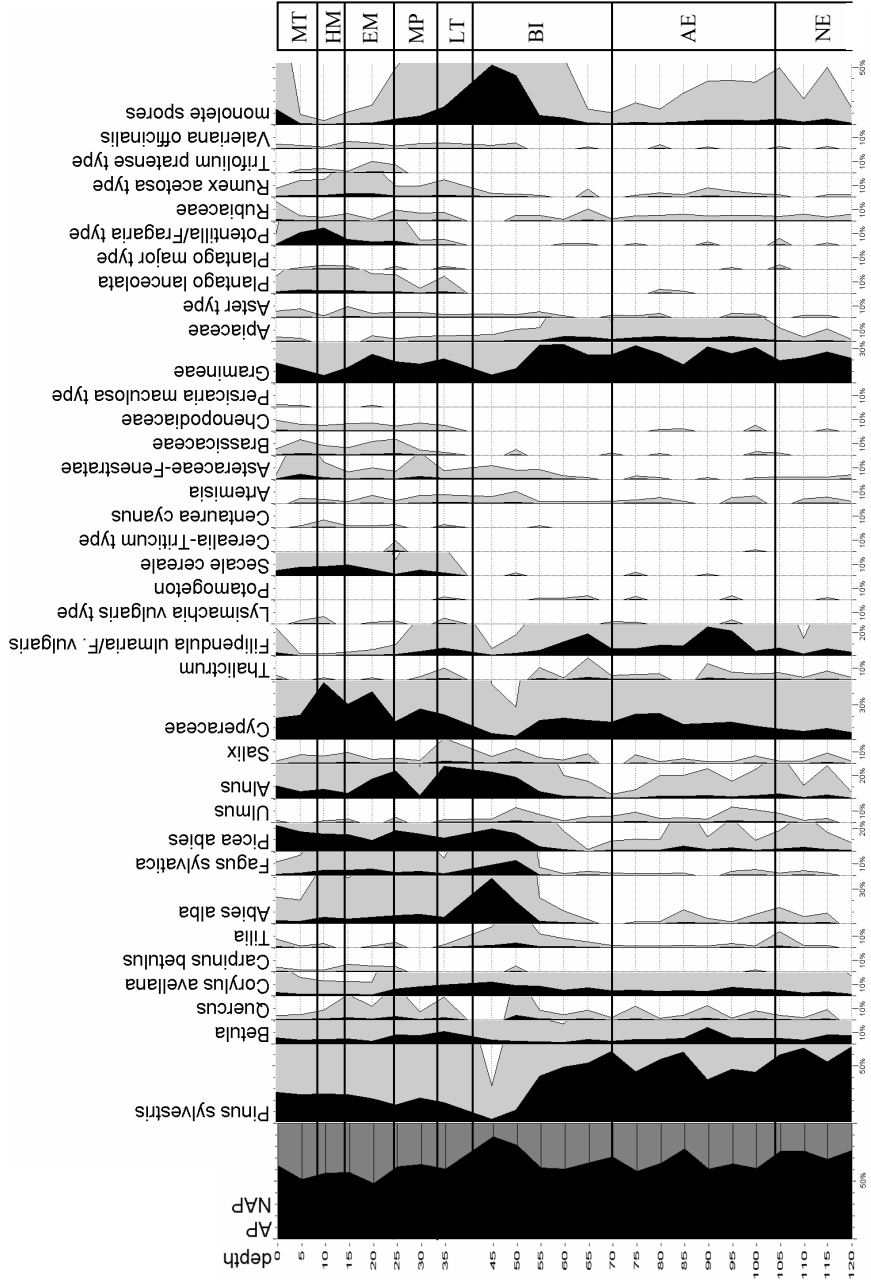
Analysed by Petr Pokorný

8. Veselov, 560 m



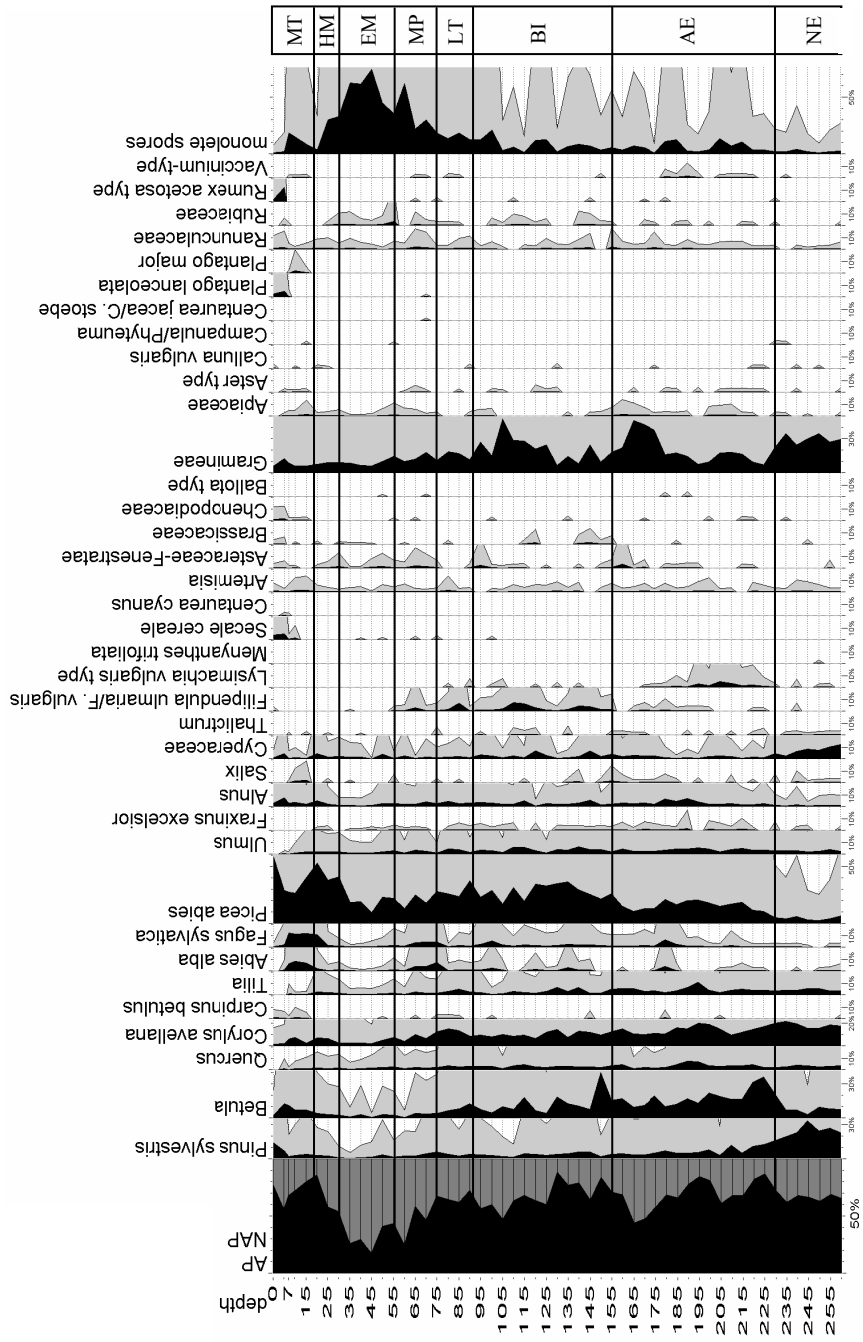
Analysed by Petr Pokorný

9. Loučky, 595 m



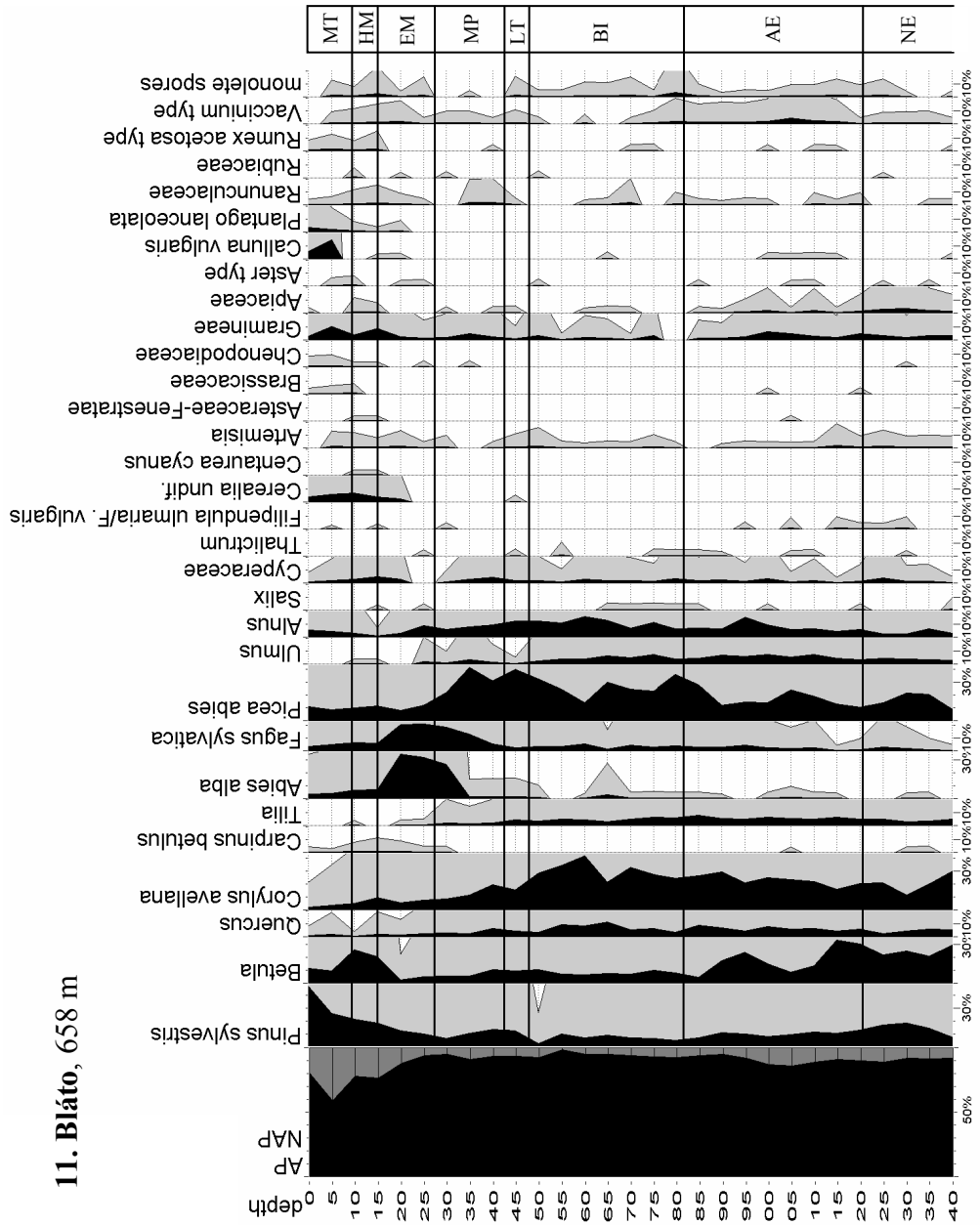
Analysed by Eliška Rybníčková

10. Řásná, 696 m



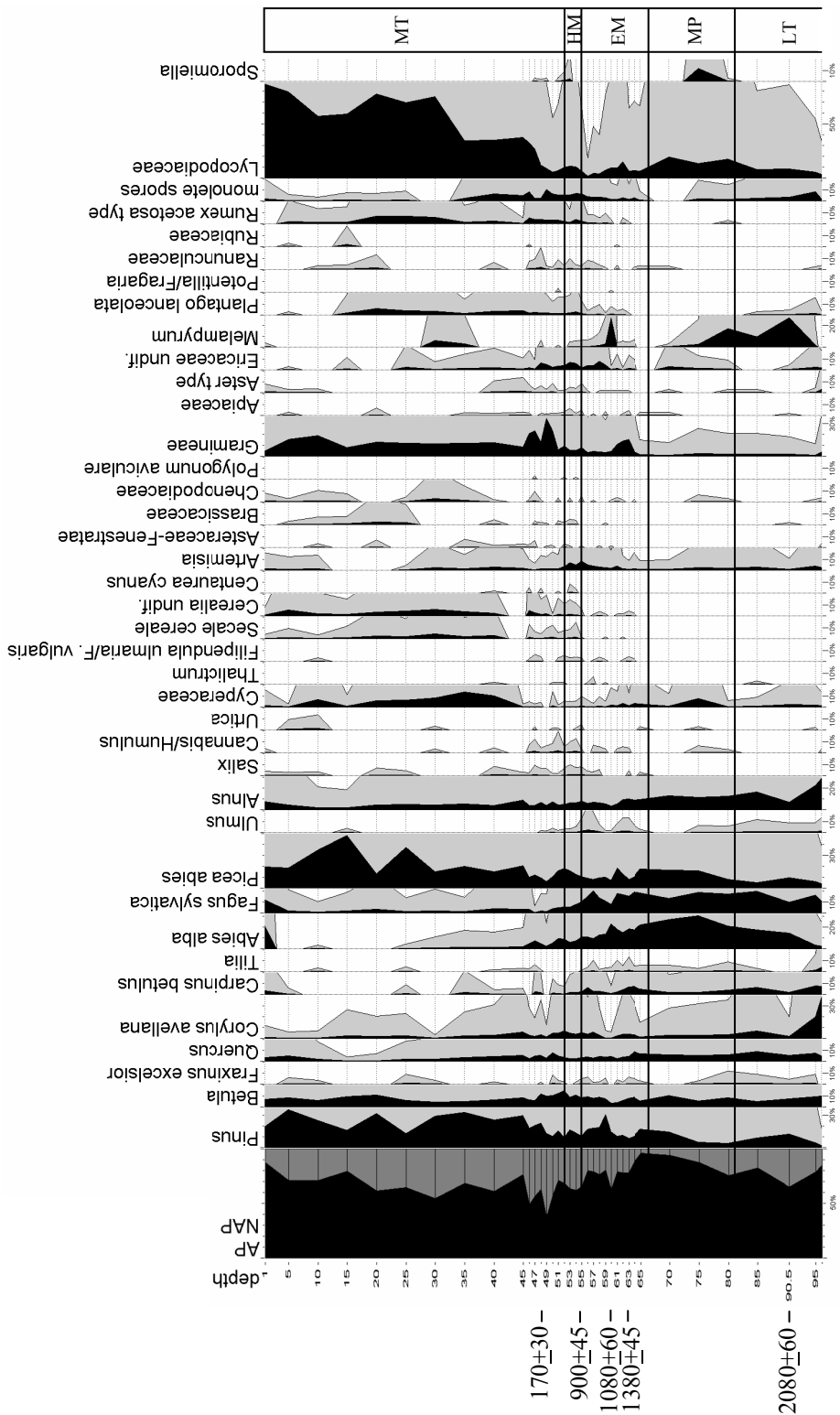
Analysed by Eliška Rybníčková

11. Bláto, 658 m



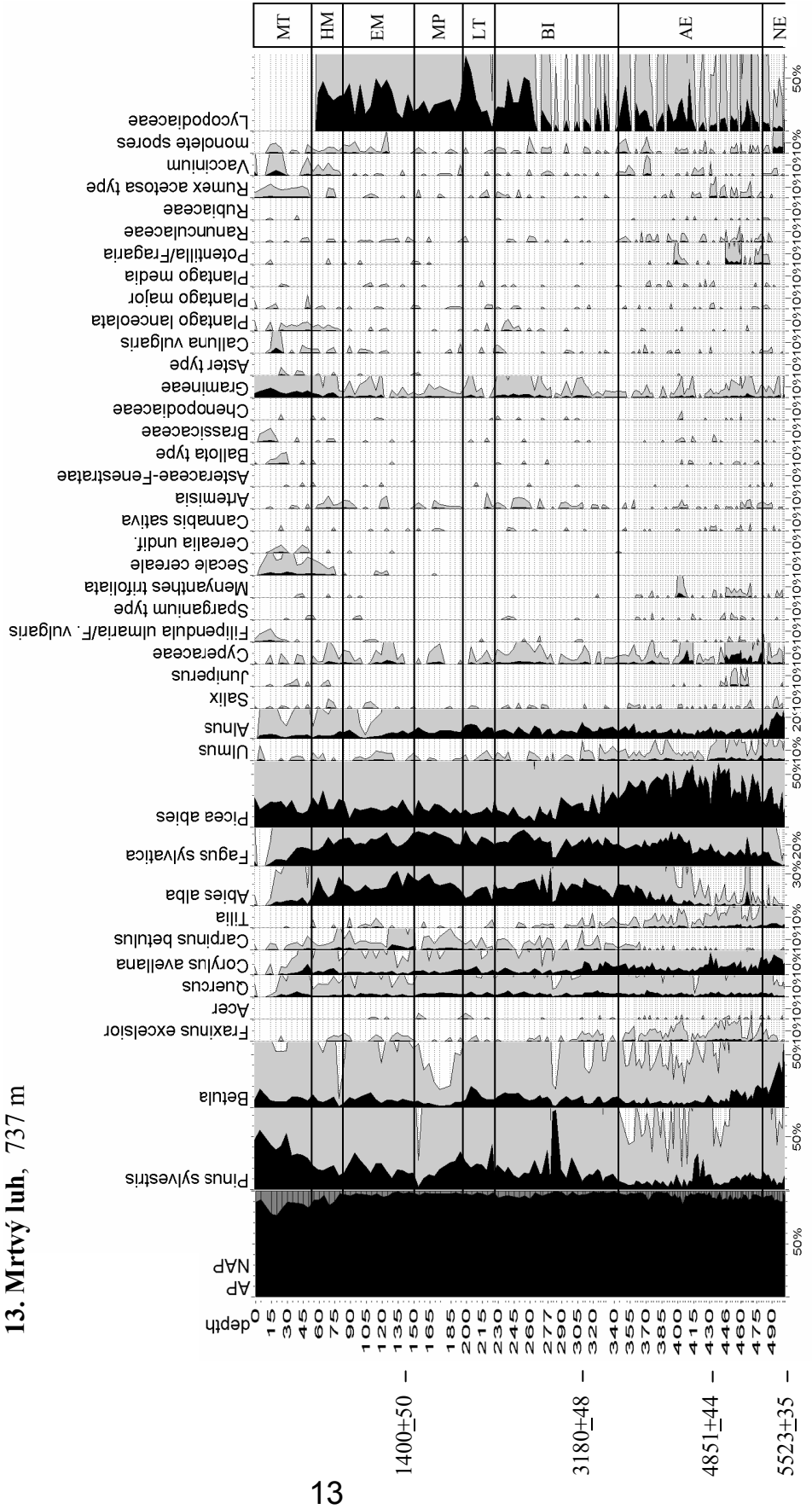
Analysed by Eliška Rybníková

12. Černá hora, 1206 m



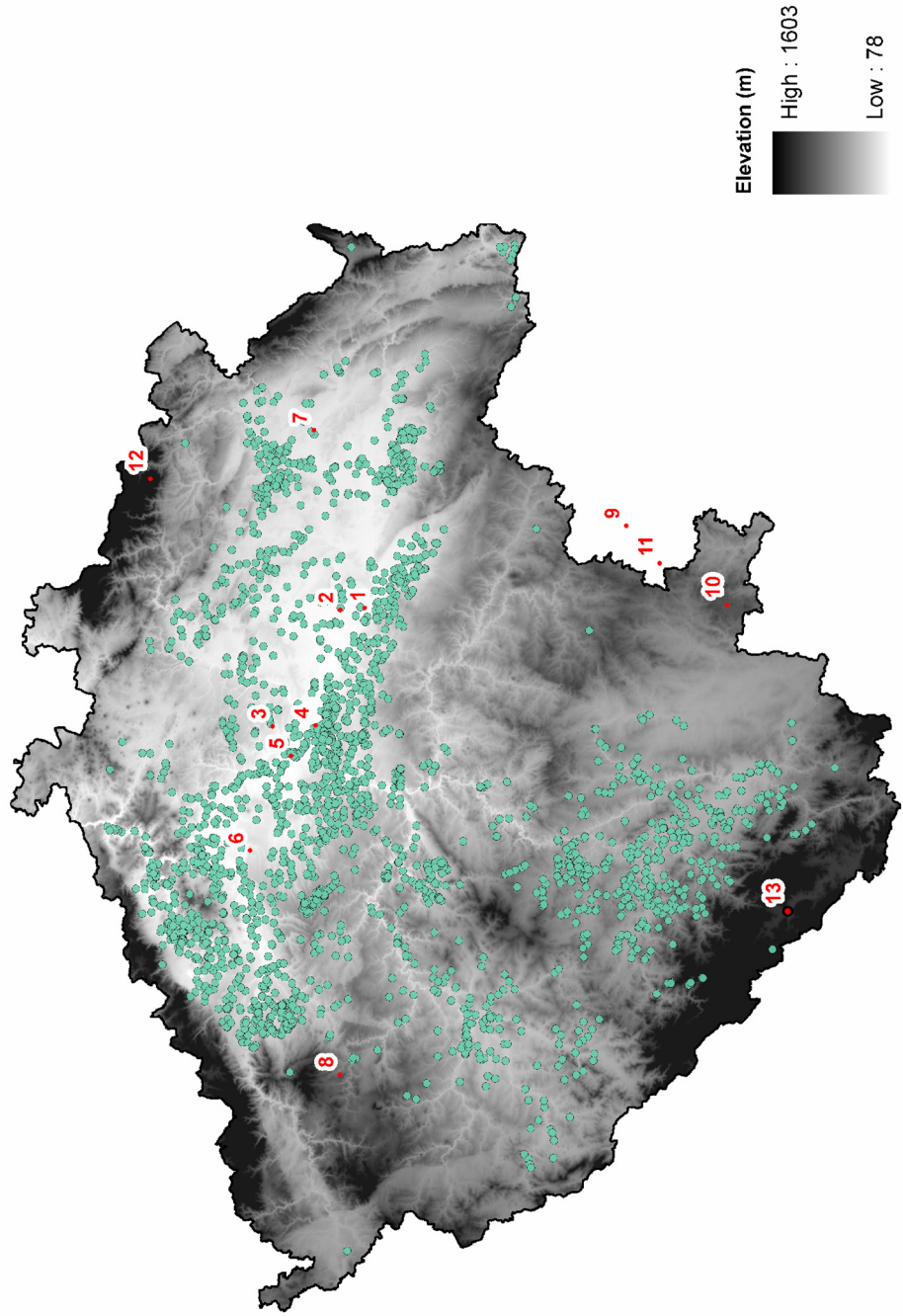
Analysed by Bas van Geel

13. Mrtvý luh, 737 m

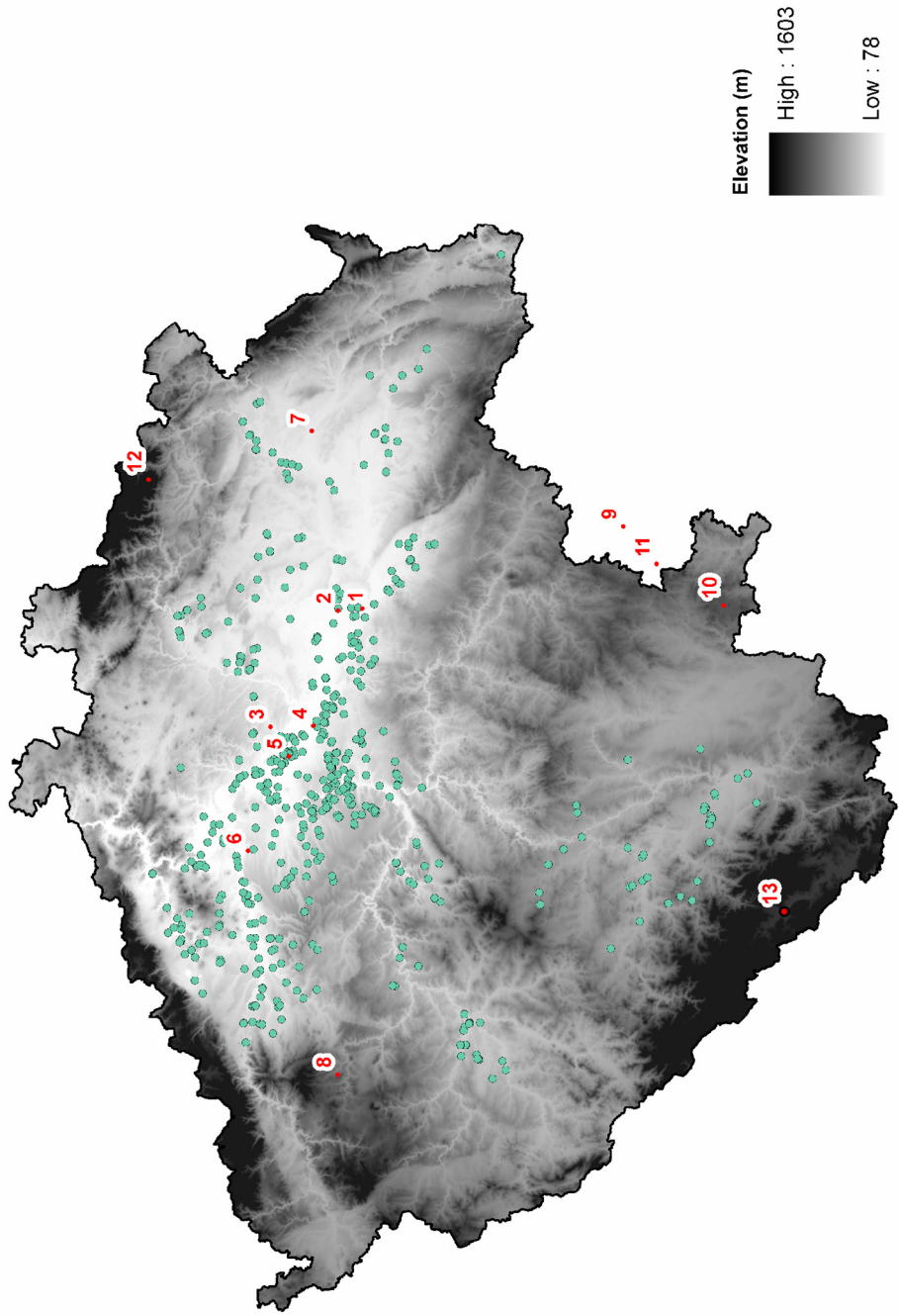


Analysed by Helena Svobodová/Svitavská

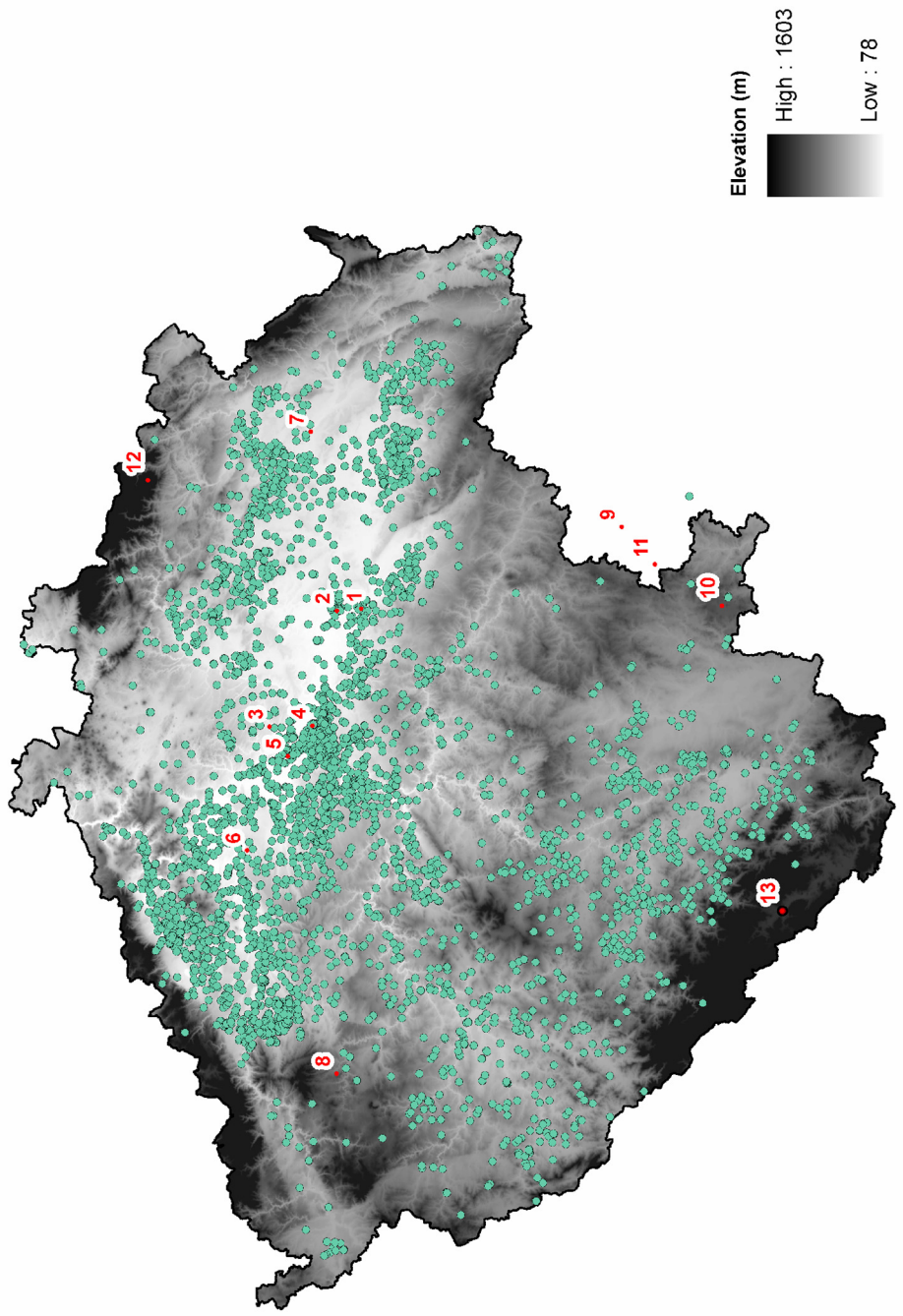
La Tène period: 470BC – AD 0



Roman time and Migration Period: AD 0 - 500



Early Medieval: AD 500 - 1200



High Medieval: AD 1200 - 1500

