

ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY V BRNĚ

# PŘEHLED VÝZKUMŮ

59-2



Brno 2018

ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY V BRNĚ

# PŘEHLED VÝZKUMŮ

59-2



BRNO 2018

# PŘEHLED VÝZKUMŮ

Recenzovaný časopis  
*Peer-reviewed journal*

Ročník 59  
*Volume 59*

Číslo 2  
*Issue 2*

**Předseda redakční rady**  
**Head of editorial board**

Pavel Kouřil

**Redakční rada**  
**Editorial board**

Herwig Friesinger, Václav Furmánek, Janusz K. Kozłowski,  
Alexander Ruttikay, Jiří A. Svoboda, Jaroslav Tejral, Ladislav Veliačik

**Odpovědný redaktor**  
**Editor in chief**

Rudolf Procházka, Petr Škrdla

**Výkonná redakce**  
**Assistant Editors**

Hedvika Břínková, Zdenka Kosarová, Šárka Krupičková, Olga Lečbychová,  
Zuzana Loskotová, Ladislav Nejman, Zdeňka Pavková, Rudolf Procházka,  
Stanislav Stuchlík, Lubomír Šebela, Šimon Ungerman

**Technická redakce, sazba**  
**Executive Editors, Typography**

Azu design, s. r. o.

**Software**  
**Software**

Adobe InDesign CC

**Fotografie na obálce**

Uherské Hradiště, Mariánské náměstí. Falzum arabské mince z druhé poloviny 8. století (obr. 81, str. 277).

**Cover Photography**

Uherské Hradiště, Mariánské náměstí (Square). Falsum of the Arabic coin from the 2<sup>nd</sup> half of the 8<sup>th</sup> century (Fig. 81, Pg. 277).

**Adresa redakce**  
**Address**

Archeologický ústav AV ČR, Brno, v. v. i.  
Čechyňská 363/19  
602 00 Brno  
IČ: 68081758  
E-mail: pv@arub.cz  
Internet: <http://www.arub.cz/prehled-vyzkumu.html>

**Tisk**  
**Print**

Azu design, s. r. o.  
Bayerova 805/40  
602 00 Brno

ISSN 1211-7250 (Print)  
ISSN 2571-0605 (Online)  
MK ČR E 18648  
Vychází dvakrát ročně  
Vydáno v Brně roku 2018  
Náklad 400 ks

Časopis je uveden na Seznamu neimpaktovaných recenzovaných periodik vydávaných v ČR.  
Časopis je uveden v citační databázi SCOPUS a na seznamu vědeckých časopisů ERIH PLUS.  
Copyright ©2018 Archeologický ústav AV ČR, Brno, v. v. i., and the authors.

# Editorial

Vážení přispěvatelé a čtenáři,

v uplynulém roce proběhly v rámci periodika Přehled výzkumů dvě významné inovace. Jak už jsme informovali elektronickou formou v prvním letošním čísle, od března 2018 jsme indexováni v citační databázi Scopus. Tato bezpochyby potěšující událost byla následována spuštěním kompletního databázového rejstříku všech ročníků a čísel časopisu, zpracovaného v rámci projektu Strategie AV21 „Paměť v digitálním věku“. Rejstřík naleznete online na webových stránkách Přehledu výzkumů v sekci Vyhledat článek, kde je pro Vás připraven formulář s pokročilým multikriteriálním vyhledáváním. V současnosti připravujeme k výsledkům Vašich dotazů také připojení PDF jednotlivých studií a zpráv.

Ve druhém čísle Přehledu výzkumů je zastoupena dvěma příspěvky doba římská a třemi mladší fáze raného středověku. Ondrej Šedo se v širokém kontextu zabývá některými kultovními praktikami spojenými se zánikem různých objektů v období antiky na pozadí výzkumu studny na známé římské lokalitě Mušov-Neurissen. Marek Vlach se zaměřuje na možnosti demografického modelování a simulace na příkladu markomanské populace na středním Dunaji. Trojice autorů Marian Mazuch, Marek Hladík a Lumír Poláček se věnuje úpravám hrobových jam na pohřebištích ve velkomoravských Mikulčicích s důrazem na otázku tzv. hrodek. Pavel Šlězár podává přehled současného stavu poznání raně středověkého osídlení katastru Moravičan, zejména opevněné polohy Soutok. Miriam Nývltová Fišáková ve svém příspěvku vyhodnocuje osteologické nálezy z výzkumu horizontu 10.–12. století z Přerova, Horního náměstí č. p. 19 a 20.

Nadcházející jubilejní 60. ročník časopisu Vás jistě potěší inovovanou grafickou podobou a doufáme, že i rozšířenou redakční spoluprací s autory.

Za redakci

*Šárka Krupičková, Rudolf Procházka  
V Brně, 16. listopadu 2018*

Dear Contributors and Readers,

The past year saw two important innovations concerning the open access journal Přehled výzkumů. As we previously informed you electronically in volume one this year, we have been indexed in the Scopus citation database since March 2018. This undoubtedly positive news was followed by the launch of a complete database register of all years and volumes of the magazine, which were processed as part of the Strategy AV21 “Memory in the Digital Age” project. The register is available online at the Přehled výzkumů website in the Search Paper section where you can find the form with the advanced multi-criteria search. We are currently preparing the studies and reports in PDF format to match your search results.

The second volume features two contributions regarding the Roman Age and three papers concerning the later phases of the Late Middle Ages. Ondrej Šedo explores the broad context of some of the cultic practices associated with the demise of various objects in the antiquity against the background of the excavations of a well discovered in the famous Roman site of Mušov-Neurissen. Marek Vlach focuses on the possibilities of demographic modelling and simulation using the example of the Marcomanni population in the mid-stream of the Danube. Marian Mazuch, Marek Hladík and Lumír Poláček present the topic of grave pits at the Great Moravian Mikulčice burial grounds with the emphasis on the so-called tombs. Pavel Šlězár presents an overview of the current level of knowledge of early medieval settlements in the cadastre of Moravičany, particularly the fortified site of Soutok. In her contribution, Miriam Nývltová Fišáková evaluates osteological finds from the research of the 10<sup>th</sup>/12<sup>th</sup>-century horizon in Přerov, Upper Square No. 19 and 20.

You will surely enjoy the new graphic design and extended editorial cooperation with the authors that are presented in this 60<sup>th</sup>, jubilee edition of the magazine.

On behalf of the editors,

*Šárka Krupičková and Rudolf Procházka  
Brno, November 16, 2018*

# Obsah

<b>Studie a krátké články</b> <b>Case Studies and Short Articles</b> <b>Studien und kurze Artikel</b>	<b>7</b>
<i>Radka Knápek, Ondrej Šedo</i> <b>Manipulace s těly jelenů v době římské a možnosti interpretace nálezů ze studny zkoumané při výzkumu v trati Mušov-Neurissen</b>	<b>9</b>
<i>Marek Vlach</i> <b>Demography modelling and simulation of the barbarian populations of the “Marcomannic” settlement structures of the Middle Danube region</b>	<b>45</b>
<i>Marian Mazuch, Marek Hladík, Lumír Poláček</i> <b>Úpravy hrobových jam, konstrukce v hrobech a fenomén tzv. hrobek v Mikulčicích</b>	<b>87</b>
<i>Karel Faltýnek, Jakub Novák, Pavel Šlězár</i> <b>Raně středověké osídlení v Moravičanech na Soutoku</b>	<b>119</b>
<i>Miriam Nývltová Fišáková</i> <b>Masná složka potravní subsistence hradu Přerov na příkladu výzkumu č. p. 19, 20 (10./11. – 12. století)</b>	<b>161</b>
<b>Přehled výzkumů na Moravě a ve Slezsku 2017</b> <b>Overview of Excavations in Moravia and Silesia 2017</b> <b>Übersicht den Grabungen in Mähren und Schlesien 2017</b>	<b>197</b>
<b>Středověk a novověk, Middle Ages and Modern Times, Mittelalter und Neuzeit</b>	
Bílovec (k. ú. Bílovec-město, okres Nový Jičín) . . . . .	199
Bílovec (k. ú. Bílovec-město, okres Nový Jičín) . . . . .	200
Bílovec (k. ú. Bílovec-město, okres Nový Jičín) . . . . .	202
Bílovec (k. ú. Bílovec-město, okres Nový Jičín) . . . . .	203
Blansko (okr. Blansko) . . . . .	204
Boskovice (okr. Blansko) . . . . .	206
Brno (okr. Brno-město) . . . . .	206
K. ú. Město Brno . . . . .	207
K. ú. Staré Brno . . . . .	212
K. ú. Štýřice . . . . .	212
K. ú. Veverí . . . . .	213
Kat. Brno-město . . . . .	216
Kat. Staré Brno . . . . .	217
Kat. Štýřice . . . . .	217
Kat. Veverí . . . . .	218
Brno (okr. Brno-město) . . . . .	225
Brno (k. ú. Maloměřice, okr. Brno-město) . . . . .	226
Brno (k. ú. Trnitá, okr. Brno-město) . . . . .	227
Brno (k. ú. Zábrdovice, okr. Brno-město) . . . . .	228
Březina (k. ú. Proseč u Březiny, okr. Brno-venkov) . . . . .	229
Bučovice (okr. Vyškov) . . . . .	229
Bystrička (k. ú. Bystrička I, okr. Vsetín) . . . . .	230
Čáslavice (okr. Třebíč) . . . . .	230
Černá Hora (okr. Blansko) . . . . .	230
Dobromilice (okr. Prostějov) . . . . .	231

Dolní Loučky (okr. Brno-venkov) . . . . .	232
Francova Lhota (k. ú. Pulčín, okr. Vsetín) . . . . .	232
Holešov (okr. Kroměříž) . . . . .	232
Hostěnice (okr. Brno-venkov) . . . . .	233
Hostěnice (okr. Brno-venkov) . . . . .	233
Hrabová (k. ú. Hrabová u Dubicka, okr. Šumperk) . . . . .	234
Hradec nad Moravicí (okr. Opava) . . . . .	235
Hutisko-Solanec (k. ú. Hutisko, okr. Vsetín) . . . . .	236
Ivančice (okr. Brno-venkov) . . . . .	236
Jamolice (okr. Znojmo) . . . . .	238
Jaroměřice nad Rokytou (okr. Třebíč) . . . . .	240
Starý Petřín (k. ú. Jazovice, okr. Znojmo) . . . . .	241
Jedovnice (okr. Blansko) . . . . .	241
Jedovnice (okr. Blansko) . . . . .	241
Jihlava (okr. Jihlava) . . . . .	242
Jihlava (k. ú. Staré Hory, okr. Jihlava) . . . . .	243
Jihlava (okr. Jihlava) . . . . .	243
Jihlava (okr. Jihlava) . . . . .	244
Jihlava (k. ú. Staré Hory, okr. Jihlava) . . . . .	245
Jihlava (k. ú. Staré Hory, okr. Jihlava) . . . . .	246
Jihlava (okr. Jihlava) . . . . .	246
Jimramov (okr. Žďár nad Sázavou) . . . . .	246
Jívová (okr. Olomouc) . . . . .	247
Kostelec (k. ú. Kostelec u Jihlavy, okr. Jihlava), Dolní Cerekev (k. ú. Dolní Cerekev, okr. Jihlava) . . . . .	248
Krnov (k. ú. Opavské předměstí, okres Bruntál) . . . . .	250
Kroměříž (okr. Kroměříž) . . . . .	251
Kunštát (k. ú. Kunštát na Moravě, okr. Blansko) . . . . .	251
Kuřim (okr. Brno-venkov) . . . . .	251
Lipovec (k. ú. Lipovec u Blanska, okr. Blansko) . . . . .	251
Litenčice (okr. Kroměříž) . . . . .	252
Loštice (okr. Šumperk) . . . . .	252
Lysice (okr. Blansko) . . . . .	254
Mokrá-Horákov (k. ú. Horákov, okr. Brno-venkov) . . . . .	255
Moravské Budějovice (okr. Třebíč) . . . . .	255
Moravský Krumlov (okr. Znojmo) . . . . .	256
Moravský Krumlov (okr. Znojmo) . . . . .	257
Náměšř na Hané (okr. Olomouc) . . . . .	258
Náměšř nad Oslavou (okr. Třebíč) . . . . .	259
Olomouc (k. ú. Olomouc-město, okr. Olomouc) . . . . .	259
Olomouc (k. ú. Olomouc-město, okr. Olomouc) . . . . .	261
Olšany u Prostějova (okr. Prostějov) . . . . .	261
Orlovice (k. ú. Orlovice, okr. Vyškov) . . . . .	262
Ostrovačice (okr. Brno-venkov) . . . . .	262
Podivín (okr. Břeclav) . . . . .	263
Podivín (okr. Břeclav) . . . . .	263
Pohled (okr. Havlíčkův Brod) . . . . .	264
Popůvky (k. ú. Popůvky u Brna, okr. Brno-venkov) . . . . .	264
Prusy-Boškůvky (k. ú. Moravské Prusy, okr. Vyškov) . . . . .	264
Přerov (k. ú. Předměstí, okr. Přerov) . . . . .	265
Puklice (k. ú. Puklice, okr. Jihlava) . . . . .	265
Rejchartice (k. ú. Rejchartice u Šumperka, okr. Šumperk) . . . . .	266
Rosice (k. ú. Rosice u Brna, okr. Brno-venkov) . . . . .	267
Rostěnice-Zvonovice (k. ú. Rostěnice, okr. Vyškov) . . . . .	267
Říčany (k. ú. Říčany u Brna, okr. Brno-venkov) . . . . .	268
Senetářov (k. ú. Senetářov, okr. Blansko) . . . . .	268
Senetářov (k. ú. Senetářov, okr. Blansko) . . . . .	269
Skalka (k. ú. Skalka u Prostějova, okr. Prostějov) . . . . .	269
Staré Město (k. ú. Staré Město u Uherského Hradiště, okr. Uherské Hradiště) . . . . .	270
Šelešovice (okr. Kroměříž) . . . . .	270

Štěpánov (k. ú. Stádlo, okr. Olomouc) . . . . .	271
Telč (okr. Jihlava) . . . . .	271
Tlumačov (k. ú. Tlumačov na Moravě, okr. Zlín) . . . . .	272
Troubsko (okr. Brno-venkov) . . . . .	272
Třebětice (okr. Kroměříž) . . . . .	273
Třebíč (okr. Třebíč) . . . . .	273
Třinec (k. ú. Guty, okr. Frýdek-Místek) . . . . .	274
Uherčice (k. ú. Uherčice u Znojma, okr. Znojmo) . . . . .	274
Uherské Hradiště (okr. Uherské Hradiště) . . . . .	276
Valašské Meziříčí (k. ú. Krásno nad Bečvou, okr. Vsetín) . . . . .	277
Velká Bíteš (okr. Žďár nad Sázavou) . . . . .	278
Vyškov (okr. Vyškov) . . . . .	279
Zašová (okr. Vsetín) . . . . .	279
Zlín (k. ú. Malenovice u Zlína, okr. Zlín) . . . . .	279
Zubří (okr. Vsetín) . . . . .	280
Žeranovice (okr. Kroměříž) . . . . .	281
Žeranovice (okr. Kroměříž) . . . . .	281
Žeranovice (okr. Kroměříž) . . . . .	282

<b>Zprávy o činnosti . . . . .</b>	<b>283</b>
------------------------------------	------------

STUDIE A KRÁTKÉ ČLÁNKY  
CASE STUDIES AND SHORT ARTICLES  
STUDIEN UND KURZE ARTIKEL

*Recenzovaná část*

*Peer-reviewed part*

*Rezensierter Teil*



# DEMOGRAPHY MODELLING AND SIMULATION OF THE BARBARIAN POPULATIONS OF THE “MARCOMANNIC” SETTLEMENT STRUCTURES OF THE MIDDLE DANUBE REGION

MAREK VLACH

## Abstract

*A comprehensive approach to certain structural problems and a wide array of scientific issues of both natural sciences and humanities should include methods of digital modelling of complex systems. Past human societies and their settlement structures represent in a certain point of view complex systems. Agent-based modelling (ABM) and simulation represents a methodological framework to construct digital models of studied contexts in order to test the viability of existing theoretical models in both qualitative and quantitative aspects. An explicitly formulated “artificial society” (e.g., Danielisová, Štekerová 2015) can be built on the basis of all available archaeological sources, proxy data, estimates and existing theoretical models in research of the Germanic society of the Middle Danube region (Moravia, W Slovakia – Záhorie region and Lower Austria to the north of the Danube). The main concern lies in the establishment of a digital model which would reflect the available archaeological knowledge and estimates about the Germanic settlement structure and possible demographic development from the 1<sup>st</sup> century AD up to the period of the Marcomannic wars. Similar attempts at archaeological demography certainly contain wide ranges of methodical issues, mostly due to the limited input data and known aspects of population dynamics from archaeological records, nevertheless, this attempt represents a pilot effort of the initial framework implementation phase designed to explore the basic demographic properties of the studied context.*

## Keywords

*archaeological demography – digital modelling and simulation – Germanic tribes – Marcomanni – Middle Danube region – Roman Period*

## 1. Introduction

Various forms of Roman-barbarian interactions represent important aspects within the wide range of issues concerning the development of barbarian societies adjacent to the Roman Empire.<sup>1</sup> In the regions of the Middle Danube region, their study is key to understanding not only the character of the Germanic tribes of Marcomanni and Quadi, but also the development of the overall geopolitical situation in different periods of the Roman era, forming a specific type of contact zone (Bouzek, Ondřejová 1990). The existing archaeological evidence within the region documents the widely ambivalent relationships between the local populations and the Roman world, oscillating between peace and military confrontations. Although coexistence was interfered with by various conflicts, a substantial part of the interaction period was characterized by peaceful relations. The complexity of these relationships is underlined by a number of findings based on comprehensive archaeological and historical sources. However, through filters of archaeological transformations (Neustupný 1986; 2007, 46–75), we are able to observe these interactions to a varying extent.

The form of social organization of the so-called “Germania libera” is traditionally characterized as “tribal” in sense of the Central European terminology, and within the classification of cultural anthropology it exhibits features and properties of a “complex or paramount chiefdom” with a more vertically structured social hierarchy (see, e.g., Carneiro 1981; Earle 1987;



Location of the study area on a map of Europe.  
Poloha studované oblasti na mapě Evropy.

1989; 1997; 2011; Service 1971; Steuer 1982; 2006), often with two levels of organization (“paramount” chiefs and other subordinate chiefs) above the basic organization units – settlements (Turchin, Gavrillets 2009, 169ff.). At a given stage of its ethnogenesis, the Germanic society is characterized as a structure formed mainly on kin basis relations establishing a sort of “clan” membership structure (Bazelmans 1999, 3) with generally high dynamics in the changes within the power structures (e.g., Pitts 1989; Wenskus 1992). In general, the maintenance of power within the chieftdom and the power of the chief over the population usually stem from the control of various types of sources of income which secure the input to the redistribution system. Such sources of income and wealth (and prestige) could be represented either by controlled sources of raw materials, profit from the controlled communication corridor or other conveniently power-controlled sources of potential income (for a recent outline, e.g., Earle 2001; 2011, 30ff.; Claessen 2011). Whereas, on the part of the Roman administration, treaty-based relations were institutionalized to a high degree, the Germans had legal power and continuity strongly personalized in the current political representation of chiefs and so-called “big men” (Krekovič 2014). Changes in this arrangement could result in termination of the treaties and the need to negotiate a new one<sup>2</sup>. However, the turbulent nature of political power and legal continuity are reflected only through the dynamics of narrative sources that “material” archeological sources lack. Chronological aspects, meaning in a living social context and its structures, are assigned to them only in the process of archaeological interpretation.

From written sources, we are informed about a society organized in horizontal-geographical (more or less precisely delimited territorial boundaries of the tribal structure) and vertical-social dimensions (unfree – slaves, free people, aristocracy, etc.) and fluctuations and interactions between them. Nevertheless, this information comes from a completely different cultural environment, mostly not as a result of direct observations, and rather reflect a subjective evaluation of reality, an ignorance or misunderstanding of culturally different circumstances, and narrative tendencies due to targeted readership (Wolfram 1997, 15ff.). Depending on the circumstances (the current form of political and other integration of related Germanic populations, etc.), individual tribes responded differently to actual relationships. An example of this is underpinned by the frequent change in relations between the tribes and Rome in the conflict of the Marcomannic wars at the level of the tribe, such as the neutrality of the Cotines (Dobiáš 1964, 206) or evidence of the Roman-barbarian cooperative relations in the example of a thoroughly excavated Germanic settlement in Pásohlávky “U vodárny” at the level of a residential area complemented with other types of activities, such as metalworking (Komoróczy, Vlach 2011).

The attempt at digital demographic modelling is motivated by several goals and its results may provide further insight into some of the demographic properties of the German society itself<sup>3</sup>. Study of the Roman military intervention can also be enriched by more thorough knowledge of fundamental properties of the impacted populations (size, distribution and density). On the basis of archaeological sources, the development of the Germanic settlement structures during the first two centuries AD are reflected by the earliest isolated unstratified evidences, in Moravia more frequently from the 2<sup>nd</sup> third of the 1<sup>st</sup> century AD (phases B1b and B2a, cp. Zeman 2017a, 279) with their gradual increase up to the 2<sup>nd</sup> half of the 2<sup>nd</sup> century AD (e.g., Tejral 2008). Numerous questions of quantitative modelling of diverse issues depend on the present state of knowledge of the vertical and horizontal structure of the Germanic population and its properties (Vlach 2015). Amongst others, the quantitative theoretical modelling of trade relations<sup>4</sup> is based on aspects such as purchasing power, which naturally corresponded to the respective state of integration, stability and organization of the distribution of power, economic basis and subsistence strategies (generally on the topic, e.g., Winterhalder et al. 1999, 102–126, 136–142; Dreslerová 1995; 1996; 2008, 173ff.; Droberjar 1997, 149ff.; Salač 2008, 51–54). This initial modelling attempt, aiming the basic demographic properties of the studied region, must be seen as a primarily stage of the process to ascertain a new dimension of knowledge based on transformation of the actual knowledge about the Germanic societies of the Middle Danube region into possibly new insights relevant and viable to the process of archaeological theoretical model building<sup>5</sup>. Whereas the other problematics and aspects (or rather sub-system), such as the distribution of power and wealth or the internal dynamics of the political interactions, are to be formulated and implemented during the further development stages of the iterative process of model building and simulations. For example, also theoretical possibilities of the impact of the so-called Antonine plague on the barbarian populations through the presence of the Roman army within the barbarian territory and their mathematical epidemiological modelling may present one of the opportunities for successive phases of model development focusing on various specific issues.

The main prerequisite for the application of multi-agent modelling to issues of the settlement structure of the studied area is the system approach that perceives the Germanic settlement structure as a complex system which basic properties can be modelled on the basis of relevant “proxy” (indirect or circumstantial) data in a simple form and its development tested through the formalized time through simulations. However, the individual elements of the model (agent entities, model environment, rules of behavior and entity interactions

given by coding) are derived on the basis of an archaeological record. In the process of modelling, however, it is about defining and including those elements that affect the basic features of system behavior, which can be defined through an agent-based model (ABM; for an outline of the method and its applications in archaeology, see, e.g., Komoróczy, Vlach 2015). The simulation of several different scenarios aims to reconstruct the basic trajectories of the development of the Germanic population in the area of the Middle Danube region and their expression in the space-time structure of the settlement complexes.

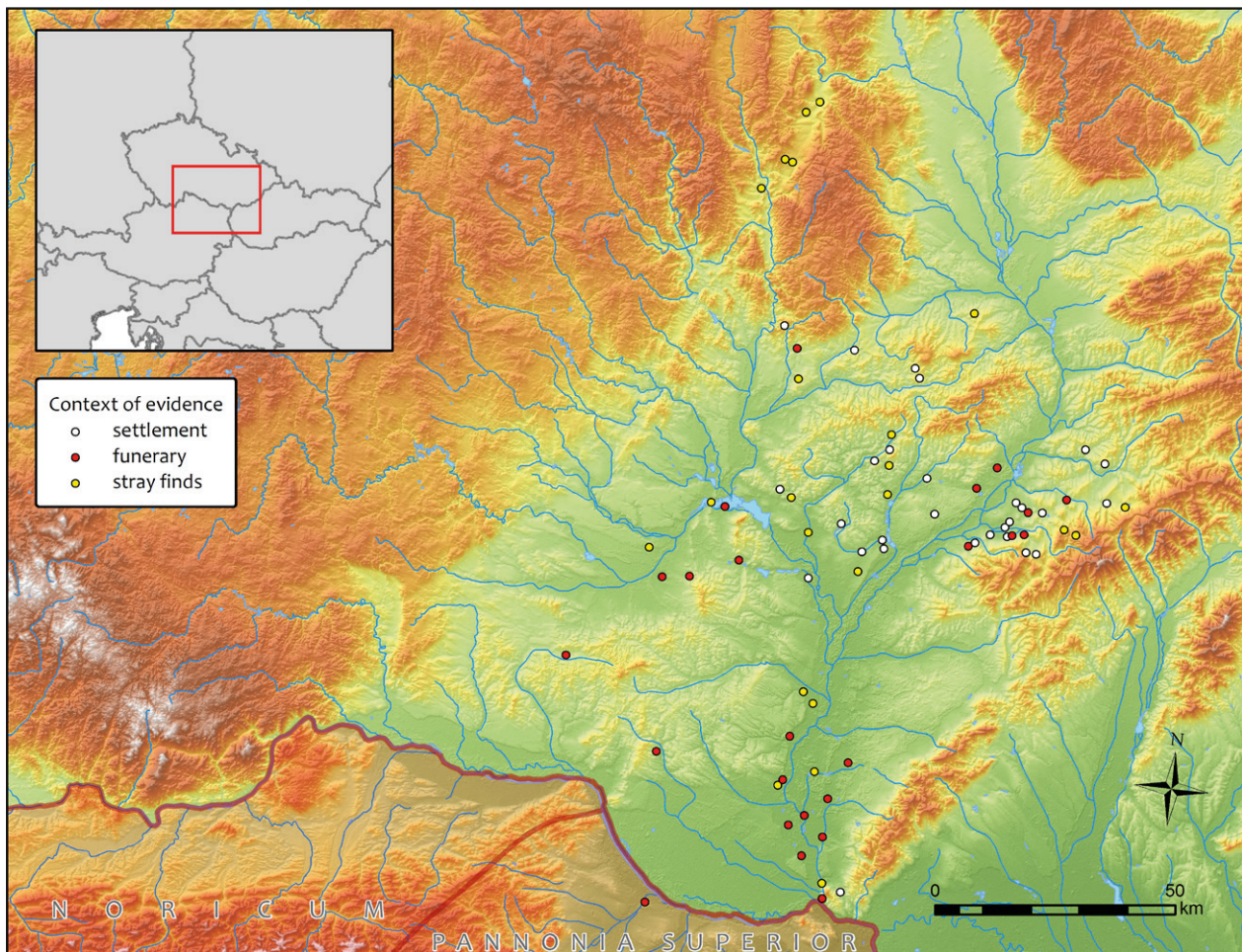
The use of ABM simultaneously makes it possible to compensate for the problem of “archaeological time” (Neustupný 2010, 185ff.), which in the context of the available means of dating (the chronological possibilities of archaeological sources) is not discrete but in principle discontinuous. At the same time, in terms of formalized analyzes, there is a problem with standardization of the time axis due to the often uneven length of individual defined archaeological phases, stages and horizons with different duration. When modelling demographic parameters, it is possible to rely on the knowledge from the fields of physical and cultural anthropology, which describes the common structures often applied across different populations on a comparable level of social organization and technological capabilities of the society (e.g., family/household/farmstead size, life expectancy at birth, applied subsistence strategies, dynamics of political processes and effect on the structure of the population and settlement distribution, cp. Feinman 2013 with literature). The individual stages of modelling also reveal a different degree of absence of more accurate input data, as well as some specific aspects of existing theoretical models or errors in their argumentation (Carneiro 1966). Traditional theoretical models in archaeology are usually formulated through a common language and may not necessarily be explicitly descriptive in various aspects or quantitatively descriptive, whereas the digital modelling requires a precise expression and formulation of processes that are generated by system dynamics.

## 2. Theoretical basis and model building

In principle, the model is based on available archaeological data and theoretical inductive and deductive assumptions about the functioning of the basic components of the Germanic settlement structure. One of the initial problems in the model-building process is the question of the beginnings of the primary presence of the Germanic populations. This concerns especially the problematic and so far unclear stage of the development of the Late La Tène period and during the first half of the 1<sup>st</sup> century AD.

In the Middle Danube region monuments characteristic for the Lt D2 stage (see Droberjar 1995; Pieta 2008; Pollak 2009, Abb. 2) are recorded, but from the territory of Moravia there is no clearer evidence of settlement activities, which is explained by the departure of the Celtic population to the west. Similarly, there are almost no Germanic findings from the Early Roman period (stage A), widely distributed in the Bohemian basin (Droberjar 1999; 2006b; Salač 2009, Abb. 1, 8). Within the so-far “seemingly” continuous settlement activities, more or less visible in archaeological records, within the cultural landscape of the Moravian ravines several decades of absence of settlement activities lead to a number of questions. This hiatus represents one of the significant problems of the prehistory of the Middle Danube (Čižmář 1993, 423). Evidence of the absence of settlement is often interpreted as a result of the emigration of local Celtic populations due to disasters caused by the Dacians (Tejral 1993, 425–426) and the destabilization of the Celtic settlement and power structures, which relies on the testimony of written sources. The existing state of archaeological knowledge of the Moravian find environment provides only scarce traces of Late La Tène settlement activities from the Lt D2 stage, while the settlements of the Lt D1 stage are more significantly represented (Meduna 1968, 67; 1980a; 1980b), despite the latest discoveries in Bratislava pointing to the significant presence of higher social strata in the Lt D2b stage (Musilová et al., eds. 2014).

The first evidence of the probable presence of the Germans in the form of unique finds originated in the Moravian find environment from the middle of the 1<sup>st</sup> century AD (Fig. 1). The Middle Danube region was the scene of complicated processes, whereas archaeological evidence provides scattered clues (cp. Tejral 1970b; 1977; 1993, 426–429; 2009), which have only recently been gradually emerging to fill the gaps in the archaeological sources of this period (e.g., Droberjar 2014a; Zeman 2018). The given current state of knowledge and theoretical constructions enable us to consider the model of gradual infiltration or colonization of Germanic populations into a demographically “empty” space<sup>6</sup>. As a source of these movements, the area of the Bohemian Basin (Tejral 2009) is reported to be the source of these movements, where the relative decrease in settlement from the previous phase A (Salač 2009, 124, 125, Abb. 8) is recorded for stage B1a. This decrease, however, concerns above all the area of southern and southwest Bohemia (total area of about 3,100 sq. km), which compared to the “main” settlement zone in the wider area of the Bohemian basin (total area of about 13,000 sq. km) allowed relatively lower population densities (less fertile soils, higher altitudes and vertical variability). It was probably a minor source of migrating Germanic populations. At the same time, there is also an apparent increase in the number of burial grounds from 25 to



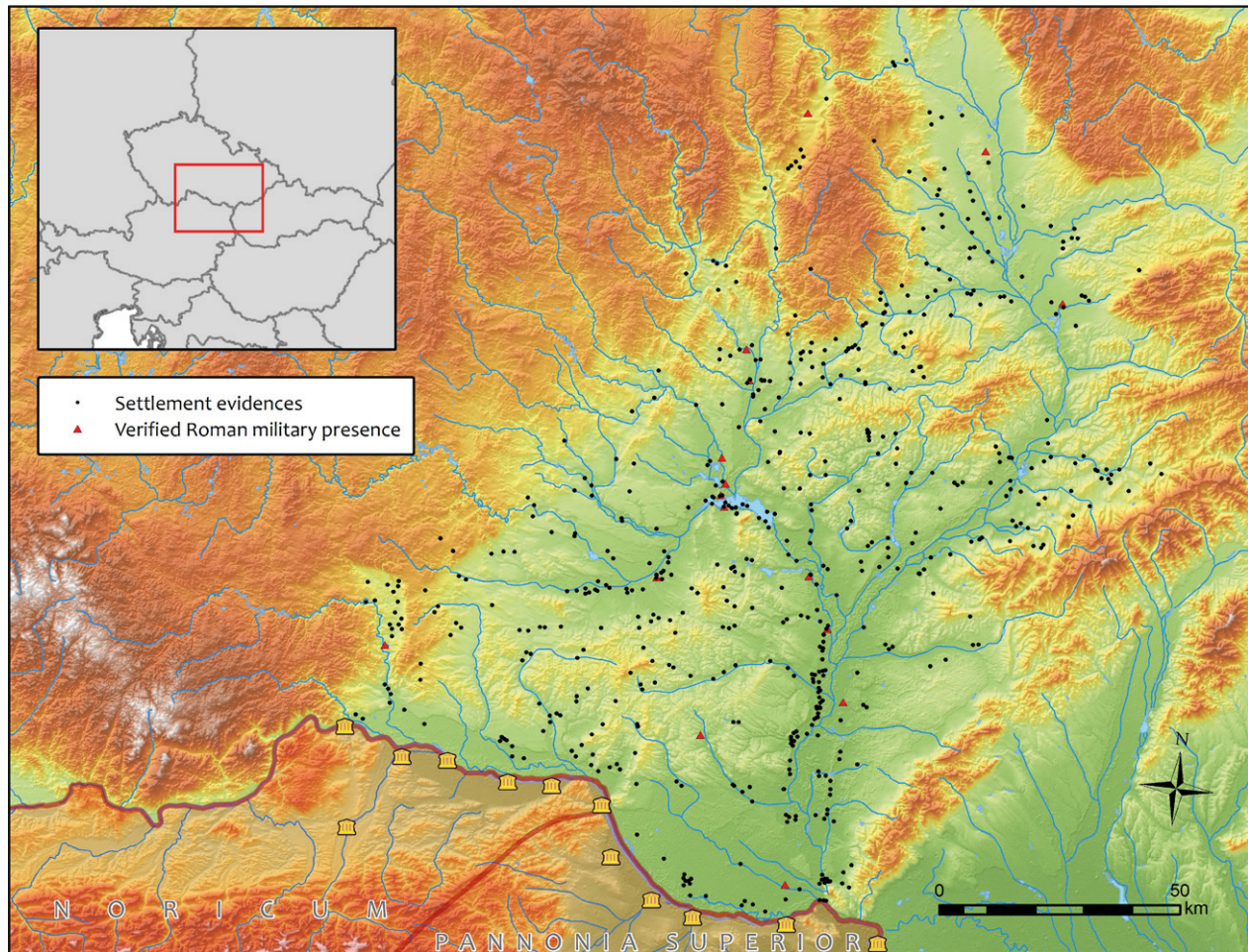
**Fig. 1.** Various types of evidence (settlements, burials, unstratified stray finds) reflecting the presence of the Germanic population from the mid-1st century AD (generally phase B1) to the west of the Little Carpathians (after Droberjar 1997, Abb. 57; Stuppner 2009; Tejral 2009, Abb. 21; Zeman 2017a, Fig. 1).

**Obr. 1.** *Různé typy dokladů (sídlíště, pohřby, nestratifikované nálezy) přítomnosti germánské populace z poloviny 1. stol. n. l. (obecně fáze B1) západně od Malých Karpat (podle Droberjar 1997, Abb. 57; Stuppner 2009; Tejral 2009, Abb. 21; Zeman 2017a, obr. 1).*

96 (cp. Droberjar 2006a; 2006b) between these two regions. Estimates of the population size and density in this area represent the next step in solving this complex problem (see Salač 2008, 54). On the basis of the latest finds from the natural passage between the Moravian and Bohemian settlement zones of the Malá Haná region (Jevíčko), the early movements of the Germanic populations from the west can be rightfully expected here (Droberjar 2014a; 2014b, 257; Zeman 2017a, 308ff.).

Despite the development in the Middle Danube region, the larger formation of the Germanic tribes left the abundant archaeological sources in the first half of the 1st century in SW Slovakia (the development generally associated with the so-called “Vannius’ kingdom”<sup>7</sup>, e.g., Kolník 1977; Tejral 1993, 425–429), where the archaeological context is represented es-

pecially by large necropolises such as Kostolná, Abrahám or Sládkovičovo (Kolník 1980). Nevertheless, the respective settlement components are still scarce (Varsík 2009; Elschek 2009) and they could be expected to be discovered at least to some extent in the future (Pollak 2009). The disappearance of this political structure is then usually associated with the emigration of this population from the Middle Danube region (Tejral 1977). The recent finds from the Middle reaches of the river Morava can also possibly be associated with this political formation (Zeman 2017a, 309) or at least considered to be contemporaneous with it. However, the present state of knowledge clearly shows selectivity (differing regionally, cp. Zeman 2017b) and large assemblages of metal finds stemming from predominantly detector prospections (Zeman 2017a, 281), burdened by specific factors and aspects (e.g., Komoróczy et al. 2014, 779f.; Komoróczy 2018).



**Fig. 2.** Evidence of the presence of the Germanic population from the 2<sup>nd</sup> century AD, generally phases B2 and B2/C1 to the west of the Little Carpathians (after Droberjar 1997; Kolbinger 2013; Pollak 1980; Stuppner 2008; Rajtár 1998) supplemented with verified evidence of the Roman military presence.

**Obr. 2.** Doklady přítomnosti germánské populace z 2. stol. n. l. (obecně fáze B2 a B2/C1) západně od Malých Karpat (podle Droberjar 1997; Kolbinger 2013; Pollak 1980; Stuppner 2008; Rajtár 1998) doplněné o ověřené stopy římské vojenské přítomnosti.

Theoretical models of the archaeological demography are important for understanding population mobility. In particular, it is the different forms of migration, i.e., the ratio between immigration and emigration within a given territory (Chamberlain 2006, 38–40; Neustupný 2007, 194ff.). From the point of view of the overall development of population dynamics, negligible movements of individuals are the result of the greatest extent of exogamous principles in society. On the other hand, the movement of individual families/households under “normal” conditions (as opposed to large scale flights) is expectable more probably at shorter distances and determined by the dependence of this basic unit on the already built social environment and existing network of relations. Large-scale migration can be divided into several types, above all internal and external colonization, expansion and invasion (Neustupný 1983, 12). In the case of the initial

phases of the Roman period in the Middle Danube region, a combination of different types can be considered, whereas the causes and forms of such human movements are rarely simple and straightforward.

From the point of view of demographic development of the Germanic population in the first two centuries of our era, the natural population growth rate can be expected to be at least at a rate that compensates for its natural decline. Hitherto known evidence of the Germanic settlements within the studied area shows a more evident increase from the end of the 1<sup>st</sup> century AD and especially during the 2<sup>nd</sup> century AD, culminating apparently in the 2<sup>nd</sup> half of the 2<sup>nd</sup> century (Droberjar 1997, 134ff.). This observed phenomenon is one of the featuring theoretical points of the model. The development of the Germanic society in the area is certainly not a linear process in any di-

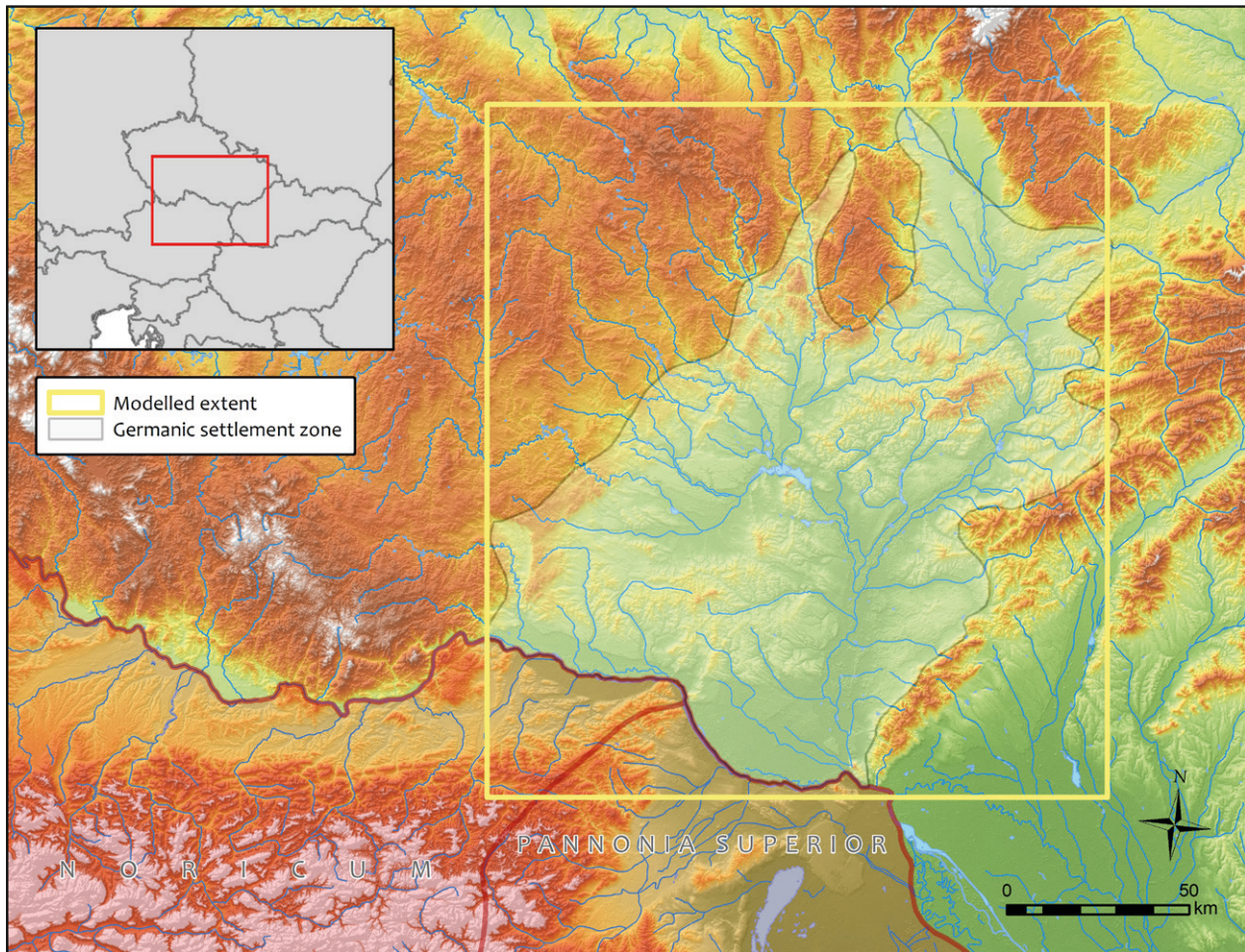


Fig. 3. Spatial delimitation of the modelled extent and distribution of the Germanic settlements.

Obr. 3. Prostorové vymezení modelovaného území a distribuce dokladů germánské sídlení struktury.

rection or dimension, and from the systemic perspective this “system” evolved dynamically over time (e.g., documented changes in political and social structures through the social stratification within the burial context data between the Early and Late Roman period).

These estimates are also important for complex knowledge of the Roman military intervention during the Marcomannic wars on the territory of the Middle Danube barbarians. The size and density of the Germanic population must certainly have been one of the important aspects in the strategic and logistic planning of the military intervention and occupation of the Middle Danube Germanic tribal societies. According to some theoretical models, based on specific findings from a generally northern environment in a local archaeological record, it was supposed to occur in the 2<sup>nd</sup> half of the 2<sup>nd</sup> century AD on immigration waves (see Tejral 1970a; 2006). However, relatively limited finds in the dominant local Svebian context of the West Elbe cultural tradition doesn't seem to be easily explainable only by population movements due to overpopulation in the regions north of our ter-

ritory (for problematics of migration in general, see Neustupný 2007, 194–196). Also, it is not without importance that the first two centuries after the turn of eras, up to the middle of the 2<sup>nd</sup> half of the 2<sup>nd</sup> century AD, saw significantly favorable development of the climatic conditions usually referred as the “Roman optimum” (e.g., Behringer 2010, 90ff.; Koepke, Baten 2005; McCormick et al. 2012, 174f.). Stable and convenient conditions inevitably also positively stimulated growth of the Germanic populations in general. Therefore, a more stable surplus in basic subsistence sources and a rather minor dynamics in weather extremes can be anticipated.

## 2.1. Population dynamics and demography

The fields of paleoanthropology, paleodemography and archaeological demographics (e.g., Drennan et al. 2015; Hassan 1981; Howell 1986; Chamberlain 2006; 2009; Neustupný 1983; Nikulka 2016; Renfrew 2009), and population ecology have since their beginnings dealt amongst others also with the issues of the growth

and self-regulation mechanisms of past populations (Neustupný 2010, 243), assuming that the natality and mortality rate were high in general, however, practically in equilibrium (from the long-term perspective) throughout the pre-industrial development (see, e.g., Polgar 1972). If the values of population growth and loss are balanced, the population is in a stationary position, which in practice is rarely likely to happen. Otherwise, the population is very stable and shows a change in size over time, most likely moderate in growth with an expected maximum growth rate of 2% during the limited period of time (Carneiro 1966; Neustupný 1983, 9–15; Petersen 1975, 232). In the case of such growth, the population in 100 years will grow roughly seven times in size (or 1% in 200 years). With locally and temporally limited growth, when an “open” population is considered, the population growth does not necessarily create local pressure, otherwise, it might lead to migration into other regions if not solved in another way. This situation naturally also comes into play in the case of a settlement “free” territory, as the well Middle Danube region at the change of eras. The rapid growth of the population should also be reflected in a larger number of children in the population and a lower average age, but archaeological sources from Germanic burial grounds are unfortunately not representative enough to provide such clues and their interpretation possibilities towards demography are burdened by many factors (preservation of burials, degree of cremation transformation of anthropological material and persisting diagnostic features, a lack of child burials, etc.). In the absence of regulatory principles, humans could have unprecedentedly increased their population size in terms of the biological abilities (average of 8 births per woman; cp. Deevey 1960; Frier 2000, 801; Schultz 1961; Neustupný 1983; Turchin 1995). As a result of such population growth, the pressure on the natural environment, or rather sources of subsistence and surplus, is expected to increase, but such growth is recorded only recently in the form of “demographic traps” during the demographic transition (Korotayev et al. 2011). This development of a reduced mortality rate and persisting high growth rate is underlined by a substantial increase in life expectancy associated with the introduction of modern healthcare and hygiene standards.

Issues of population dynamics (e.g., Schacht 1981) of past societies have been traditionally associated with a parameter of so-called “carrying capacity” of the natural environment. It is a certain limit value in which the population usually experiences a slowdown of growth or may even lead to different forms of collapse (see Bárta, Kovář et al. 2011; Taintner 1988). The beginnings of population dynamics theory are associated with T. R. Malthus (1798; for a general outline, see, e.g., Wood 1998), which for many decades defined the basic character of theoretical models. The

still to some extent prominent and valued concept of Malthusianism (or more recently, Neo-Malthusianism) has supported the idea of population dynamics based on positive population growth and collapse, reaching a certain maximum corresponding to the concept of the “capacity” (Odum 1958) of the environment. Further development of the population dynamics paradigm was mainly associated with E. Boserup (1981; see also Marquette 1997), who demonstrated that this boundary is conditional based on the technological level of subsistence strategies, and causal growth in subsistence efficiency increases this limit. According to previous studies of prehistoric and early historical populations in the archaeological record, they seem to have been far below that limit (Read, LeBlanc 2003). Therefore, it is assumed that the demographic parameters were, in addition to biological reproduction patterns, also largely conditioned by cultural aspects (Neustupný 2010, 243). It is likely that the society at that time was well aware of the demands of subsistence and the risks associated with non-standard demographic developments, especially in terms of the coherence of social structure and social relations. Therefore, the vital variable of the model would reflect an important demographic property, the local population density. Besides the high rates of mortalities at birth and in the first year of life, in order to regulate the growth of pre-industrial populations, a number of counter-measures were taken into account (e.g., selective bans on marriages, reduced frequency of sexual intercourse, abortion, infanticide, etc.), which prevented sharp population growth, potential pressure on the landscape and disturbances in the cohesion of social relations. Although the existence of these rules is generally assumed, the question remains of the level at which they were practiced. For an increased rate of population growth, paleodemography differentiates in principle two models – exponential and logistic (Schacht 1980). Both functions would assume at the time of the most significant growth a change or temporary elimination of regulatory principles within the population. This may be local and time-limited growth, often expected to be compensating for short-term fluctuations and population gaps such as wars with higher casualties or other factors causing rising mortality (e.g., climate extremes with an impact on the subsistence output over several consecutive years, etc.).

From the viewpoint of complexity, the Germanic settlement structure of the Middle Danube is divided into a number of areas of activity (various types of archaeological components) based on its original function and purpose (Kuna 1991; Neustupný 2010, 150ff.). In the current information bases, practically exclusively residential and funerary components are distinguished (see Droberjar 1997; Vachůtová, Vlach 2011), which is caused mainly by the limited possibilities of differentiation of the large number of only survey-based sites (cp. Benninger 1937; Benninger, Freising 1933). Ex-

amples of evidenced activities of an economic nature that can be spatially and formally separated from the two mentioned above are represented above all by the metallurgical production facilities (e.g., Sudice, Ludikovský, Souchopová 1981; Loděnice stream basin, Neustupný, Venclová 1996; Říčany region, Venclová, ed. 2008). In terms of paleodemography, however, residential and funerary components are of key importance. Residential components (simply settlements) in the simulation represent the key element (in model articulated as a type of agent) in the development of the settlement structure, the cemeteries (the second type of agent entity of the model), on the other hand, are a passive element, but their dislocation also tends to structure the space (i.e., settlements cannot be built on active burial grounds or in their immediate vicinity) and they store population cumulative mortality statistics. The model environment is intended to reflect – on a generalized and complexity reduction scale – the explicit spatial context of the Middle Danube region, creating a multidimensional environment for simulating different demographic scenarios (e.g., types of mobility and migration dynamics) with multiple variables stored within each individual cell of the model environment (square shaped lattice raster-based cellular framework).

### 2.1.1. Burial grounds

One of the most prominent sources for paleodemography data as well as for social structure and stratification (e.g., Härke 2000) is represented by burial grounds. Mortality tables based on anthropological analysis can provide the basics necessary to estimate, in particular, the values of the life expectancy function or the average number of buried populations. For the study of Germanic populations, a form of ritual centered around cremation, which largely transforms anthropological material, reduces the possibility of more accurate identification of age and gender, which is crucial for the construction of Halley’s life tables (cp. Stloukal et al. 1999). However, the basic prerequisites of stationarity, completeness and closeness to external migrations (see Neustupný 1983, 21) often make their establishment problematic. Unfortunately, more representative anthropological evaluations are so far unavailable, often due to the *sensu stricto* transformation (Neustupný 2007, 64f.) of researches from the more distant past (e.g., Kostelec na Hané, Zeman 1961). On the basis of anthropological analyzes from extensive examined cremation burial grounds of the Roman period from the wider region (e.g., Lužec nad Vltavou, Plotiště nad Labem, Tišice, Opočno and Třebusice), the mean life expectancy ( $e_x$ ) for men is 46 and for women 41 years (Chochol 1963; 1970; 1980). Basic anthropological data are available also from smaller burial grounds such as Šitbořice (Droberjar, Kazdová 1993, 143) or Velatice (Jílek et al. 2011, 262f.).

In the last two decades, anthropologists have generally agreed on the range of life expectancy at birth ( $e_0$ ) of between 20 and 30 years for pre-industrial populations (cp. Gavrilov, Gavrilova 1991; Petersen 1975, 233; Scheidel 2011, 13ff.; Stloukal et al. 1999, 365). This figure, along with the total number of buried individuals recorded in one burial ground and its duration of use, is the starting point for calculations of the average size of burying population (Acsádi, Nemeskéri 1970, 65–66):

$$P = \left( \frac{D * e_0}{t} \right) + k$$

Where P is the average size of the burying population, D is the total number of deaths,  $e_0$  life expectancy at birth, t the burial ground duration, and the correlation factor that was determined by the authors of the equation to  $1/10 t$ . In this way, at the burial ground in Opočno with an estimated duration of about 120 years and an estimated total number of graves of around 320, the average size of the burying population can be expected to be between 60 and 70 individuals (Pleinerová 1995, 107). With the given estimates of the standard size of the early historical community (see Dreslerová 1995), it is probably a burial ground used by multiple communities. The extent of the larger necropolis in the western parts of the western Germanic context of the Elbe basin provides a framework of comparative data. For example, as a model case the burial ground in Perdöhl with 650 graves and an estimated duration of about 200 years can serve. The average size of the burying population is estimated at 100 individuals (probably more communities), with 3–4 individuals buried each year (Schuldt 1976, 13). Similar observations were also made in other comparable burial grounds of the Roman Period (Voss 1991, 203). However, the large necropolises of the Late Roman period generally involve the participation of more communities.

In order to obtain basic estimates for the model parameters (in particular the size of the population of one “standard” community), a number of graves was selected as one of the potentially yielding representative burial grounds from the region of interest. Of course, the calculations are burdened by various types of errors, which are based particularly on the problematic of more precise determination of the activity time in the individual burial grounds (absolute dating) and the actual number of buried individuals, which may also be in fundamental contradiction to the archeologically documented number. Therefore, estimates based on the minimum and maximum probable duration of use have been included in the calculation (see Vachútová, Vlach 2011). Similarly, two values of the function with a minimum ( $e_0 = 20$ ) and maximum



( $e_0 = 30$ ) estimate (Tab. 1) were also included. Tabular results of the average size of the burying population are naturally undervalued, as all burial sites are only partially preserved fragments of the original number. Estimates of the size of the burying population are not internally structured and may result from the burial of one or more communities of different sizes. For components with a larger estimated duration, there is a likelihood that the burying community or communities has undergone development to some extent, which relativizes the figures. The logically expectable high variability of the derived values (P1 and P2) points to the question of the quantitative representativeness of the archaeological data, but at the same time these data cannot be simply dismissed and the results must be critically perceived. The average of 38 individuals at best represents the minimal expectable values. With respect to the anticipated participation of more burying communities in one burial ground, the average size of one “standard” Germanic agricultural community can be estimated at an interval rather below the average. These values in general correlate with the estimates of the average Protohistoric agricultural community size (roughly 4 families) based on micro-regions that have been studied and evaluated above all in detail (Dreslerová 1995; 1996; 2008, 267–268; Neustupný, Venclová 1996).

Based on the long-term study of the populations through anthropologically evaluated representative data, the average mortality from the Neolithic period to the Modern age was roughly the same within the interval of 0.035–0.05 (i.e., roughly between 3.5–5%

of the deaths per year and about 2/3<sup>rd</sup>s of the population had lived up to about their fifteenth year, cp. Acsádi, Nemeskéri 1970; Neustupný 1983, 17, 33), whereas high mortality up to the second year of life in contrast with the absence of their manifestation within the burial context, which tends to distort the representativeness of the devised proxy data, is a well-known phenomenon.

### 2.1.2. Residential areas (settlements)

Significant sources of data for demographic estimates and calculations are also provided by residential areas (Chamberlain 2006, 126–128; Drennan et al. 2015). In defining the model parameters, however, we refer to the present state of the research where, although it records several hundred of these components in the area of the “barbaricum”<sup>8</sup>, more detailed and representative data from terrain researches are still rather limited (see Droberjar 1997, 9–14). Most documented sites cover at best only a certain part of the residential areas. When considering the population size of settlements, it is more appropriate to use the interval between the average and the maximum number of dwellings found (see graph 1), keeping in mind that it is only a hypothetical approximation. On the basis of explored settlements during the Roman period in the Middle Danube region, they do not show significant variability or change in their structure and smaller unfortified community areas distributed within the low-lying regions represent the dominant type of Germanic context within the Middle Danube

Sites	n of documented burials	Minimum estimated length of use	Maximum estimated length of use	P1.1	P1.2	P2.1	P2.2	Average of P1 and P2
Pohořelice	21	50	100	13.4	14.2	17.6	16.3	15.4
Hevlín	29	50	75	16.6	15.2	22.4	19.1	18.3
Mikulov	36	250	350	27.9	37.1	29.3	38.1	33.1
Šitbořice	47	250	300	28.8	33.1	30.6	34.7	31.8
Velatice	48	250	300	28.8	33.2	30.8	34.8	31.9
Velké Hostěrádky	59	100	250	21.8	29.7	27.7	32.1	27.8
Náklo rough estimates	100	100	100	30.0	30.0	40.0	40.0	35.0
Šaratice	153	50	100	66.2	40.6	96.8	55.9	64.9
Brno-Modřice	231	250	300	43.5	45.4	52.7	53.1	48.7
Kostelec na Hané	448	200	250	64.8	60.8	87.2	78.8	72.9
Average	117.2	155	212,5	34.2	33.9	43.5	40.3	38.0

**Tab. 1.** Estimates of the average size of the burial population based on selected Germanic burial grounds of the Roman period (more than 20 graves). P1 – estimate of life expectancy at birth ( $e_0$ ) 20 years; P2 – estimated life expectancy ( $e_0$ ) 30 years. Both estimated survival times are calculated with a minimum (1) and maximum (2) estimated duration of the necropolis.

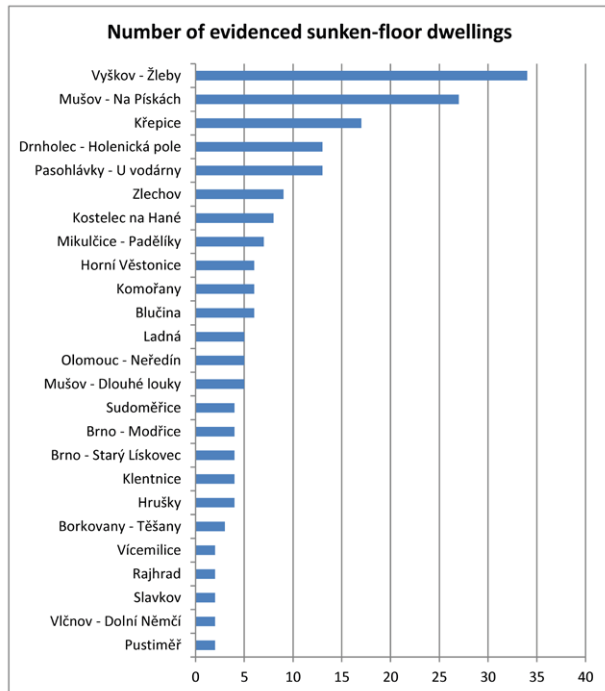
**Tab. 1.** Odhady průměrné velikosti pohřbívací populace založené na vybraných germánských nekropolích doby římské (s více než 20 evidovanými hroby). P1 – odhad s funkcí dožití při narození ( $e_0$ ) 20 let; P2 – odhad s funkcí dožití při narození ( $e_0$ ) 30 let. Oba odhady jsou kalkulované na základě minimální (1) a maximální (2) předpokládané doby užívání pohřebiště.

barbaricum (Droberjar 1997, 17ff.; Komoróczy, Vlach 2011, 392–395). Generally, in archaeological sources from the studied region we find almost no other settlement type (cp. Leube, ed. 1998 with individual contributions from the studied region), such as fortified lowland settlements, hill-top sites (with some exceptions from the Late Roman period, e.g., Mohelno), more sparsely distributed farmsteads or hamlets (e.g., Vlčnov, Dolní Němčí, Droberjar 1988), or extensive central places with representative traces of political power presence. The presence of a higher level of social organization chiefs at least of local or regional importance may be indicated by centrally located, more sizable above-ground structures – long houses (cp. Donat 2001), which are known from several sites within the studied region (e.g., Pasohlávky “U vodárny”, Komoróczy, Vlach 2011, 396, Fig. 5; Olomouc – Slatinice, Kašpárek 2008; 182; Vyškov – Žleby, Šedo 1991; 1993). Although the Germanic populations lived in the neighborhood of culturally and politically advanced entities, where the concept of urbanism manifested to a certain extent (Celtic civilization, the Roman Empire), their own economic and social basis was structured through smaller agricultural settlements spatially bound to the basic sources of subsistence of a predominantly autarchic nature strongly dependent on local environmental conditions, especially geomorphology, hydrology and pedology (cp. Droberjar 1997; Neustupný 2010, 250). On the other hand, regarding the expectable hierarchy of the social organization, the differentiation of settlement size must have reflected its structure to a certain extent, whereas the present state of knowledge also points out the possibility of more extensive settlements (e.g., Jakubov; Elschek 2009, 242f.), which may have emerged and developed under convenient conditions (e.g., relations to the higher social strata, control of the key resource or route passage, etc.). Besides the variability in the arrangement of the post-holes reflecting the ground plan of a structure (Droberjar 1997, Abb. 11), they tend to show limited variability in residential area and housing floor area of the sunken-floor dwellings (naturally with exceptions on both side of the spectrum), which is often considered one of the starting points for reflecting on the size of the family and the size of the community population (see Chamberlain 2006, 126; Kramer 1982, 163; Wiessner 1974). Naturally, we know even less about the types of activities within the settlement hinterland around the residential areas, which only exclusively leave traces within the archaeological context.

According to the study of cultural anthropology, the basic structuring of society and social relations correlates with the size and structure of human communities in space (e.g., Crema 2015; Dunbar 1993)<sup>9</sup>. Estimates of the number of dwellings and living areas are often used in paleodemographic estimates. For the standard size of dwellings corresponding to the domi-

nant represented type of buildings interpreted as traces of a sunken-floor houses built in the Middle Danube during the Roman period (Komoróczy, Vlach 2010), one family of 4–6 individuals is assumed (Dreslerová 1995; 2008, 268; Hassan 1981; Chamberlain 2006, 52; Neustupný 1983, 144; 2010, 243). However, for further correlation of this estimate there is a lack of support in the archaeological record, and eventually an average of 5 individuals per one household unit was used in the model. When calculating the size of individual communities based on field records of residential areas, it is necessary to take into account the contemporaneity of individual dwellings/households which, due to deposition and post-deposition processes, need not be evident through the archaeological means of dating, most often pottery sherd assemblages. Naturally, a dwelling could have also disappeared due to random events (accidental fire or collapse). Evidence of repair through doubled post-holes in Germanic dwellings suggests repair during the period of use, but is rather uncommon but not unknown. In this context, the question of the lifetime of a standard dwelling is often mentioned and is roughly estimated to be around two decades (Neustupný 1986, 227). Therefore, roughly the duration of one generation. At the same time, through maintenance of wooden components embedded in the subsoil and their tanning or “impregnation” with natural organic substances, a construction can be sustained for a longer period of time with the replacement of other components without a load-bearing function (walls, thatched roof and other components), perhaps even for many generations. In the case of Vyškov – Žleby (Šedo 1991; 1993), which so far has the highest number of explored objects interpreted in the Moravian environment as the standard form of dwelling, it dates from the 1<sup>st</sup> half of the 2<sup>nd</sup> century AD to the 3<sup>rd</sup> century AD, to the late Roman period. In this case, the estimate of the length of existence of a dwelling would mean that, at the stationary demographic profile of the local population, there was an average of about 3 to 7 households at the same time. For comparison, V. Salač (2008, 51–52) estimates for the settlement in Mlékojedy, where a total of 40 dwellings were found, a duration of around 80 years and at the same time between 3 and 10 households. Therefore, the population averaged between 15 and 50 individuals. From the point of view of the main formal characteristics, support for the estimation of the population size of the residential areas can be found in Branč (Kolník et al. 2007), whose origin and number of dwellings is roughly similar to the settlement in Vyškov – Žleby, although its current state of processing does not allow further conclusions. However, it is noteworthy that in Branč, where a total of 38 dwellings were examined within the first two recognized stages of development (A – 120/140–180/200 AD, i.e., 40–80 years; B – 180/200–250/270 AD, i.e., 50–90 years), the dwellings from stage A didn’t continue to the following phase,

whereas the third phase archaeological features are likely to be outside the excavated area (Kolník et al. 2007, 35). If this phenomenon can be interpreted as proof of the duration of a dwelling (correlated by constructively or otherwise limited life expectancy), then it would be possible to estimate the length of their existence at about 1.5 to 3 generations.



**Graph 1.** Settlement components with at least two evidenced sunken floor dwellings within a terrain research (after Droberjar 1997).

**Graf 1.** Archeologicky prozkoumané rezidenční areály s více než dvěma evidovanými zahloubenými obydlími (podle Droberjar 1997).

For example, the settlement context of the Lubo-zyce culture, which presents a picture that is quite unequivocally accentuated by geography in the different locations of above-ground structures and sunken-floor dwellings. In the sense of the size of the residential areas, it does not deviate fundamentally (see Domaňski 1979, Hermann, Hrsg. 1973). Representatively excavated residential areas show the variability of the number of objects considered to be residential at between about 4 and 18 (Droberjar 1997, 10). A completely explored settlement from Waltersdorf dated between the 1<sup>st</sup> and 5<sup>th</sup> century AD provided a total of 52 dwellings and many other settlement features (Krüger 1987). One of the relatively recently explored settlements in Görizt revealed

the existence of long house-based farmsteads, within a time frame of the 2<sup>nd</sup> to the 5<sup>th</sup> century AD. Here, there are a total of 30 above-ground structures and 84 sunken-floor houses with parameters similar to the one-space dwellings in our settlement environment, which served as workshops here and, together with above-ground long houses, formed farmstead units (Berg-Hobohm 2004). The lifetime of one residential above-ground building has been estimated here at between 30 and 50 years. In one phase of the development (roughly 100 years) there were on average 10 above-ground structures.

A key variable of paleodemographic calculations is population density. In estimating archaeological demographics, local and global density is usually distinguished (e.g. Zimmermann et al. 2009, 373). The difference lies in calculating the density relative to the size of the residential area only or the whole territory. The general nature of the agglomeration of housing components in the era of the agricultural economy in prehistory and Protohistory suggests prevailing cooperative relationships in society due to many different reasons. Cooperative and assistance relationships can be hierarchized from a geographical perspective (e.g., Kuna 2004), with the strongest being likely at the level of a single community whose archaeological manifestation is usually a residential area. Although the subsistence strategy and the autarchic mode of production seem to allow relative self-sufficiency within individual communities, the density of social relations is obvious and conditional in case of a settlement with respect to the application of the principles of exogamy and the realization of elementary economic relations. On the basis of social differentiation within the archaeological source (especially burial grounds), in accordance of a complex or paramount or paramount chiefdom organization, we find an image of a relatively structured society whose existence is conditioned by a network of social relationships that hierarchically define relationships between individuals, families and entire communities.

The derivation of the individual input parameters for model settings clearly shows the dependence between the size of the local population density, the maximum size of the community, and the average distance between adjacent settlements (Neustupný 1986). For such estimates, the region of the present valley dam Nové Mlýny at the middle course of the Thaya River, near the confluence with Jihlava and Svratka can amongst others be used, where a substantial information from long-term field researches is available (Fig. 4; Stuchlík ed. 2002). It represents a unique junction of the regional rivers constituting an important transitional corridor. The local Germanic communities were significantly impacted during the conflict of the Marcomannic wars and the presence of the Roman army in the wider region is well attested (e.g., Komoróczy et al. 2018). Although field research

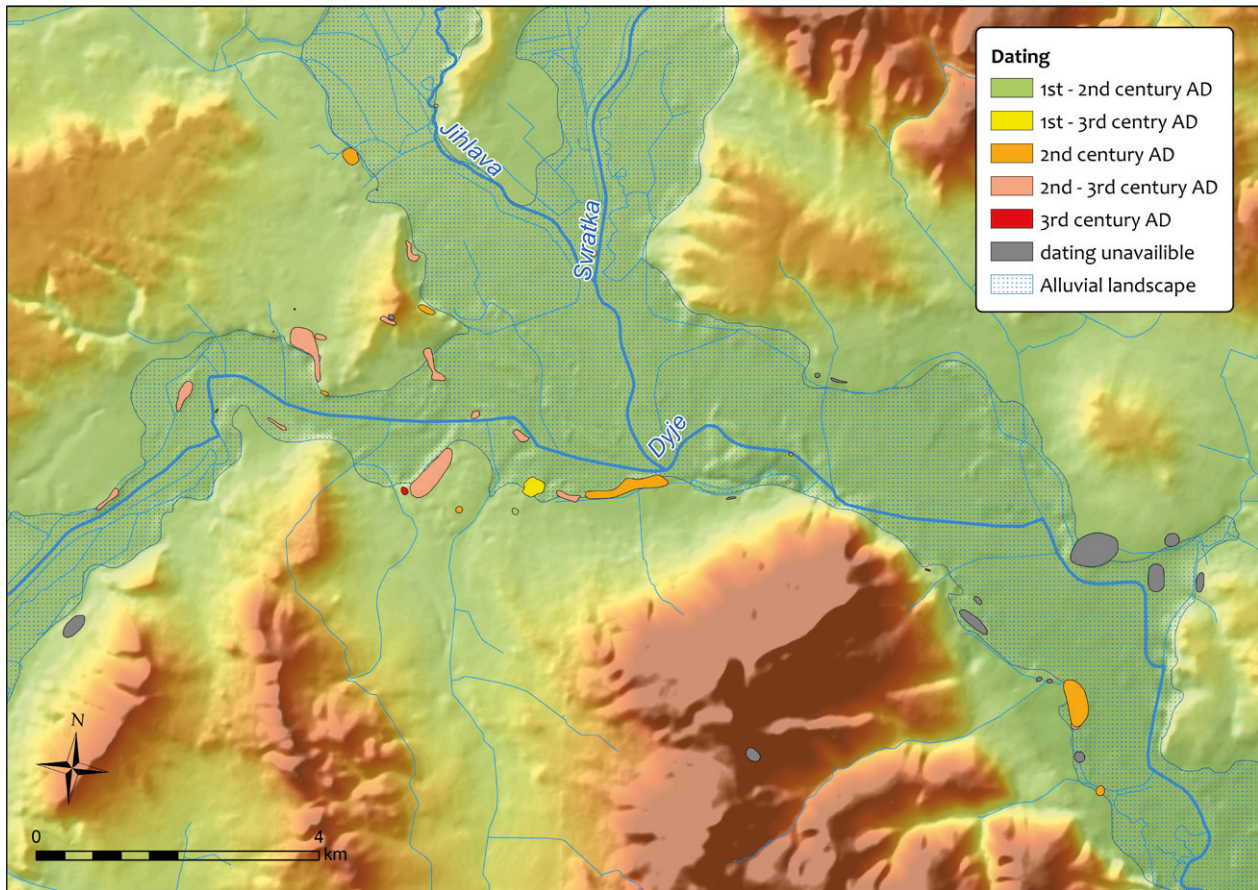


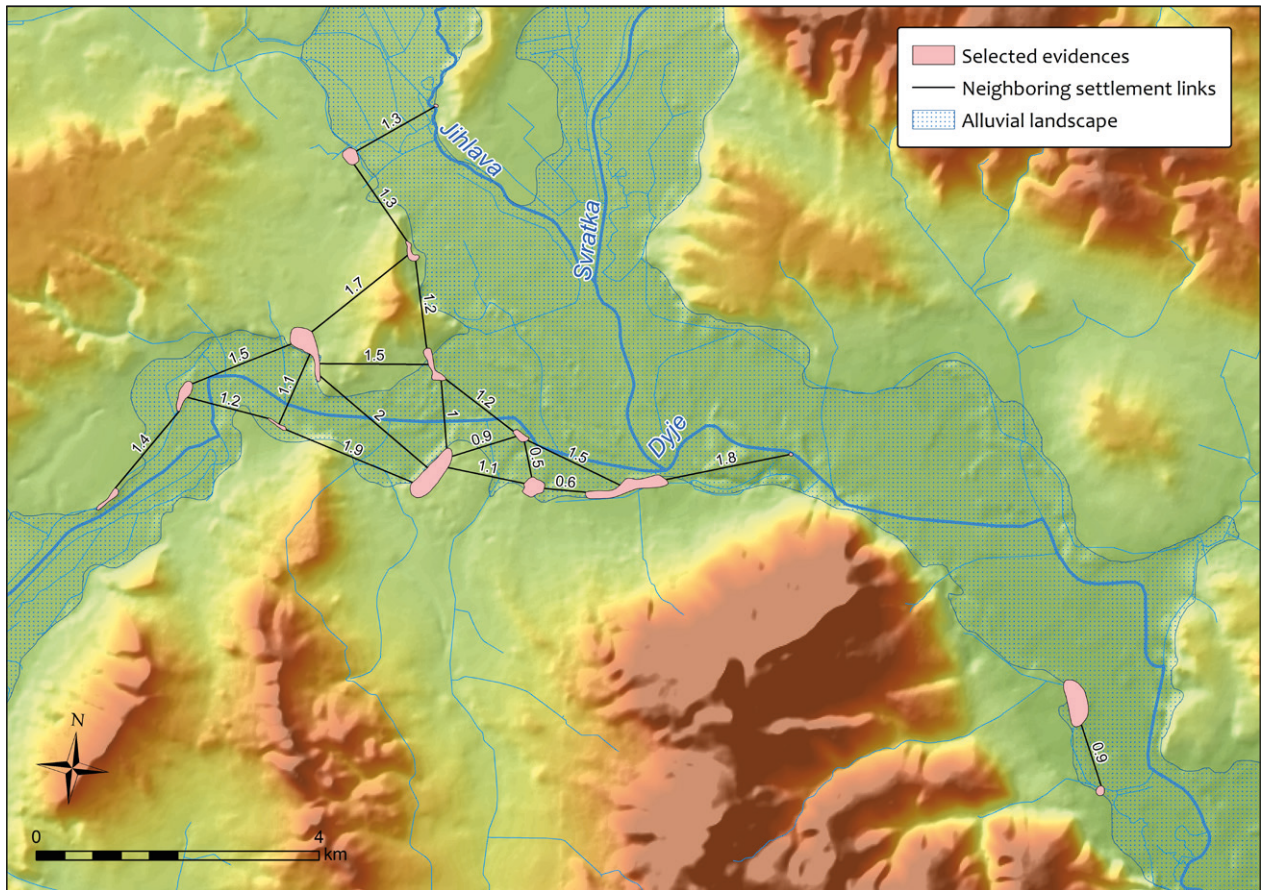
Fig. 4. Dating of the registered components in the Middle Thaya region (after Jelínková, Kavánová 2002).

Obr. 4. Rámcové datování evidovaných rezidenčních areálů v regionu středního Podyjí (podle Jelínková, Kavánová 2002).

has not been carried out evenly throughout this area, the number of archaeological components and their density allow us to roughly estimate the minimum distance between neighboring settlements. The level of examination of each component varies, and only those that have provided a more accurate dataset have been included. The problem lies naturally in determining the contemporaneity of components that are dated with a precision of at best half a century. Based on the available information (Jelínková, Kavánová 2002) and interpretations (Tejral 2002), localizable residential components from the Roman period were divided into 4 chronological frames according to a century of positive evidence (Fig. 4). On the basis of a representative number of components dated to the 2<sup>nd</sup> century AD it was possible to observe and measure direct distances between neighboring and probably contemporary settlements. Evidenced distances ranged from 1 to 2 km (Fig. 5). The problem is the high geomorphological variability of the region, which naturally influenced the spatial structuring of the hinterland and individual areas of activities. The original structures in the available data are also distorted by settlement processes, during which residential areas may have moved over time.

In Bohemia, the distance between adjacent settlements was at least 1.5 km (Ernée 1997, Fig. 23) and in the Lužice stream basin 3–4 km (Salač 2008, 52; Smrž 1994). The research of settlement structures near the burial ground in Kostelec na Hané similarly revealed distances between the settlements ranging from 1 to 3 km (Vachůtová, Vlach 2011, Tab. 1, Fig. 3). It is worth mentioning that three residential areas, probably associated with the central burial ground, ranged from 1 to 1.5 km. Taking into account the effects of archaeological transformations, this range may be decreased from the upper boundary. Other well prospected regions usually provide a comparable roughly up to 3 km, which has more general validity throughout the periods of “agricultural” Prehistory (Neustupný 1986, 231).

A quite rare opportunity to observe the dynamics of population and settlement density during different periods of Prehistory and Protohistory has made extensive prospecting and field research in the now non-existent landscape of the Aldenhovener Platte region in the Rhineland basin possible (Fig. 6; Lenz et al. 1999, Renfrew 2009, 382). Thanks to many years of intensive research, archaeological data from the area



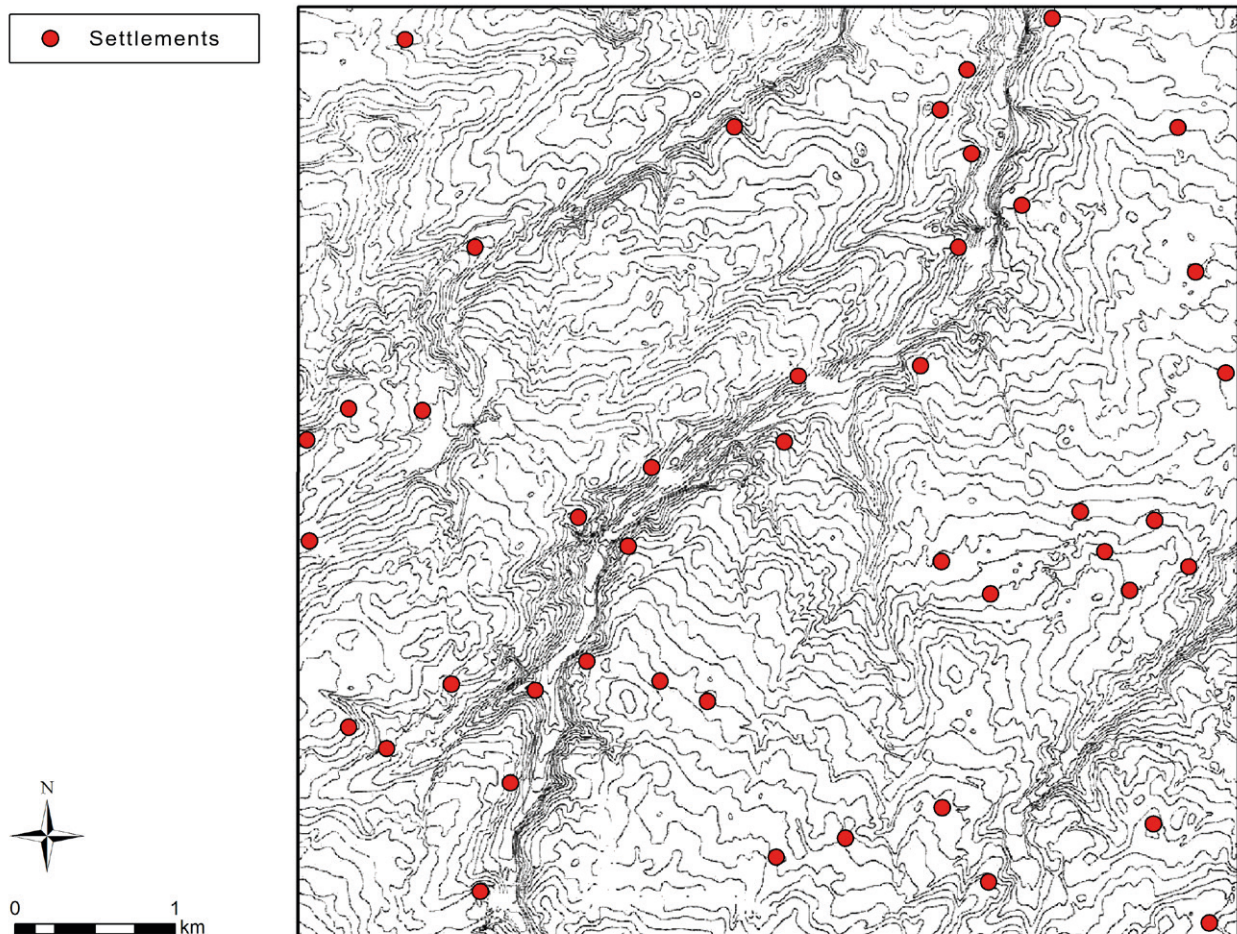
**Fig. 5.** “Direct” distances between individual settlements from the Middle Thaya region of the Roman period (after Jelínková, Kavánová 2002).

**Obr. 5.** „Přímé“ vzdálenosti mezi jednotlivými sousedními rezidenčními areály v regionu středního Podyjí (podle Jelínková, Kavánová 2002).

provide a far more representative data set than a commonly archaeologically explored landscape – predominantly based on artifact surveys – can offer. Over an area of 34 sq. km, a total of 69 settlements from different periods (from the Late La Tène period to the Migration period) were recorded. The culmination of settlement activities is evident in the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> phase (140 AD to the 2<sup>nd</sup> third of the 3<sup>rd</sup> century AD) where 44 components are registered, resulting in a density of 1.3 settlements per sq. km. Attention is also given to the apparent spatial proximity of neighboring components, on average about 400 m. Again, it must be emphasized that the assumption of the parallel existence of these components within the relatively wide time spans of the defined phases may be problematic. In the central area of the studied region of Aldenhovener Platte there is distinctive structuring along the regional watercourses (Fig. 7), whereas the spatial structure of the hinterlands (arable land and pastures) was based on maximum availability (see Dreslerová 2008, 266–279, Fig. 170). However, in the next phases of the Roman period development, it has lower densities and the average distance between neighboring

settlements is about 1 km (see Lenz et al. 1999, Tafel 193). Therefore, in an ideal state, the hinterland of each component would consist of a buffer zone with an average radius of 0.5 km from a centrally located residential area. The current models of Prehistorical and Protohistorical subsistence for one household propose about 20 hectares (fields, pastures and forests) needed to satisfy all subsistence claims of one farmhouse with 4–6 individuals (Dreslerová 1995; 2008, 270). Under these assumptions, a buffer zone would represent an “ideal” (average) hinterland of approximately 80 ha (probably 4 households).

Estimates of the population size in the Cologne region gave the average population densities per sq. km (Zimmermann et al. 2009, Table 3), based on complex spatial demographic calculations for Iron age periods (700/600–250/475 BC), expressed for local 4 (oscillating in the range 0.8–11.9 according to the type of landscape) and global 1.8 (oscillating in the range 0.3–5.5 according to the type of landscape) density. The context also includes agglomerations with more significant local population densities (e.g., *oppida*



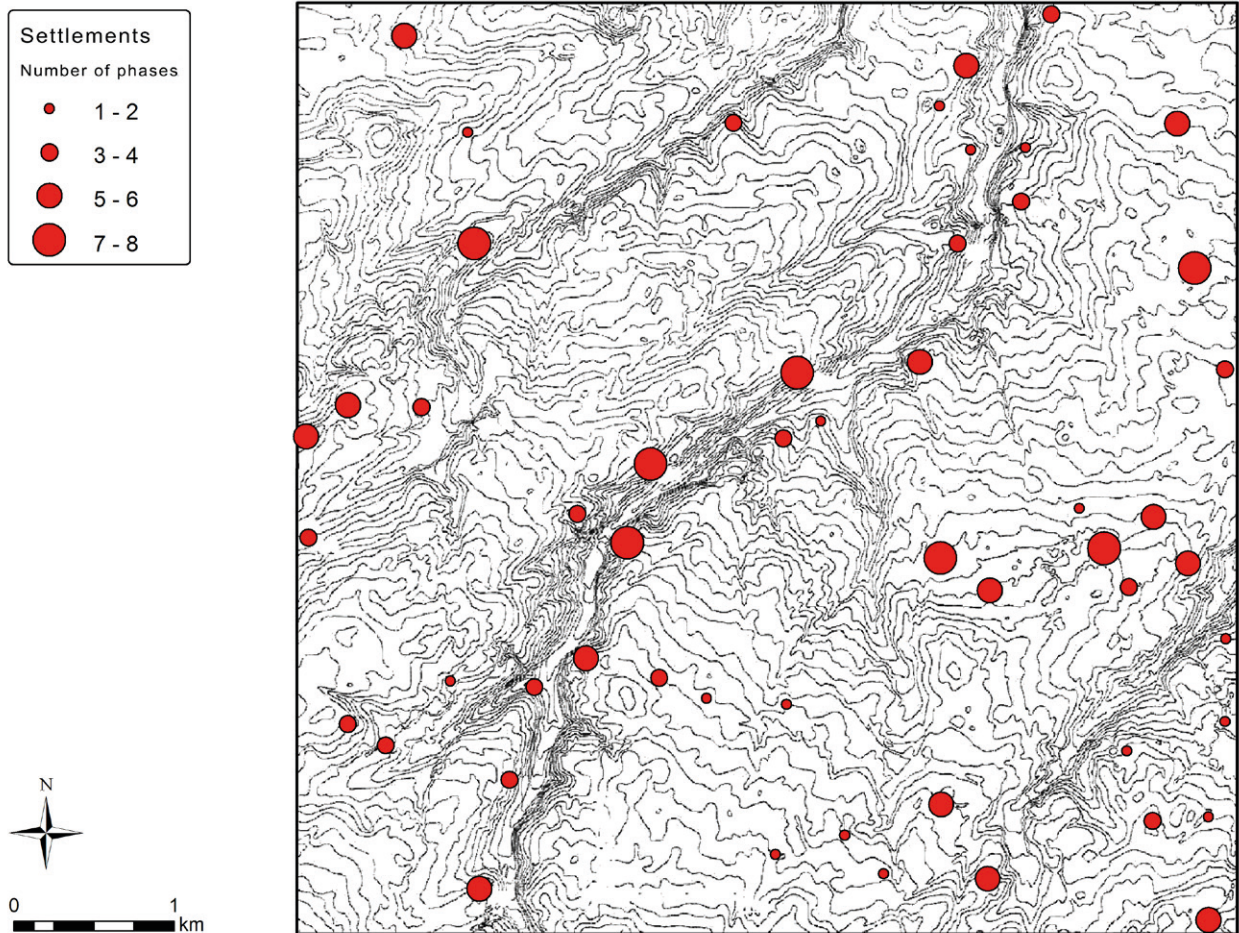
**Fig. 6.** Aldenhovener Platte (Rheinland, Germany). Example of distribution of 44 settlement components of the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> phase of settlement; from 140 to the 2<sup>nd</sup> third of the 3<sup>rd</sup> century AD (after Lenz et al. 1999, Taf. 192).

**Obr. 6.** Aldenhovener Platte (Porýní, Německo). Příklad distribuce 44 sídlištních komponent ve 3. a 4. fázi osídlení; 140 n. l. až 2. třetina 3. stol. n. l. (podle Lenz et al. 1999, Taf. 192).

or hill-top settlements, see Turchin, Gavrillets 2009, 173–175), which are also generally lacking in the Germanic environment. For the following Roman period AD between 150 and 200 the estimated local density of the agrarian population is on average between 8.3 and 14.7 persons per sq. km. However, even the latest estimates within the Roman Empire – such as it is considered to be a political entity with a high degree of urbanization – account for only roughly 10 to 15 percent of the urban population (e.g., Wilson 2011, 192). By comparison, for the Danube provinces, a global population density of about 9 persons per sq. km is expected for the population census in AD 165 (Frier 2000, Table 5), with an overall average population density in the entire Roman Empire of around 15 persons per sq. km (Scheidel 2007, 48).

## 2.2. Setup of the model environment

Spatial context within the model is represented by the environment extent in which activities of the agent entities are realized. The choice of the spatial extent of the model environment was directed to capturing an integral part of the Germanic settlements of Moravia, Lower Austria (Fig. 3), which constitute a seemingly continuous and internally coherent space. Regions further to the east of the Little Carpathians were not included due to the geographic boundaries, whereas the model targets specific spatial contexts of the so-called “Marcomannic” settlement zone of the Middle Danube region to the west of the Little Carpathians. The geomorphological context and physical properties of the modelled extent contain a complex of diverse landscape phenomena (alluvial landscape, ravines, hills and hillsides, mountain ranges, etc.), and its implementation into the model has an irreplaceable role with respect to the spatial distribution of



**Fig. 7.** Aldenhovener Platte (Rheinland, Germany). Cumulative distribution of positive evidence within individual distinguished phases of development (total of 8 phases; after Lenz et al. 1999, Taf. 190–198).

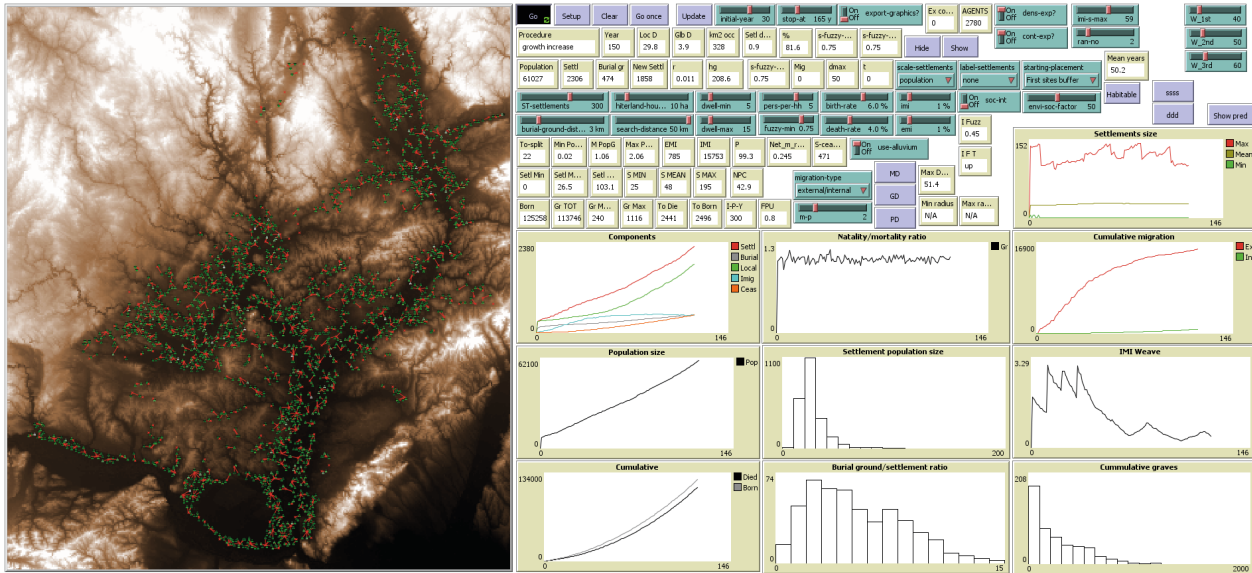
**Obr. 7.** Aldenhovener Platte (Porýní, Německo). Kumulativní distribuce pozitivních evidencí z jednotlivých rozlišených fází osídlení (celkem 8 fází; podle Lenz et al. 1999, Taf. 190–198).

agent entities – settlements and burial grounds. The area of the whole extent covers 32,300 sq. km and its dimensions are 170 (E–W) by 190 (N–S) km. The raster cell size (resolution) was set at 500 × 500 m (340 × 380 grid), where each cell contains a number of nominal, cardinal and dichotomous variables. For the actual digital model building, ABM “toolkit” NetLogo freeware was used (Fig. 8; Wilensky 1999) and for the preparation and processing of the model input data the GIS software ArcGIS 10.6 (by ESRI) was used.

The spatial arrangement of the hitherto known settlements of the housing estates creates the basis for defining a continuous layer, which, would represent the predicted or expected values of the “preference” for the establishment of a settlement (cp. Dresler, Macháček 2008; Kuna 2004; Neustupný 2000; 2003). Input data for the resulting preference prediction are based on geomorphological and hydrological and pedological conditions (Tab. 2). These categories are

rightfully considered to be the most structuring of the archaeological components of main interest (see Tab. 3; Neustupný 1986, 230).

The cost distance from the model river was established on the basis of the reconstructed hydrological network (Flow Accumulation and Direction), which in linear form served as the source for calculation of the anisotropic cost path distance (Fig. 9). The basic properties of geomorphology are represented by a slope gradient up to 5° (Fig. 10; graph 3). The vertical ecological boundary is also underlined by distribution of elevation, where almost 90% of all the evidence is localized below 300 m above sea level (graph 3). Very close structural relations of the available settlement evidence are traditionally observed with regard to the dislocation of soil types (for the used terminology and classification of soils, see Jones et al. 2005) which are one of the main prerequisites for the successful performance of subsistent strategies within the stud-



**Fig. 8.** Agent-based model environment (NetLogo software; Wilensky 1999) with map window, controls, monitors of featuring variables and their visualization over time through graphs.

**Obr. 8.** Prostředí agentního modelu (program NetLogo; Wilensky 1999) s mapovým oknem, ovládacími prvky a monitory sledovaných hodnot a jejich vizualizace v průběhu času prostřednictvím grafů.

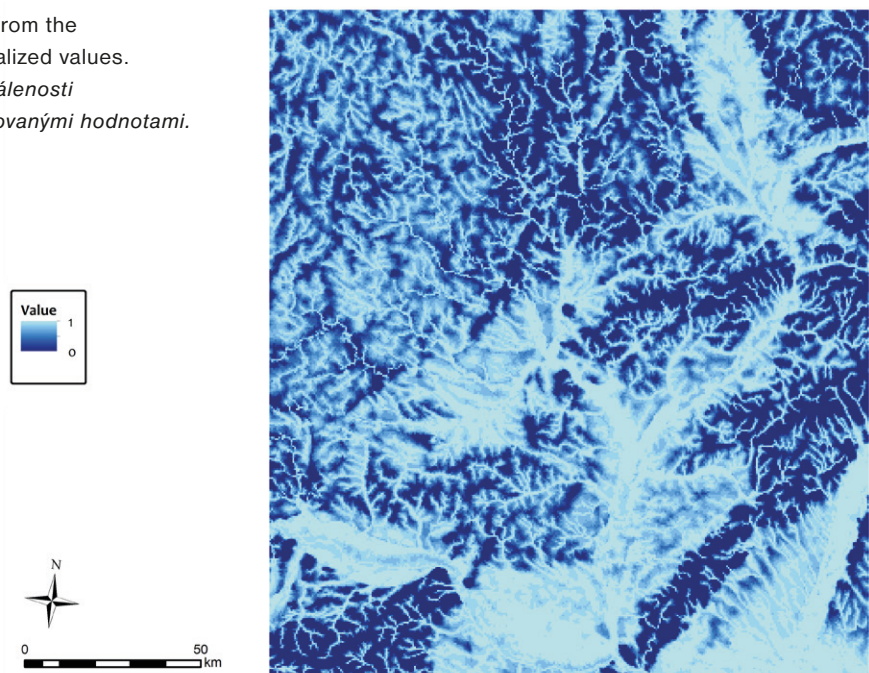
Variable	Weights in the resulting preference score
Cost distance from reconstructed hydrological network	1 (28%)
Slopes up to 5 degrees	1 (28%)
Preference of pedological units	1 (28%)
Cost path from the major rivers of the region	0,5 (16%)

**Tab. 2.** Input layers for the calculation of the settlement “preference” layer with the respective weight for its calculation (function Weighted Overlay).

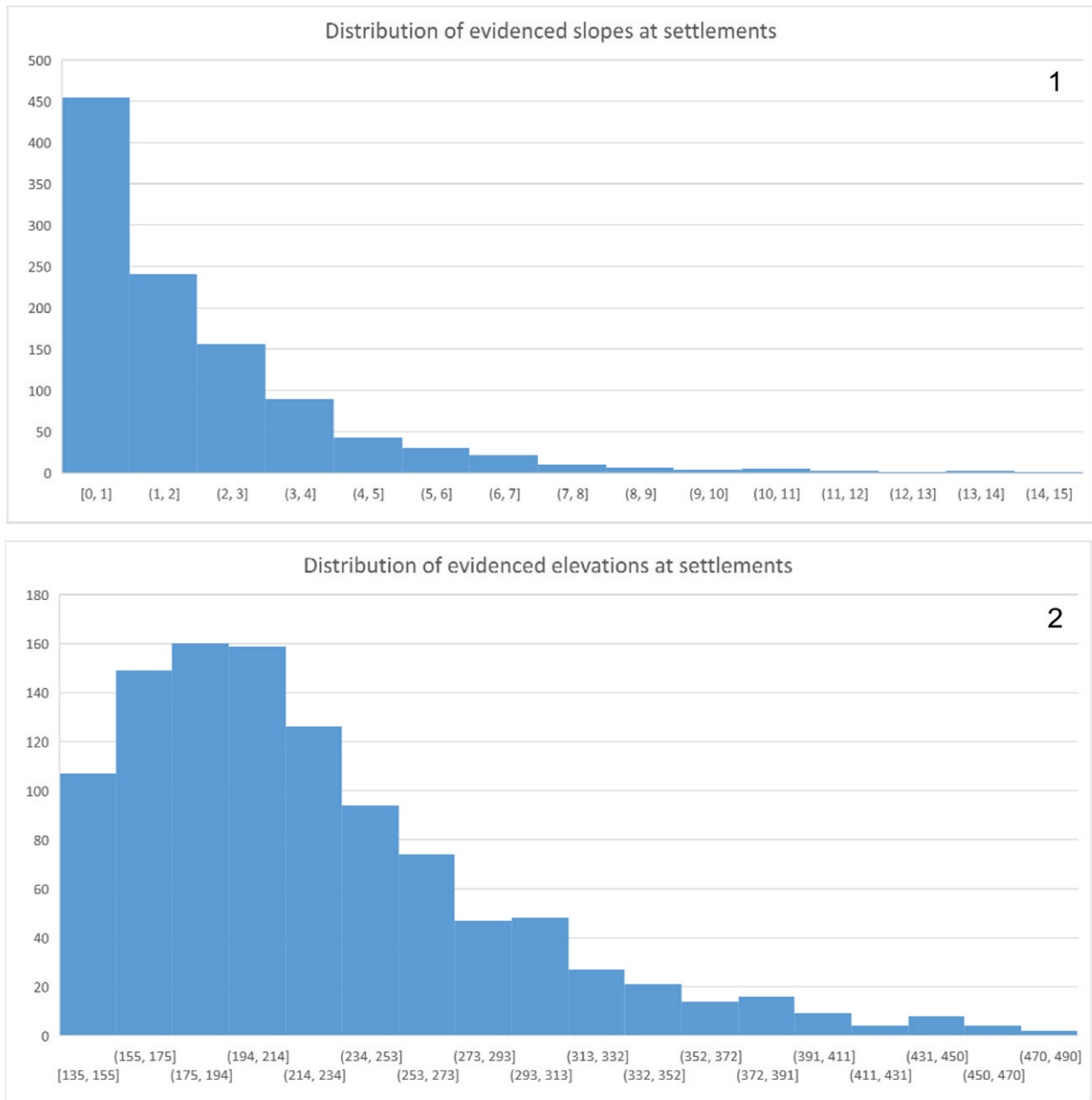
**Tab. 2.** Vstupní vrstvy pro odvození vrstvy „preference“ sídelních aktivit s příslušnými hodnotami váhy pro její výpočet (funkce Weighted Overlay).

**Fig. 9.** Derived layer of cost distance from the reconstructed river network with normalized values.

**Obr. 9.** Vrstva odvozené nákladové vzdálenosti od rekonstruované říční sítě s normalizovanými hodnotami.







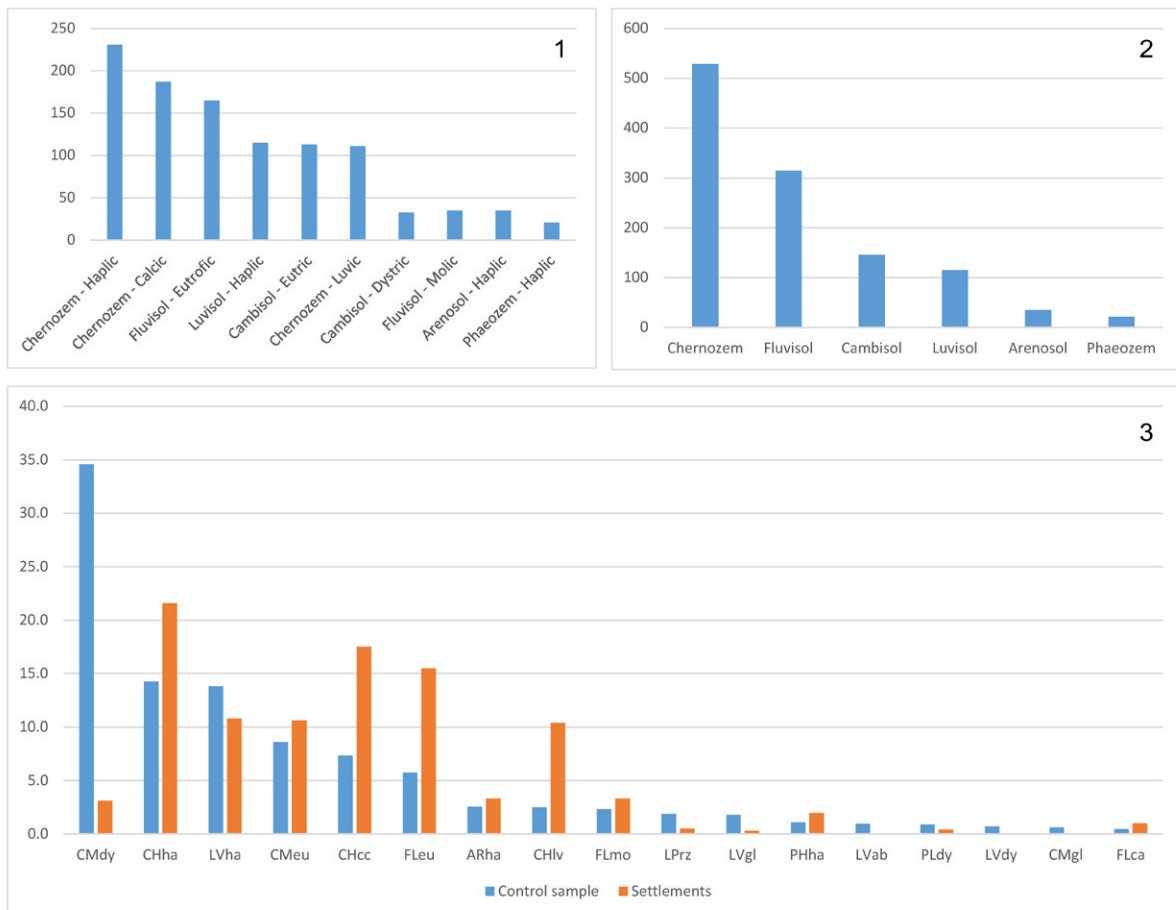
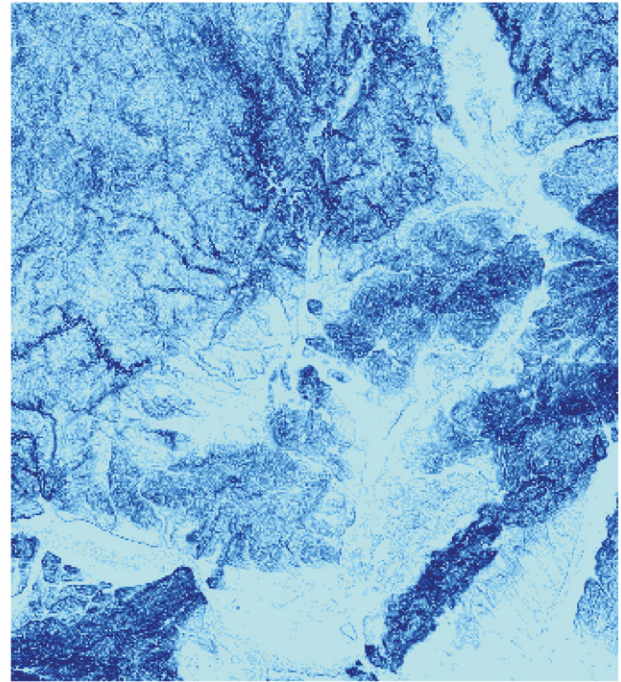
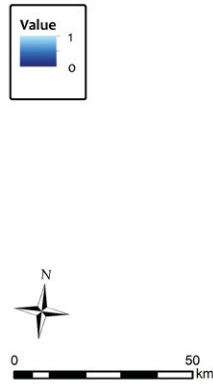
**Graph 2.** Histogram representation of the basic geomorphological properties – slopes (1) and elevation (2) – calculated for available settlement evidence.

**Graf 2.** Histogram zastoupení základních geomorfologických proměnných – sklon svahů (1) a nadmořská výška (2) – odvozená na základě dokladů sídelních aktivit.

ied context<sup>10</sup>. The preference for certain soil types in particular is well observable (Tab. 3), above all, the large variety of Chernozems (haplic, calcic and luvic; total 49% of evidence) which are relatively scarce in general and cover about 24%. The second most preferred soils are predominantly Fluvisols (20% of evidence) and Luvisols (11% of evidences), whereas they cover 25% of the modelled spatial frame. It also underlines observable spatial distribution of a large proportion of the known settlement evidence in the

borderland of alluvial landscapes and within them as well. It also reflects limitations given by the level of detail and resolution of input data. The third soil type preference are Cambisols (dystric and eutric), which are quite common within the whole studied region (about 44%). Nevertheless, only 14% of evidence was localized on this soil type. On the basis of observed preferences reclassification (Tab. 3) was established data layer (Fig. 11) for the main “preference” of the settlement activity layer.

**Fig. 10.** Derived layer of slopes with normalized values.  
**Obr. 10.** Vrstva svažitosti s normalizovanými hodnotami.

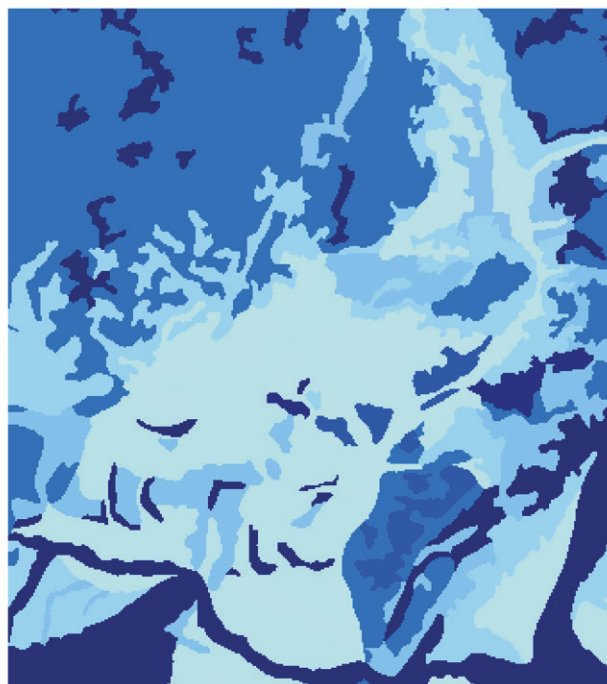
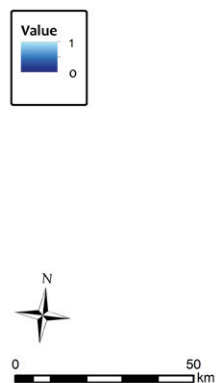


**Graph 3.** Outline of evidenced soil types in the case of settlement evidence (1, 2 and 3) and comparison with random distributed control sample to ascertain the general representation of soil types within the whole modelled extent (3). For soil type codes, see table 3.

**Graf 3.** Přehled evidovaných typů půd v případě dokladů sídelních aktivit (1 a 2) a srovnání s kontrolním souborem bodů náhodné distribuce pro odvození zastoupení typů půd v rámci celého modelovaného území (3). Pro kódování typů půd viz tab. 3.

**Fig. 11.** Derived layer of pedological units (soil types) reclassified on the basis of their occurrence with normalized values.

**Obr. 11.** Vrstva distribuce pedologických jednotek (typů půd) reklasifikovaná na základě sledovaného výskytu dokladů sídlení struktury s normalizovanými hodnotami.



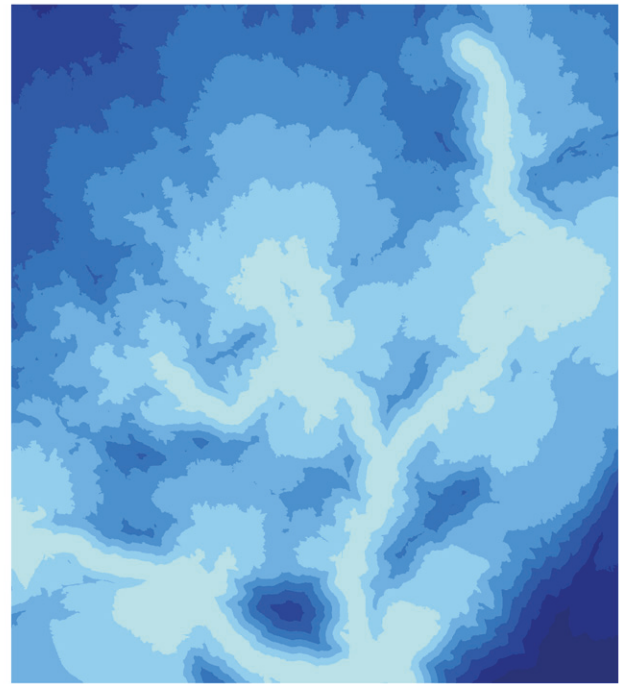
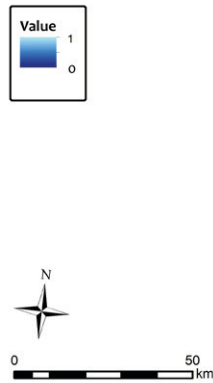
Soil type (code)	Soil type (name)	Control points		Settlements		Preference layer
		Count	Percent	Count	Percent	Score
CMdy	Cambisol – Dystric	1457	34.6	33	3.1	0.5
CHha	Chernozem – Haplic	600	14.2	231	21.6	1
LVha	Luvisol – Haplic	581	13.8	115	10.8	0.8
CMeu	Cambisol – Eutric	362	8.6	113	10.6	0.8
CHcc	Chernozem – Calcic	309	7.3	187	17.5	1
FLeu	Fluvisol – Eutrofic	242	5.7	165	15.5	1
ARha	Arenosol – Haplic	108	2.6	35	3.3	0.5
CHlv	Chernozem – Luvic	105	2.5	111	10.4	0.8
FLmo	Fluvisol – Mollic	97	2.3	35	3.3	0.5
LPrz	Leptosol – Rendzic	79	1.9	4	0.5	0.1
LVgl	Luvisol – Gleyic	75	1.8	2	0.3	0.1
PHha	Phaeozem - Haplic	46	1.1	21	2.0	0.5
LVab	Luvisol – Albic	40	0.9	0	0.0	0.1
PLdy	Planosol – Dystric	37	0.9	3	0.4	0.1
LVdy	Luvisol – Dystric	30	0.7	0	0.0	0.1
CMgl	Cambisol – Gleyic	25	0.6	0	0.0	0.1
FLca	Fluvisol – Calcic	19	0.5	11	1.0	0.1
<b>Sum</b>		<b>4212</b>		<b>1066</b>		

**Tab. 3.** Outline of evidenced soil types in the case of available settlements and comparison with the random distributed control sample to ascertain the general representation of soil types within the whole modelled extent.

**Tab. 3.** Přehled evidovaných typů půd v případě evidence sídelní struktury a srovnání s kontrolním souborem bodů náhodné distribuce pro odvození zastoupení typů půd v rámci celého modelovaného rozsahu.

**Fig. 12.** Derived layer of cost distance from the selected regionally significant rivers with normalized values.

**Obř. 12.** Vřstva odvozené nákladové vzdálenosti od vybraných významných regionálních vodních toků s normalizovanými hodnotami.



The importance of some distinguishing axial watercourses of the modelled region (the Morava, Thaya, Jihlava and Svratka rivers with particular spatial relevance of the context of the Moravian ravines and Vienna basin) was taken into account in the model, based on empirically observed spatial structures within the available archaeological data through a derived layer of cost distance from selected structuring water flows (Fig. 12). This layer entered the resulting prediction by only half the weight. All the derived layers were reclassified to range from 0 to 1 to provide equal weights, which ultimately constituted multiple input for the Weighted Overlay function (Fig. 13).

Alluvial landscapes (e.g., Křížek 2007; Ložek 1973), which are spatially defined mainly by fluvial sediments, played a specific role in spatial distribution of the settlement structure over significant time spans and represented a still dynamically changing environment during the Holocene. An area of about 1619 sq. km of alluvial floodplain of the significant “backbone” watercourses within the studied region covers about 15% of the whole studied extent and represents distinctive landscape phenomena of the most densely populated regions along the significant river courses. Previous environmental studies confirm the relatively stable and “low dynamics” sedimentation processes during the first two centuries after the change of eras (e.g., Brown 1997; Poláček 1999), which generally correlates with assumptions about positive climatic conditions (McCormick et al. 2012). The former shape and hydrological dynamics of the alluvial landscapes, therefore, enabled settlement activities without a significant risk of larger-scale floods

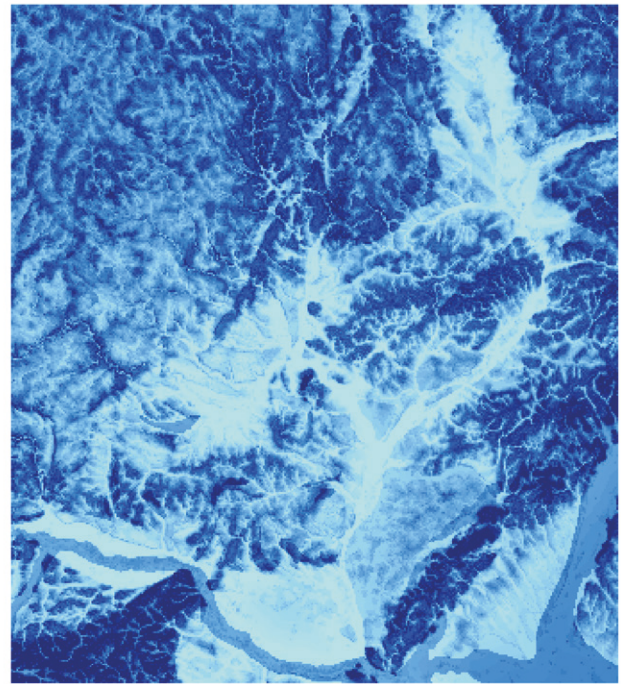
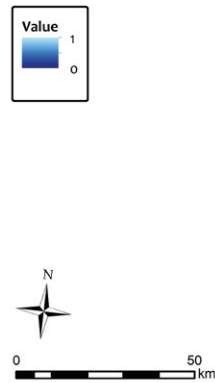
(cp. Dreslerová 2004), which more frequent occurrence usually associated with later interventions in the upland environments and its deforestation (generally from the Medieval period onwards), on more significant hydrogeomorphological features (so-called “dunes” and other formations convenient for the development of residential and other adjoined areas of activities; cp. Opravil 1983; Havlíček, Peška 1992; Ložek 2003; 2007; 2010). However, the generalization of assumptions for the entire alluvial landscape is also problematic because as its shape and vertical variability are determined by hydrological dynamics and the various local (as well as more remote upstream parts) biotic and abiotic properties (Šefrna 2007). Apart from conditions for the establishment of a residential area, there is also the substantial prospect of a multifaceted economic use of the alluvial landscape, amongst others for forest pasture and as a source of wood for various purposes (see Dreslerová 2012; Dreslerová, Sádlo 2000; Pokorný, Dreslerová 2007, 45; Rulf 1994).

### 2.3. Model settings, rules of behavior and processes

Naturally, there are countless trajectories of short- and long-term development on various scales. Therefore, formulating principles for demographic development on the level of individual actors – agents – may necessarily exclude nonstructural (random-based) events, such as internal and external warfare and raids, spread of infectious diseases, exercise of chiefly political power, presence and effect of retinues, natural disasters, etc. The framework of the assembled model

**Fig. 13.** The result of the Weighted Overlay representing the final model input layer of “preference” of settlement activities.

**Obr. 13.** Výsledek funkce *Weighted Overlay* reprezentující finální vstupní vrstvu „preference“ sídelních aktivit.



based on agent entities also receives the dimension of discrete time, which, unlike “archaeological time” (see Neustupný 2010, 184ff.). It provides an indispensable prerequisite for the exploration of possible outcomes of the featuring scenarios and settings which consider the possibilities of settlement structure development throughout demographic processes, such as intrinsic growth and migration. Due to the temporal resolution of the featuring demographic variables, each simulation step (iteration) was set to one year. At each step, values are recalculated for all agents who meet all the conditions for that process at the time. One of the main steps in building a digital multiagent model is defining the actors – types of agent entities. As the main subject of the demographic calculations is the studied population, it enters the model in the form of a reduced complexity entity associable with the residential area, which is defined through basic properties for calculations during the simulation (population size, local population density, gross and net rate of increase/decrease in population, number of births/deaths, etc.). The total simulation time of 135 years was set to cover the time span between roughly AD 30 and AD 165, the period from the first populations entering the studied region up to the eve of the Marcomannic wars, which clearly disrupted development of the local Germanic communities to certain extent.

The development of demographic characteristics can also be monitored through the second type of agent, represented by the burial grounds. During the simulation, these entities keep information about the number of deaths based on one or more burying communities. The assumption of possible “sharing” of

burial grounds within multiple communities was taken into account, which among other things enabled a validation of the development of burials (the cumulative number of burials) according to their availability and the impact on the spatial structure of the settlement landscape. The maximum search distance for use of the existing burial ground at an accessible distance was deductively set at 3 km, with the newly created burial ground being situated within a 1 km radius of the residential area. Although this agent type only records the number of buried individuals, the development of population dynamics and its spatial expression makes it possible to observe variability in the size and number of buried individuals in simulated burial grounds. This type of agent entity does not communicate in the surrounding environment and does not change its position. The agent arises as a result of demographic development and is established by a settlement-type agent. The annual mortality rate in each settlement is added to the associated burial ground.

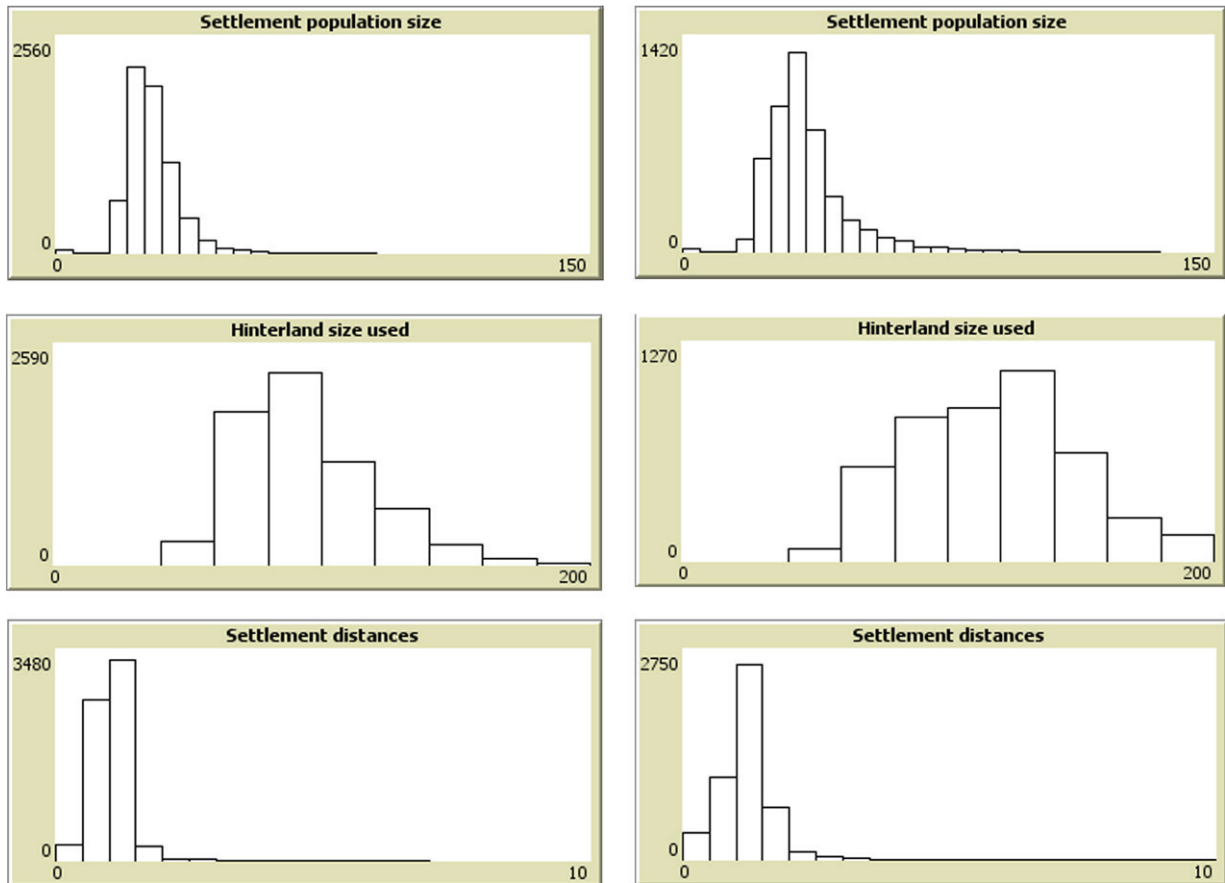
The emergence and extinction of settlement-type agents are linked to demographic processes. The community area would disappear if there is a drop in the population below 3 individuals. As is well observable from the archaeological data, the duration or life span of a standard settlement may vary significantly, reflecting only a single phase or “short-term” duration on the one hand and “long-term” settlement activities during even more than several centuries, on the other. Therefore, a principle of settlement “life expectancy” was implemented which arbitrarily established a generated random number in the range between 25 (one generation life span) and 150 years. The mean life

expectancy of a settlement, therefore, is 62.5 years and a certain proportion of the settlements (roughly 15%) would last for the whole simulated time frame. In the basic settings the annual population growth rate within each settlement is based on a random number ranging from 2 to 6%, whereas the mortality rate ranged from 2 to 4%, resulting in a mean net population surplus of about 1%. Settings were also tested with that value at 2% considering the significant short-term intrinsic population growth. During the simulation, the birth rate variable is dependent on the density of local social relations and the highest rate of population growth is recorded in the short term. The growth rate of the population is driven by the low density of social relations within the areas of scarcer habitation and where there was a natural sufficiency of resources for settlement activities.

The featuring input variable of the model environment in form of the "settlement activity preference" values were set to the range 0.75 – 1 (total area 15,100 sq. km<sup>11</sup>), which covers roughly 50% of the modelled extent and thus provides sufficient "freedom" for the emergent developments of the artificial settlement structure. During the simulation, site selection for establishing or re-establishing a settlement is based on the search distance from the default component and the location of the highest preference values (Fig. 13). In the case of the foundation of a new settlement resulting from the population surpluses, up to the distance of the search radius (initially 20 km for the purpose of contact maintenance with the place of emigration origin within one-day's walk) the location for a new settlement is found. The search algorithm will find the best available location and after emergence of the residential area the hinterland is allocated according to the calculated population size. Its shape should not be structured as just a regular circle in accordance with of the requirement for the best availability, but with regard to the local geomorphological conditions, prerequisites for hinterland quality and existing allocated hinterlands of the neighboring settlements, its spatial distribution and shape may vary (its allocation is still based on the principle of proximity to the residential area). If a sufficient value/location cannot be found, the preference interval extends downwards by 0.05 and the search distance by 5 km until an adequate location for the new location is found. Naturally, in the "real" situations of the back then "alive" anthropological context, decisions were not subject just to these criteria (such as strategic decisions of the elites), and the social structure was also involved in the search process through the iteratively calculated variables of the local population density. As a result, the choice of place to locate a new settlement (residential area) is based on both the quality of the environmental properties (settlement preference) and on the proximity and size of the existing settlement structure at the same time (especially due to the principles of cooperative

relations and exogamy of the neighboring "settlements" or the distance of available community areas).

As can be seen from the featuring input data for the demographic model, such as settlement size and demand for hinterland size, many of these variable cannot be easily deduced and set, thus testing of their influence was enabled through a series of established scenarios (providing a sort of sensitivity test), varying in the basic model's initial settings. Given the number of variables and permutations of all variants of the model scenarios, it would make it difficult to interpret all the simulation results. One of the tested economic-demography properties was the conditionality of the size of the population of a residential area and requirements for spatial distribution of the hinterland (see Tab. 4). These factors were represented by the input settings in the model. The first variable in question is the interval of the minimum and maximum number of household per one settlement (generally the size of the settlement) tested at levels: a) 5–10 and b) 5–20. In the model loading phase, the settlement sizes are generated on the basis of random exponential probability distribution (with the mean value at the upper margin of the interval) resulting in a greater proportion of "smaller" and more scarce "larger" settlements reflecting the upper margin of expected contemporaneously existing households (Fig. 14). Therefore, in this setting the mean population size of one community residential area consists of 25 individuals and the largest one doesn't exceed 70 individuals. To set up the same starting population size in both of the testing intervals, the starting count of settlements (300 and 400 respectively) was adjusted, resulting in both cases in a starting population of about 10 thousand, which was arbitrarily set on the basis of an acceptable number in terms of a standard tribal population size (Steuer 2006, 229). The first interval also reflects existing estimates of a standard Protohistoric rural lowland settlement size (Dreslerová 1995; 1996). The second testing interval is based on the average of the observed occurrence frequency of the inhabited dwellings of the Germanic residential area in the Middle Danube region and also reflects the possibility of more pronounced vertical differentiation including the existence of larger settlements with potentially closer connections to the higher levels of social organization units (chiefs). In this case, the mean population size of a community would be roughly 30 persons with variability on the basis of exponential distribution (from 25 to 200). The second tested variable with the considerable importance for spatial structuring represents requirements for the area necessary to conduct agricultural production and the basic material procurement per "standard" household. It was formulated as three threshold values (representing the minimum, moderate and maximum expectations): a) 15 ha; b) 20 ha; c) 25 ha (Tab. 4). Alternative values to the above-discussed model were



**Fig. 14.** Comparison of modelled settlement population size distribution within the preset testing intervals (1 – a; 2 – b) complemented with the respective distribution hinterland size and frequency of distances between neighboring settlements. The settings are based on scenario 1.2 (table 4).

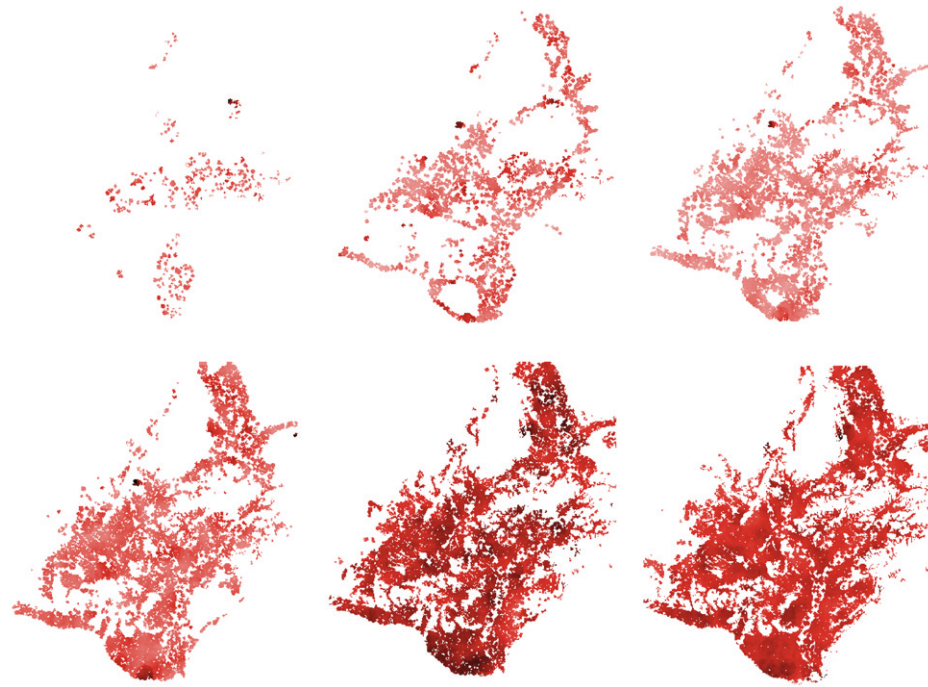
**Obr. 14.** Srovnání modelované distribuce sídelní struktury v rámci přednastavených testovacích intervalů (1 – a; 2 – b) doplněná o příslušné rozsahy zázemí a frekvence výsledných vzdáleností mezi sousedními rezidenčními areály. Nastavení vychází z nastavení scénáře 1.2 (tab. 4).

tested on the assumption that the estimated extent of the hinterland can be substantially smaller in practice compared to what is anticipated, while some of the significant factors such as fertilization of fields play the role (see Dreslerová 2008, 267ff.).

Inevitably, apart from potential outcomes of intrinsic growth in the Middle Danube region population, the implementation of theoretically assumed immigration to the studied region on a more significant scale also had to be considered. Archaeological evidence and available means of temporal resolution of settlement dynamics (especially chronology based on pottery) as well as the state of processing and publishing of the excavated residential areas in general do not provide a sufficient source for the derivation of such proxy data in representative amounts and spatial distributions. Because of that, this process was pre-set as presumed larger immigration weaves continuously during the first 3 decades of the simulation time frame resulting in the total of roughly 50 thousand.

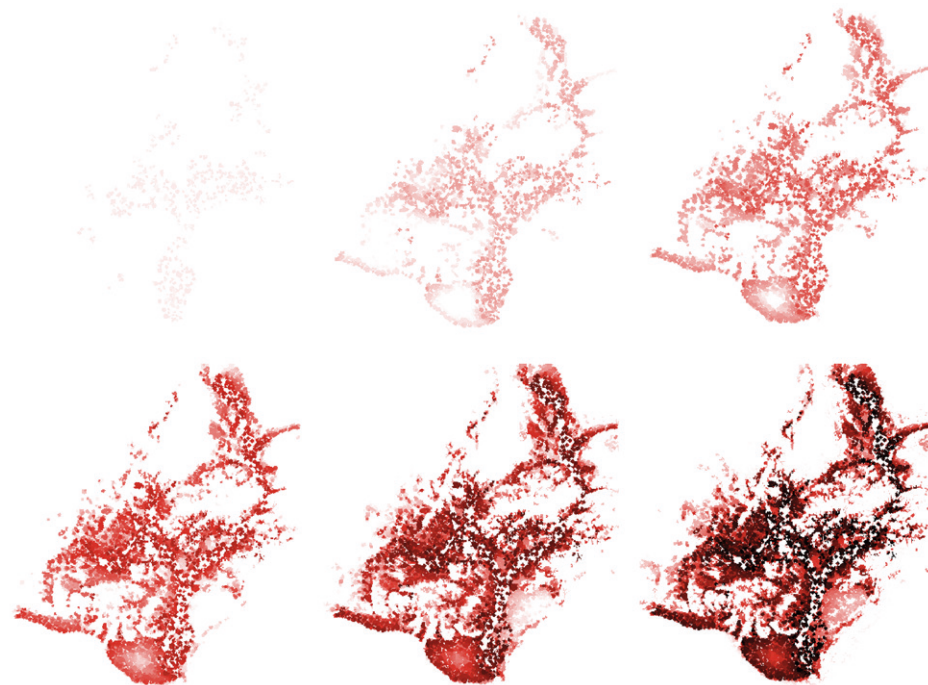
### 3. Scenarios, simulation results and discussion

A combination of the above-mentioned settings generates a simple matrix of the results (Tab. 4), where the variants mainly differentiate population size, local population density, number of settlements and burial grounds (e.g., average number of graves or maximum number of graves). Other input values (especially annual gross natality and mortality) remained the same in all the scenarios. In principle, the main set of scenarios is intended to test the concept of the capacity of the environment in general, which in the archaeological record is reflected by the “maximum” expectable extent of archaeologically attested distributions of empirically documented settlement activities (Fig. 2 and 3), with respect to intrinsic growth and external immigration. With the given starting conditions, it was also tested what outcome would generate a scenario providing external immigration was turned off,



**Fig. 15.** Scenario 1.2 (mean module): The results of the population density distribution within the basic simulation steps (one generation, i.e., 25 years) of the model.

**Obr. 15.** Scénář 1.2 (střední modul): Výsledky distribuce modelované hustoty populace v rámci vybraných kroků simulace (jedna generace, tj. 25 let) modelu.



**Fig. 16.** Scenario 1.2 (mean module): The results of the population “continuity” (intensity is based on accumulated evidenced presence of the settlement hinterland at each iteration) within the basic simulation steps (one generation, i.e., 25 years) of the model.

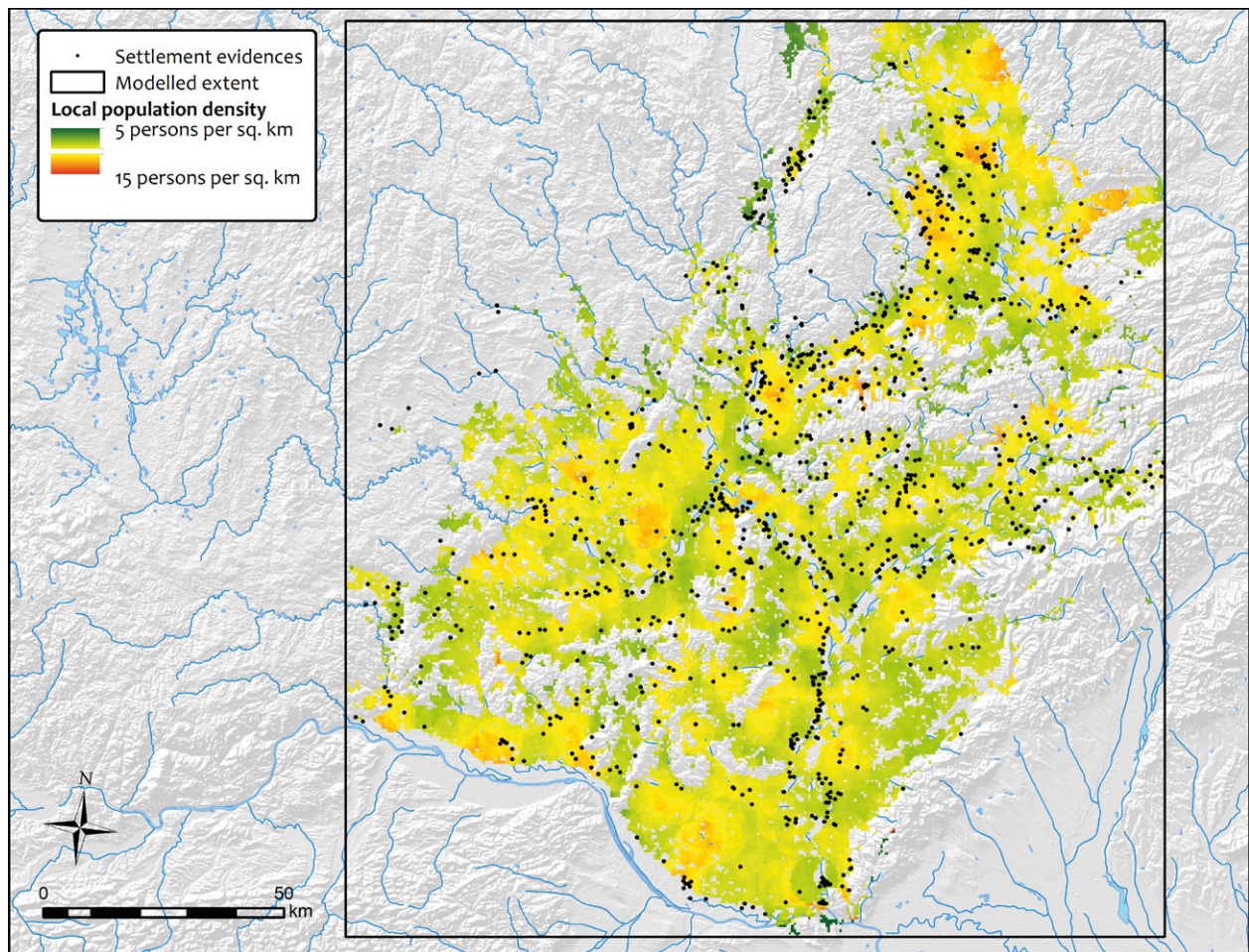
**Obr. 16.** Scénář 1.2 (střední modul): Výsledky modelování „kontinuity osídlení“ (intenzita založena na akumulaci evidované přítomnosti zázemí sídlišť v každé iteraci simulace) v rámci vybraných kroků simulace (jedna generace, tj. 25 let) modelu.



whereas the expanse of the settlement structure would be a result only of internal population growth, while testing values were set to 1% and 2%. In the first case, the population reaches roughly 100 thousand and the spatial distribution of the settlements evidently doesn't match its empirically attested extent. In the latter case the results would provide more fitting patterns, nevertheless, the growth rate itself would represent rather unusual, however, not impossible conditions.

The result of these settings is usually continuous coverage of the model zone with settlements, often in the maximum possible distribution roughly at population sizes above 180 thousand (up to but not exceeding 210 thousand). With respect to the overall possibilities of settlement structuring (settlement population size and requirements for the extent of the hinterland) it seems improbable that the population within the modelled extent of the Middle Danube barbaricum could have exceeded 200 thousand inhabitants. In such case,

the global population density would overpass values expected for the Danube provinces with regard to forms, sizes and distribution of human settlements here. The results point to the possibility of a more pronounced spatial variability of the local population density (Fig. 14), which expectedly reflects one of the featuring principles of the respective social organization (Feinman 2013, 35–36, Table 2.6). The resulting distribution of local population density values (Fig. 18 and 19) represents a certain cognitive map from the point of view of structuring the landscape according to the social interaction in the space (cp. Neustupný 2010, 160ff.). Based on the two testing levels of a “standard” settlement size also the structure of space between neighboring settlements differs more significantly as well as area for hinterland. In the scenario settings (a) roughly 50% of settlements have their neighbors within the 1 km radius and other 50% up to 1.5 km. In case of the second settings (b) the gaps are wider as the hinterland size establishes a greater buffer zone.



**Fig. 17.** Distribution of Germanic settlement evidence and the modelled local population density (based on scenario 1.2) from the terminal phase of the simulation right before the Marcomannic wars.

**Obr. 17.** Distribuce evidovaných dokladů germánské sídelní struktury a modelované lokální hustoty populace (scénář 1.2) z konečné iterace simulace před počátkem markomanských válek.

The modelled scenarios, regardless of the specific manifestations of dynamics producing minor variability within the individual scenario settings, allow us to record the basic demographic parameters (total population size, global and local population density per sq. km, total number of births/deaths, graves in burial grounds, etc.). Comparing the influence of the main testing parameters on the quantitative characteristics of the modelled demographic properties of the Germanic populations within the studied region of Moravia, Lower Austria and the region of Slovakian Záhorie, makes it possible to determine the probability interval of the total population size. Various settings of scenarios allow the “primary” interval to be estimated from 130 to 210 thousand persons within the studied regions (Tab. 4). However, this probability range is internally structured (the main conditions under which the model simulation reached the final stage are known), and each of the simulated scenarios is “credible” based only on the input variables. Therefore, this broad probability interval can be limited by “extreme” scenario settings, with an excessive number of households per one residential complex. The density of settlements would range from 0.2 to 0.4 per

	5–10 households / settlement	5–20 households / settlement
15 ha / household	<b>Scenario 1.1</b> TP: 209k; TS: 7720 LPD: 16.2; GPD: 8.3 MD: 1.5; MHS: 65	<b>Scenario 2.1</b> TP: 201k; TS: 6150 LPD: 15.1; GPD: 8.4 MD: 1.8; MHS: 93
20 ha / household	<b>Scenario 1.2</b> TP: 176k; TS: 6550 LPD: 13.5; GPD: 7.1 MD: 1.8; MHS: 95	<b>Scenario 2.2</b> TP: 169k; TS: 4840 LPD: 13; GPD: 6.8 MD: 2.1; MHS: 127
25 ha / household	<b>Scenario 1.3</b> TP: 143k; TS: 5460 LPD: 11.3; GPD: 5.7 MD: 2; MHS: 121	<b>Scenario 2.3</b> TP: 131k; TS: 4320 LPD: 10.1; GPD: 5.2 MD: 2.4; MHS: 158

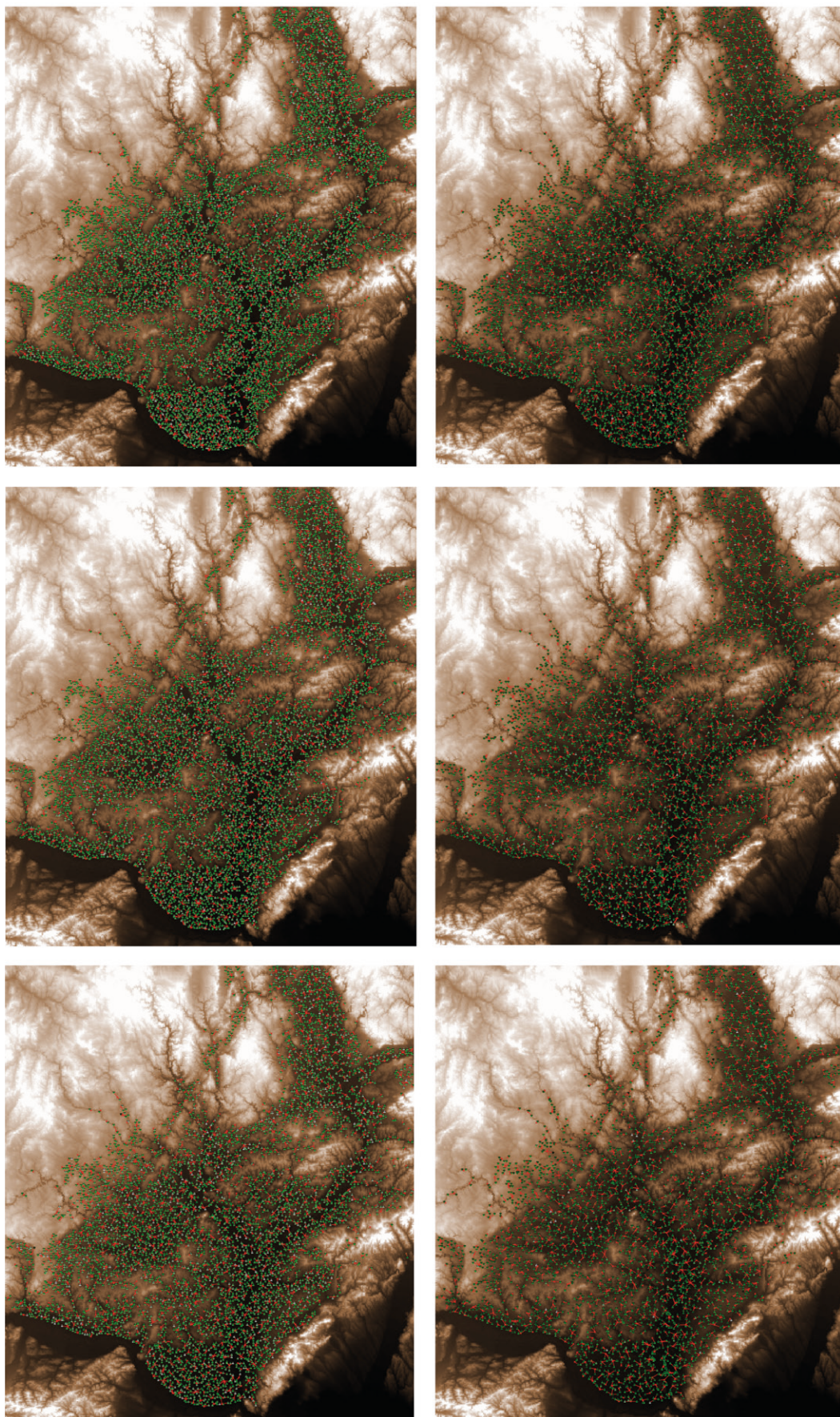
**Tab. 4.** The main results of the model scenarios are the correlation between the size of the background and the size of the settlement areas and the calculated values of the funeral complexes. The results in the table are based on the mean values of the 10 simulation runs. TP: total population, TS: number of settlements, LPD: local population density, GPD: global population density (sq. km), MD: mean distance between settlements (residential areas), MHS: mean hinterland size (ha). The search radius for the assignment of burial grounds was set to 3 km in all the scenarios.

**Tab. 4.** Hlavní výsledky modelování v rámci jednotlivých scénářů představují kombinaci mezi velikostí hospodářského zázemí a velikostí rezidenčních areálů. Výsledné hodnoty představují průměry 5 simulací v rámci každého scénáře. TP: celková populace, TS: počet rezidenčních areálů, LPD: lokální hustota populace (sq. km), GPD: globální hustota populace (sq. km), MD: průměrná vzdálenost mezi sídlišti (rezidenčními areály), MHS: průměrná rozloha hospodářského zázemí (ha). Vyhledávací vzdálenost pro přiřazení sídliště a pohřebiště byla ve všech případech stanovena na 3 km.

sq. km of the inhabited landscape and their sum would vary between 4 and 7 thousand. Local population density would range from 10 to 15 persons per sq. km of the settlement zone. The narrowed probability interval (roughly 2σ) could then be expected to range between 150 and 190 thousand<sup>12</sup>.

The quantitative aspects of migration processes and their dynamics can be very problematic given the possibilities of their manifestations within the archaeological record. The key is knowledge about the local demographic parameters from the entire region, which would allow different fluctuations to be judged in a quantitative context. In the case of high settings of intrinsic growth (net 2%), this leads to an onset of exponential sharp increase roughly at the end of the 1<sup>st</sup> and beginning of the 2<sup>nd</sup> century AD. An accordingly significant increase is also exhibited within the archaeological record during phase B in general. To some extent, it may suggest the role of this trajectory of population development reflected within the scale, size and density of the Germanic settlement structure. It is also important to note that if the immigration rate would be significantly high during the 1<sup>st</sup> century AD in the studied region, archaeological sources would at least to some extent also reflect such demographic change accordingly. Therefore, the 2<sup>nd</sup> century increase was caused either by still ongoing (thus expectably more stable or at least with a significant time offset of migration waves) immigration or significant intrinsic population growth. As well, if contemplating any possible migration trajectories, their destination has to provide sufficient means for performance of subsistence strategies. Therefore, the more the studied region was settled during the period, the fewer populations would immigrate.

Maximum values were achieved in the case of the resulting virtually “continuous” coverage of the settlement zone. According to the input interval of the number of households per one residential area, the resulting number of settlements at the end of the simulation of individual scenarios ranged between 4 and 7 thousand. For comparison of the calculated total population, available estimates from Bohemia are available. For the La Tène period, estimates presently range from 160 to 200 thousand inhabitants, including the oppidum environment (Salač 2008, 42; Waldhauer 2001, 23). For the Roman period, more realistic estimates are roughly at the same level (Salač 2008, 54). At the “gross” size of the studied settlement area of roughly 13,000 sq. km, the local population density can be estimated in the range between 12.3 and 15.4 persons per sq. km. However, some estimates even contemplate half a million inhabitants of Bohemia during the Roman period (Motyková 1976, 181; Pleiner, Rybová et al. 1978, 722), which would represent a very high local population density of 38.5 persons per sq. km.



**Fig. 18.** Visualization of the final iteration (simulation step) in the individual scenarios (see table 4).  
**Obr. 18.** Vizualizace finální iterace simulace v rámci jednotlivých scénářů (srov. tab. 4).

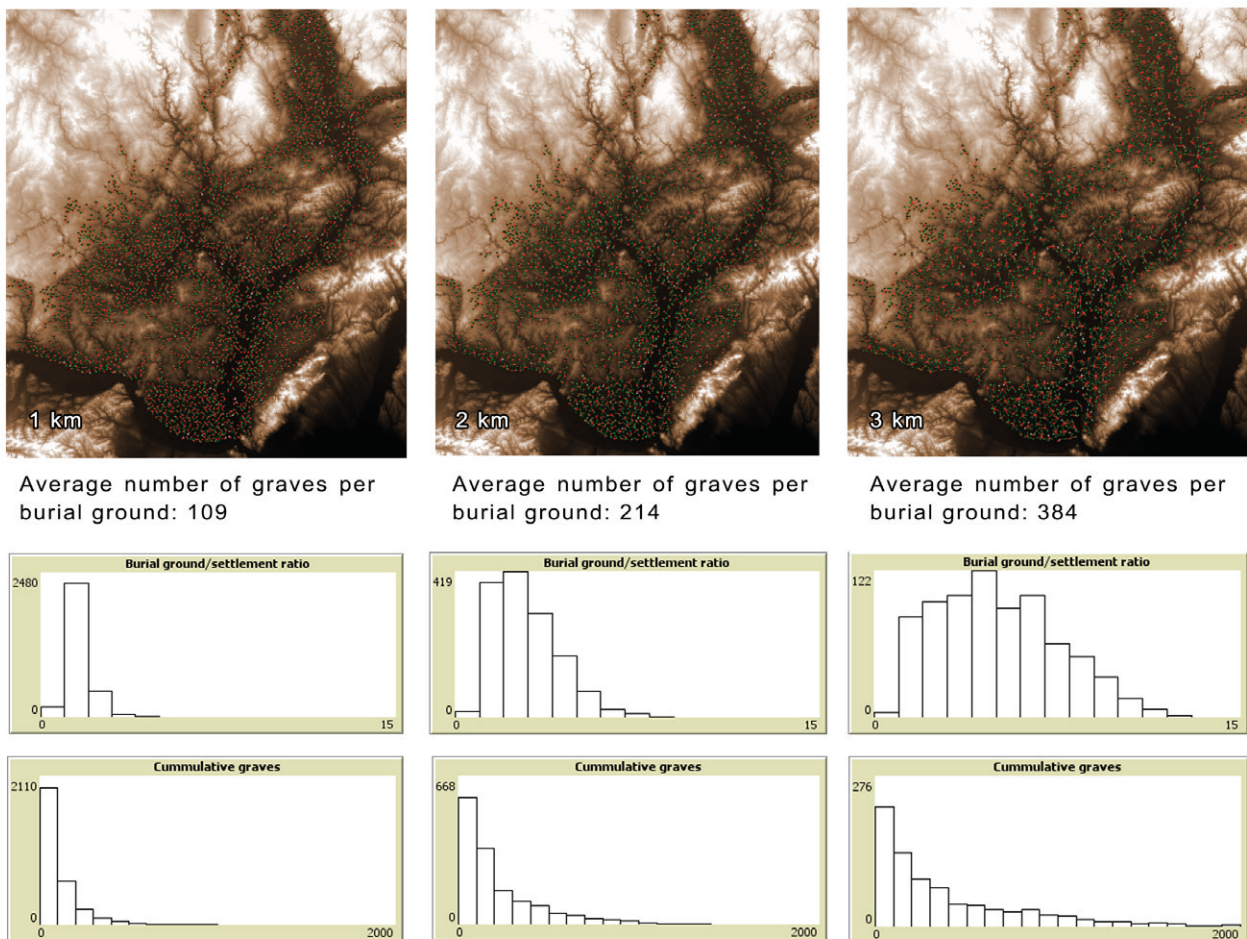
	Count of settlements/burial grounds	Ratio between settlements/burial grounds	Average number of burials per burial ground
1 km	3400/2900	1.2	100
2 km	3400/1400	2.4	210
3 km	3400/760	4.5	380

**Table 5.** Comparison of the results with the three testing threshold values of the maximum search distance (1, 2 and 3 km) for an existing burial ground (see figure 19).

**Tab. 5.** Srovnání výsledků v rámci tří testovaných maximálních vyhledávacích vzdáleností (1, 2 a 3 km) pro přiřazení k existujícímu pohřebnímu areálu (viz obr. 19).

During the simulation process in general, it was also intended to monitor the impact of the spatial distribution of residential areas on the spatial accessibil-

ity and possibility of “sharing” of neighboring burial grounds by multiple communities/settlements. During the simulation process a newly established settlement founds also the respective burial ground or connects with an already existing one within one of the three testing search radiuses – 1, 2 and 3 km (Tab. 6, Fig. 19), which resulted in the overall structuring of the main characteristics of the modelled properties of burial grounds (sum of burials, sum of burying communities). Naturally, the individual connection of a burial ground (as well as localization) with neighboring settlements stems from wide range of aspects, which are impossible to reconstruct and were often based on irrational religion-based reasons. The resulting figures, however, represent burial accumulations from the total burying population which has to be decreased by the age (above all infants) or other specific group (slaves?) which was not presumably buried due to their status in society and the respective right for a proper burial.



**Fig. 19.** An example of the influence of the maximum search distance (1, 2 and 3 km) for the “sharing” of burial grounds by multiple communities in the overall arrangement of the settlement space.

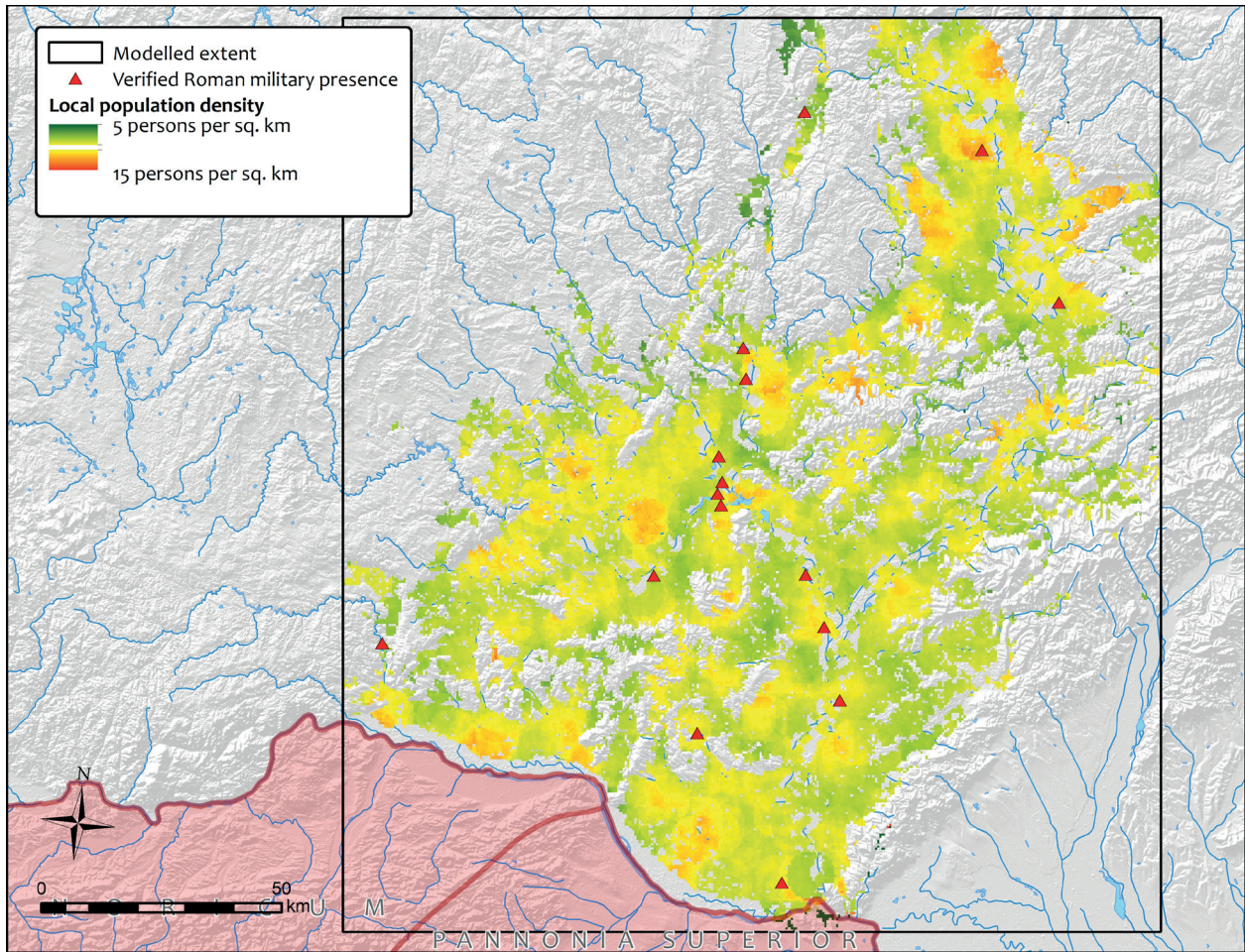
**Obr. 19.** Příklad vlivu maximální vyhledávací vzdálenosti (do 1, 2 a 3 km) pro „sdílení“ pohřebních areálů více komunitami a uspořádání prostoru sídelní struktury.

The modelling results also provide input into the quantification of some aspects of the Roman military intervention in the studied region, especially within the key stage of development during the so-called Marcomannic wars. Increased population mobility during this period is mentioned in written sources and documented through certain hints also within the archaeological record (e.g., Tejral 1970a; 2006). Nevertheless, simulation-based estimates make it possible to calculate the probable size of the population of the occupied territory. If these demographic processes really had a major impact on local settlement structures, it might be possible to consider a lower margin to the overall probability range of total population estimates. The density of the Germanic settlements in the area was certainly important within the given strategic conceptions of the large-scale occupation of the Germanic settlement area (see Komoróczy, Vlach 2010; 2015). Overall conditions of the landscape possibility would be influenced by the density of settlements and distribution of population. These conditions were expectably of high importance in the establishment of Roman military installations (especially temporary camps) within the studied area, which are often located in places with previous and sometimes subsequent settlement activities (e.g., Mušov – Na Pískách, Závod; cp. Komoróczy, Vlach 2010, 252ff.).

The resulting modelled settlement structure, amongst others, provides a comparative dataset towards the quantitative information of the available literary sources. Many analyzes have highlighted the problematic aspects of quantities within the written sources in particular. The most specific narratives about the individual episodes or phases of the conflict come from Cassius Dio. Some of them refer to prisoners of war in numbers in the order of tens of thousands (50<sup>13</sup> and even 100<sup>14</sup>) who were returned to Rome, which appears to be somewhat problematic within the constraints given by the modelling results. The population of prisoners captured by the Germans during the fighting and plundering phases within the province of Pannonia would significantly burden the existing subsistence base. The presence of these populations in the provincial environment also generates a number of questions about their absence in the archaeological record. One of the often quoted pieces of quantitative information on the presence of the Roman army expeditionary forces on the territory of the Middle Danube region is a figure of 20 thousand soldiers (on both the tribal territory of Marcomanni and Quadi) who occupied the area during the terminal phases of the Marcomannic wars and, according to historical narratives, made the living conditions of the local populations considerably more difficult<sup>15</sup>. If it can be assumed that the local Germanic population could comprise about 20% of the “fit-to-fight” proportion of the population, it would be roughly from 30 to 38 thousand potential warriors, which could be levied from the general

population to accompany “professional” warriors from chieftain retinues<sup>16</sup>. If there is any possibility that the narrative sources reach anywhere near the real figures, it would represent a relatively comparable size with superiority in numbers on the barbarian side. Nevertheless, by the time of the terminal phases of the Marcomannic wars, after many years of conflict, the available barbarian fighting force would diminish to some extent. However, there are other tribes which were mentioned during the conflict and which also came from other regions (e.g., Langobards and Obii at the beginning of the conflict). At the same time, the relatively high numbers of Germanic warriors were in several instances in the conflict assigned under Roman leadership, probably from the local populations of the Middle Danube, e.g., in one case 8 thousand horsemen<sup>17</sup> and at the end of the conflict even 13 thousand warriors from Quadi and a comparable number from Marcomanni, are mentioned<sup>18</sup>.

Spatial aspects of the local population density distribution based on modelling results point to the apparent disproportion between the observed (archaeological record) and expected (potential local density maps generated by modelling; Fig. 17) datasets. Naturally, the empirically observed and recorded archaeological evidence is not spatially or qualitatively representative, is subject to an unknown pattern of selection due to various transformation processes, and corresponds to the state of the current knowledge base. Generally, however, the modelled population densities, compared to the observed records, are correlated to some extent through the principles and model input data. Amongst several questions that emerged is the inconsistency of the high predicted characteristics for settlement activities in the lowland area north of the Danube River – Vienna basin where, compared to other regions, we lack more distinguishable evidence (see Pollak 1980). At the same time, several pieces of evidence come from the area of the Lower reaches of the Morava River. The often-mentioned prohibition on settlements of the Germans after the Marcomannic wars was to concern only 38 stadii<sup>19</sup>, generating a buffer zone with a radius of between 6.7 and 7.3 km to the north of the Danube, which couldn't have played a significant role in the perspective of the large-scale spatial patterns of the settlement structure. In particular, it would not be justified if the area of the investigated territory was permanently occupied by the Roman army from the beginning of the offensive phases of the Marcomannic wars (Tejral 1999). A similar situation of almost missing empirical data and higher modelled densities can be observed in the northernmost part of the Upper Moravia ravine. On the other hand, other areas of the model show a significant correlation between observed and modelled density. A similar correlation seems to be observable in the case of the distribution of the verified Roman military installations, especially the temporary camps (Fig. 20), e.g., the sur-



**Fig. 20.** Distribution of verified Roman military installations, especially the temporary camps.  
**Obr. 20.** Rozmístění potvrzených římských vojenských lokalit, zejména dočasných táborů.

roundings of the temporary camps in Hulín-Pravčice, Olomouc-Neředín, Bernhardsthal, Modřice and others (cp. Komoróczy, Vlach 2017). That also may underline the importance of their locations with respect to either observed or modelled expectable population distributions, thus reflecting features of the Roman administration policy during the campaign and large-scale occupation of the modelled region.

In conclusion, it is necessary to add that the design and thus the results of the model are directly proportional to the errors resulting from the incompleteness and fragmentation of the knowledge of the

primary archaeological sources, therefore, the model input data. The state of knowledge of the Germanic settlements and settlement structure is a major source of uncertainty in determining the input parameters for the whole modelled extent. Although the presented attempt of the emulative agent-based modelling focused on the basic demographic properties provides some quantitative, spatial and temporal insights, enrichment of available and still increasing data from the Germanic settlement would make it possible to further refine the model and its design, and perhaps also to achieve proportionally different results in the future.

## Notes

- 1 This paper originated within the framework of the grant project of the Czech Science Foundation GA ČR no. 15-20700S “The Roman Period Cremation Burial Ground in Modřice and East Germanic Expansion Problems”.
- 2 Cassius Dio (71.15.1) refers directly to the situation in which the Quadi were denied access to the marginal markets in order to prevent the Marcomanni tribe, which at that time was still in military conflict with the Roman Empire, from being infiltrated and there was a need to avoid possible espionage activity on their part (Austin, Rankov 1995, 27).
- 3 The paper is based on the 3<sup>rd</sup> chapter of the author’s PhD thesis (Comenius University in Bratislava, Faculty of Arts) led by J. Rajtár. It also represents another development stage of the previous “preliminary” model presented at the 22<sup>nd</sup> Limes Congress in ruse (Vlach 2015).
- 4 According to narrative sources, these commercial relations were realized through commodity exchange, but to date, the very abundant and ever increasing number of Roman coins highlight the question of their use in “cross-border” trade, a payment system which was organized by the higher segments of the society (chiefs or other important persons) in larger volumes and subsequently redistributed to strengthen social ties (above all within the retinues) or purchased on the local commodity market.
- 5 Amongst others, the results of population density distribution modelling also served as one of the input layers of the dynamic ABM of the Roman army’s territory control and the logistics of the offensive phases of the Marcomannic wars (see Vlach 2016, 207–228).
- 6 If not counting the scarce traces of the Przeworsk culture in the form of several cremation burials from Dolany (Kalábek 2000) and Dubany (Meduna 1968, 56–58, 61–65).
- 7 With respect to the existing type of social and political structure organization more a “chieftdom” type of polity.
- 8 Presently, the total count of the evidence possibly reflecting settlement activities (including unique and stray finds) reaches a little over 1 thousand.
- 9 One of the well acknowledged and widely accepted conceptions of the so-called Dunbar number, which proposes dependency of community sizes and structuring according to human brain capacity to maintain interpersonal relations with on average about 150 individuals. The threshold is expected to initiate both growth of the social organization complexity and emergence of social symbols to distinguish and communicate with other groups and communities (Turchin, Gavrillets 1991, 167f.). In case of non-urbanized societies of complex chiefdoms of the Roman period barbaricum, the available data generally testify that the standard basic community didn’t exceed such threshold.
- 10 As the modelled extent covers the three states, a continuous dataset of pedological units on the national level (with according resolution) is presently not available. Nevertheless, as an input layer European Soil Database v2.0 was used, created and freely provided by the European Soil Data Centre (Panagos 2006). Although the data reflect the present state, the general stability and delimitation of the main pedological units tend to also reflect well the conditions of the more distant past (with transformations expectable within more dynamically developing environments such as alluvial landscapes).
- 11 This area may also alternatively provide a basis for calculation of the local density, once it roughly covers the empirically ascertained extent and settlement zone size (Fig. 3).
- 12 Therefore, the previous estimates on the basis of the preliminary phase of modelling (Vlach 2015) shifts by about 50 thousand upwards, whereas the maximum boundary of a little over 200 thousand can still be considered to be viable.
- 13 Cassius Dio 71.13.1-4.
- 14 Cassius Dio 71.16.1-2.
- 15 Cassius Dio 71.20.1-2.
- 16 It is a question of the extent to which it is possible to consider women’s involvement in conflicts based on references to written sources (Tacitus, Germ. 8) in relation to their position in society and the evidence of warrior graves in the context of the Nordic Germans (e.g., Simniškyté 2007).
- 17 Cassius Dio 71.16.1-2.
- 18 Cassius Dio 72.2.1-4.
- 19 Cassius Dio 71.15.1.

## Literatura

- Acsády, G., Nemeskéry, J. 1970:** *History of Human Life Span and Mortality*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Austin, N. J. E., Rankov, N. B. 1995:** *Exploratio. Military and political intelligence in the Roman world from the Second Punic War to the battle of Adrianople*. London, New York: Routledge.
- Bárta, M., Kovář, M. a kol. 2011:** *Kolaps a regenerace: Cesty civilizací a kultur. Minulost, současnost a budoucnost komplexních společností*. Praha: Academia.
- Behringer, W. 2010:** *Kulturní dějiny klimatu. Od doby ledové po globální oteplování*. Praha: Paseka.
- Benninger, E. 1937:** *Die germanische Bodenfunde in Slowakei*. Reichenberg, Leipzig: Kraus.
- Benninger, E., Freising, H. 1933:** *Die germanische Bodenfunde in Mähren*. Reichenberg: Kraus.
- Berg-Hobohm, S. 2004:** *Die germanische Siedlung Göritz, Lkr. Oberspreewald-Lausitz*. Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 7. Wünsdorf: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum.
- Bazelmans, J. 1999:** *By Weapons Made Worthy. Lords, Retainers and their Relationship in Beowulf*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Boserup, E. 1981:** *Population and Technology Change: A Study of Long Term Trends*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bouzek, J., Ondřejová, I. 1990:** „Třetí zóna“ mezi Římem a barbarikem. *Archeologické rozhledy* XLII, 22–35.
- Brown, A. G. 1997:** *Alluvial geoarchaeology. Floodplain archeology and environmental change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carneiro, R. L. 1966:** On Determining the Probable Rate of Population Growth during the Neolithic. *American Anthropologist* 68(1), 177–181.
- Carneiro, R. L. 1981:** The Chieftdom: Precursor of the State. In: G. D. Jones, R. R. Kautz (eds.): *The Transition of Statehood in the New World*. Cambridge: Cambridge University Press, 37–79.
- Cassius Dio:** *Dio's Roman History IX*. Translated by E. Cary. Loeb's Library, 1955. London.
- Crema, E. R. 2015:** Modelling Settlement Rank-Size Fluctuations. In: G. Wurzer, K. Kowarik, H. Reschreiter (eds.): *Agent-based Modeling and Simulation in Archaeology. Advances in Geographic Information Science*. Cham: Springer, 161–181.
- Čižmář, M. 1993:** Keltská okupace Moravy. In: V. Podborský (ed.): *Pravěké dějiny Moravy*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 380–423.
- Danielisová, A., Štekerová, K. 2015:** Sociální simulace při zkoumání společnosti, ekonomiky a využívání krajiny v době železné: metoda a příklady. *Památky archeologické CVI*, 137–180.
- Deevey, E. S. 1960:** The human population. *Scientific American* 203, 194–204.
- Dobiáš, J. 1964:** *Dějiny československého území před vystoupením Slovanů*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- Domański, G. 1979:** *Kultura luboszycka między Łabą a Odram w II–IV wieku*. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich.
- Donat, P. 2001:** Langhäuser im östlichen Germanien. Überlegungen zu einem Forschungsproblem. *Slovenská archeológia* XLIX, 103–108.
- Drennan, R. D., Berrey, C. A., Peterson, C. E. 2015:** *Regional Settlement Demography in Archaeology. Principles in Archaeology*. New York: Eliot Werner Publications.
- Dresler, P., Macháček, J. 2008:** Hospodářské zázemí raně středověkého centra na Pohansku u Břeclavi. In: J. Macháček (ed.): *Počítačová podpora v archeologii 2*. Brno: Ústav archeologie a muzeologie, Masarykova univerzita, Brno, 165–205.
- Dreslerová, D. 1995:** A socio-economic model of a prehistoric micro-region. In: M. Kuna, N. Venclová (eds.): *Whither archaeology? Papers in honor of E. Neustupný*. Praha: Institute of Archaeology, 145–160.
- Dreslerová, D. 1996:** Modelování přírodních podmínek mikroregionu na základě archeologických dat. *Archeologické rozhledy* XLVIII, 709–712.
- Dreslerová, D. 2004:** Dynamika povrchu krajiny v holocénu. In: M. Kuna a kol.: *Nedestruktivní archeologie. Teorie, metody a cíle*. Praha: Academia, 31–48.
- Dreslerová, D. 2008:** Ekonomický potenciál regionu Říčanska z hlediska pravěkého hutnictví. In: N. Venclová et al.: *Hutnický region Říčansko*. Praha: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., 266–280.



- Dreslerová, D. 2012:** Les v pravěké krajině II. *Archeologické rozhledy* LXIV, 199–236.
- Dreslerová, D., Sádlo, J. 2000:** Les jako součást pravěké kulturní krajiny. *Archeologické rozhledy* LII, 330–346.
- Droberjar, E. 1988:** *Sídliště z doby římské ve Vlčnově-Dolním Němčtí a projevy římského impéria ve středním Pomoraví*. Rkp. seminární práce pro SVOČ. Uloženo: Filozofická fakulta Masarykovy univerzity, Brno.
- Droberjar, E. 1995:** Zur Frage der ältesten germanischen und römischen Siedlungsfunde in Mähren. In: J. Tejral, K. Pieta, J. Rajtár (Hrsg.): *Kelten, Germanen und Römer im Mitteldonauegebiet vom Ausklang der Latène-Zivilisation bis zum 2. Jahrhundert*. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 3. Brno, Nitra: Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik Brno, Archäologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften Nitra, 21–37.
- Droberjar, E. 1997:** *Studien zu den germanischen Siedlungen der älteren römischen Kaiserzeit in Mähren*. *Fontes Archaeologici Pragenses* 21. Praha: Museum nationale Pragae.
- Droberjar, E. 1999:** Od plaňanských pohárů k vinařické skupině. *Sborník Národního muzea, řada A-historie* LIII(1–2), 1–58.
- Droberjar, E. 2006a:** Hornolabští Svěbové, Markomani. K problematice dalšího vývoje grossromstedtské kultury ve stupni Eggers B1 („Zeitgruppe 3“) v Čechách (dobřichovická skupina). *Archeologie ve středních Čechách* 10, 599–712.
- Droberjar, E. 2006b:** Plaňanská skupina grossromstedtské kultury. K chronologii germánských nálezů a lokalit v Čechách na sklonku doby laténské a v počátcích doby římské. In: E. Droberjar, M. Lutovský (eds.): *Archeologie barbarů 2005. Sborník příspěvků z I. protohistorické konference „Pozdně keltské, germánské a časně slovanské osídlení“*, Kounice, 20. – 22. září 2005. Praha: Ústav archeologické památkové péče středních Čech, 11–90.
- Droberjar, E. 2014a:** Germáni v Jevíčku a na Malé Haně v době římské. *Historica Olomucensia, Supplementum* II, 53–73.
- Droberjar, E. 2014b:** Poznámky ke studiu o nejstarší germánské keramice v Čechách a na Moravě. *Zborník Slovenského národného múzea* 108, *Archeológia* 24, 253–260.
- Droberjar, E., Kazdová, E. 1993:** Das Brandgräberfelder aus der römischen Kaiserzeit von Šitbořice in Mähren. *Acta musei moraviae, scientiae sociales* LXXVII, 97–149.
- Dunbar, R. I. M. 1993:** The Social Brain: Mind, Language, and Society in Evolutionary Perspective. *Annual Reviews in Anthropology* 32, 163–181.
- Earle, T. 1987:** Chieftoms in Archaeological and Ethnohistorical Perspective. *Annual Review of Anthropology* 16, 279–308.
- Earle, T. 1989:** The Evolution of Chieftoms. *Current Anthropology* 30(1), 84–88.
- Earle, T. 1997:** *How Chiefs Come to Power. The Political Economy in Prehistory*. Stanford: Stanford University Press.
- Earle, T. 2001:** Commodity flows and the evolution of complex societies. In: J. Ensminger (ed.): *Theory in Economic Anthropology*. Plymouth: Altamira Press, 81–103.
- Earle, T. 2011:** Chiefs, Chieftaincies, Chieftoms, and Chiefly Confederacies: Power in the Evolution of Political Systems. *Social Evolution and History* 10(1), 27–54.
- Elschek, K. 2009:** Der slowakische Abschnitt der Bernsteinstrasse im 1. Jahrhundert n. Chr. nördlich von Carnuntum und neue Grabfunde von Zohor. In: V. Salač, J. Bemmann (Hrsg.): *Mitteuropa zur Zeit Marbods*. Praha, Bonn: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, Praha, v. v. i., Vor- und Frühgeschichte Archäologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 239–250.
- Ernée, M. 1997:** Bemerkungen zu germanischen Siedlungsstrukturen in Nordwestböhmen am Beispiel der Mikroregion des Lomský-Baches. In: J. Michálek, K. Schmotz, M. Zápotocká (Hrsg.): *Archäologische Arbeitsgemeinschaft Ostbayern/ West- und Südböhmen. 6 Treffen 12. bis 15. Juni 1996 in Hluboká nad Vltavou*. Espelkamp: Verlag Marie Leidorf, 39–47.
- Feinman, G. M. 2013:** Emergence of Social Complexity. In: D. M. Carballo (ed.): *Cooperation and Collective Action*. Boulder: University Press of Colorado, 35–56.
- Frier, B. 2000:** Demography of the Early Roman Empire. In: A. Bowman, P. Garnsey, D. Rathbone (eds.): *The Cambridge Ancient History II. The High Empire, A.D. 70–192*. Cambridge: Cambridge University Press, 787–816.

- Gavrilov, L. A., Gavrilova, N. S. 1991:** *The Biology of Life Span: A Quantitative Approach*. New York: CRC Press.
- Härke, H. 2000:** Social analyses of mortuary evidence in German protohistoric archaeology. *Journal of Anthropological Archaeology* 19(4), 369–384.
- Hassan, F. A. 1981:** *Demographic Archaeology. Advances in Archaeological Method and Theory vol. 1*. New York: Springer, 49–103.
- Havlíček, P., Peška, J. 1992:** K osídlení dun v soutokové oblasti Moravy s Dyjí. *Jižní Morava* 28, sv. 31, 239–245.
- Hermann, J. (Hrsg.) 1973:** *Die germanischen und slawischen Siedlungen und das mittelalterliche Dorf von Tornow (Kr. Calau)*. Schriften zur Ur- und Frühgeschichte 26. Berlin: Akademie.
- Howell, N. 1986:** Demographic Archaeology. *Annual Review of Anthropology* 15, 219–246.
- Chamberlain, A. 2006:** *Demography in Archaeology. Manuals in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chamberlain, A. 2009:** Archaeological Demography. *Human Biology* 81(2). Special Issue on Demography and Cultural Macroevolution, 275–286.
- Chochol, J. 1963:** Antropologický rozbor žárových pozůstatků z pohřebiště římského období v Tišicích. *Památky archeologické* LIV, 438–466.
- Chochol, J. 1970:** Lidské pozůstatky ze žárového pohřebiště doby římské v Lužci nad Vltavou (o. Mělník). *Památky archeologické* LXI, 378–394.
- Chochol, J. 1980:** Lidské pozůstatky z pohřebiště římského období v Plotištích nad Labem. *Památky archeologické* LXXI, 335–359.
- Jelínková, D., Kavánová, B. 2002:** Soupis nalezišť z doby římské. In: S. Stuchlík (ed.): *Oblast vodního díla Nové Mlýny od pravěku do středověku*. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 20. Brno: Archeologický ústav Akademie věd České republiky Brno, 328–354.
- Jílek, J., Kuča, M., Sojková, T. 2011:** Pohřebiště z doby římské ve Velaticích. *Slovenská archeológia* LIX(2), 235–309.
- Jones, A., Montanarella, L., Jones, R. 2005:** *Soil Atlas of Europe. European Soil Berau Network European Commission*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Kalábek, M. 2000:** Germánské pohřebiště z přelomu letopočků v Dolanech (okr. Olomouc). *Pravěk* Nová řada 9/1999, 391–403.
- Kašpárek, F. 2008:** Germánské sídliště z doby římské ve Slatinicích na Olomoucku. In: E. Droberjar, B. Komoróczy, D. Vachútová (edd.): *Barbarská sídliště. Chronologické, ekonomické a historické aspekty jejich vývoje ve světle nových archeologických výzkumů*. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 37. Brno: Archeologický ústav AV ČR, Brno, v. v. i., 177–200.
- Koepke, N., Baten, J. 2005:** Climate and its Impact on the Biological Standards of Living in North-East, Centre-West and South Europe during the Last 2000 Years. *History of Meteorology* 2, 147–159.
- Kolbinger, D. 2013:** *Osídlení východního Kroměřížska a Přerovska v době římské a stěhování národů*. Hulín: Dalibor Kolbinger.
- Kolník, T. 1977:** Anfänge der germanischen Besiedlung in der Südwestslowakei und das Regnum Vannianum. In: *Symposium. Ausklang der Latène-Zivilisations und Anfänge der germanischen Besiedlung im mittleren Donaugebiet*. Bratislava: Veda, 143–171.
- Kolník, T. 1980:** *Römerzeitliche Gräberfelder in der Slowakei*. Archaeologica Slovaca. Fontes 14. Bratislava: Veda.
- Kolník, T., Varsík, V., Vladár, J. 2007:** *Branč. Germánska osada z 2. až 4. storočia*. Archaeologica Slovaca. Monographiae Catalogi X. Nitra: Archeologický ústav SAV Nitra.
- Komoróczy, B. 2018:** Obecná úvaha na téma utajení jako nástroj ochrany v archeologii. *Zprávy památkové péče* 78(1), 24–29.
- Komoróczy, B., Vlach, M. 2010:** Využití GIS pro výzkum římského vojenského zásahu na barbarské území ve střední Evropě v době markomanských válek. Úvod do problematiky a perspektivy. In: J. Beljak, G. Březinová, V. Varsík (eds.): *Archeológia barbarov 2009*. Archaeologia Slovaca Monographiae. Nitra: Archeologický ústav SAV Nitra, 247–290.
- Komoróczy, B., Vlach, M. 2011:** Types of Architecture of the Germanic Population and the Roman Army on the Territory north of the Middle Danube during the Marcomannic Wars. *Histria Antiqua* 20, 391–404.
- Komoróczy, B., Vlach, M. 2015:** Simulating archaeological models: Perspectives in Protohistory. In: S. Sázelová, M. Novák, A. Mizerová (eds.): *For-*

- gotten Times and Spaces. New Perspectives in paleoanthropological, paleoetnological and archeological studies.* Brno: Institute of Archeology of the Czech Academy of Sciences, Brno, v. v. i., Masaryk university, 494–506.
- Komoróczy, B., Vlach, M. 2017:** Archeologická stopa (vel)moci na nepřátelském území. *Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii* 19, 35–41.
- Komoróczy, B., Vlach, M., Hložek, M. 2014:** Detektorový nálezh římsko-provinciálního prolamovaného kování z Pavlova, Jihomoravský kraj. In: J. Čižmářová, N. Venclová, G. Březinová (eds.): *Moravské křižovatky. Střední Podunají mezi pravěkem a historií.* Brno: Moravské zemské muzeum, 767–784.
- Komoróczy, B., Vlach, M., Hüssen, C.-M. 2018:** Die Dislokation römischer Truppen im Kerngebiet der Markomannen. In: C. S. Sommer, S. Matešić (eds.): *Limes XXIII. Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Congress of Roman Frontier Studies Ingolstadt 2015.* Beiträge zum Welterbe Limes. Sonderband 4,1. Mainz: Nünnerich-Asmus Verlag, 305–313.
- Korotayev, A., Zinkina, J., Kobzeva, S., Bozhevolnov, J., Khaltourina, D., Malkov, A., Malkov, S. 2011:** A Trap at the Escape from the Trap? Demographic-Structural Factors of Political Instability in Modern Africa and West Asia. *Cliodynamics* 2(2), 276–303.
- Kramer, C. 1982:** *Village Ethnoarchaeology. Rural Iran in Archaeological Perspective.* New York: Academic Press.
- Krekovič, E. 2014:** Sociálna diferenciácia všeobecne a u Germánov zvlášť. In: B. Komoróczy (ed.): *Sociální diferenciace barbarských komunit ve světle nových hrobových, sídlištních a sběrových nálezů. (Archeologie barbarů 2011).* Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 44. Brno: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, Brno, v. v. i., 13–18.
- Krüger, B. 1987:** *Waltersdorf. Eine germanische Siedlung der Kaiser- und Völkerwanderungszeit im Dahme-Spree-Gebiet.* Berlin: Akademie Verlag.
- Křížek, M. 2007:** Údolní niva jako geomorfologický fenomén. In: J. Langhammer (ed): *Povodně a změny v krajině.* Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Ministerstvo životního prostředí ČR, 217–229.
- Kuna, M. 1991:** Structuring of prehistoric landscape. *Antiquity* 65(247), 332–347.
- Kuna, M. 2004:** Prostorová archeologie. In: M. Kuna a kol.: *Nedestruktivní archeologie. Teorie, metody a cíle.* Praha: Academia, 445–490.
- Lenz, K. H., Berke, H., Heussner, B. 1999:** *Siedlungen der römischen Kaiserzeit auf der Aldenhovener Platte.* Rheinische Ausgrabungen 54. Köln: Rheinland Verlag.
- Leube, A. (Hrsg.) 1998:** *Haus und Hof im östlichen Germanien.* Bonn: Verlag dr. Rudolf Habelt.
- Ložek, V. 1973:** *Příroda ve čtvrtohorách.* Praha: Academia.
- Ložek, V. 2003:** *Povodně a život nivy. Bohemia centralis* 26, 9–24.
- Ložek, V. 2007:** *Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru.* Praha: Dokořán.
- Ložek, V. 2010:** *Po stopách pravěkých dějů. O silách, které vytvářely naši krajinu.* Praha: Dokořán.
- Ludikovský, K., Souchopová, V. 1981:** An extensive iron-smelting centre of the late Roman period at Sudice, Malá Haná region (Moravia). In: J. Hrala (ed.): *Archaeological News in the Czech Socialist Republic. X<sup>e</sup> Congrès international des Sciences préhistoriques et protohistoriques, Mexico.* Prague, Brno: Institut d'archéologie de l'Académie des sciences Tchécoslovaque, 129–131.
- Malthus, T. R. 1798:** *An Essay on the Principle of Population.* London: St. Paul's Church-yard.
- Marquette, C. 1997:** *Turning but not Toppling Malthus: Boserupian Theory on Population and the Environment Relationship.* CMI Working Paper 16. Bergen: Chr. Michelsen Institute.
- Meduna, J. 1968:** Příspěvek k problematice pozdní doby laténské na Moravě. *Archeologické rozhledy* XX(1), 56–69.
- Meduna, J. 1980a:** *Die letenzeitlichen Siedlungen in Mähren.* Praha: Academia.
- Meduna, J. 1980b:** *Die latenzeitlichen Siedlungen und Gräberfelder in Mähren (Katalog).* Fontes Archaeologicae Moraviae 11. Brno: Archeologický ústav Československé akademie věd v Brně.
- McCormick, M., Büntgen, U., Cane, M. A., Cook, E. R., Harper, K., Huybers, P., Litt, T., Manning, S. W., Mayewski, P. A., More, A. F. M., Nicolussi, K., Tegel, W. 2012:** Climate Change during and after the Roman Empire: Reconstructing the Past from Scientific and Historical Evi-

- dence. *Journal of Interdisciplinary History* 43(2), 169–220.
- Motyková, K. 1976:** Die ältere römische Kaiserzeit in Böhmen im Lichte der neueren historisch-archäologischen Forschung. In: H. Temporini, W. Haase (eds.): *Aufstieg und Niedergang der Römischen Welt II, Principat 5/1*. Berlin: De Gruyter, 143–199.
- Musilová, M., Barta, P., Herucová, A. (eds.) 2014:** *Bratislavský hrad. Dějiny, výskum a obnova*. Bratislava: Mestský ústav ochrany pamiatok v Bratislave, Slovenské národné múzeum – Historické múzeum.
- Neustupný, E. 1983:** The Demography of Prehistoric Cemeteries. *Památky archeologické* LXXIV(1), 7–34.
- Neustupný, E. 1986:** Sídlní areály pravěkých zemědělců. *Památky archeologické* LXXVII, 226–276.
- Neustupný, E. 2000:** Predikce areálů archeologického zájmu. In: I. Pavlu (ed.): *In memoriam Jan Rulf*. Památky archeologické, Supplementum 13. Praha: Archeologický ústav AV ČR, 319–324.
- Neustupný, E. 2003:** Predikce živých areálů minulosti. In: E. Neustupný (ed.): *Příspěvky k prostorové archeologii I*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 155–171.
- Neustupný, E. 2007:** *Metoda archeologie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk.
- Neustupný, E. 2010:** *Teorie archeologie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk.
- Neustupný, E., Venclová, N. 1996:** Využití prostoru v laténu: region Loděnice. *Archeologické rozhledy* XLVIII(4), 615–642, 713–724.
- Nikulka, F. 2016:** *Archäologische Demographie. Methoden, Daten und Bevölkerung der europäischen Bronze- und Eisenzeiten*. Leiden: Sidestone Press.
- Odum, E. P. 1958:** *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: W. B. Saunders.
- Opravil, E. 1983:** *Údolní niva v době hradištní. (ČSSR – povodí Moravy a Poodří)*. Studie Archeologického ústavu Československé akademie věd v Brně XI(2). Praha: Academia.
- Panagos, P. 2006:** The European soil database. *GEO: connexion* 5(7), 32–33.
- Petersen, W. 1975:** A Demographer's View of Prehistoric Demography. *Current Anthropology* 16(2), 227–245.
- Pieta, K. 2008:** *Keltské osídlenie Slovenska. Mladšia doba laténska*. Nitra: Veda.
- Pitts, L. F. 1989:** Relations between Rome and the German "Kings" on the Middle Danube in the First to Fourth Centuries A.D. *The Journal of Roman Studies* 79, 45–58.
- Pleiner, R., Rybová, A. et al. 1978:** *Pravěké dějiny Čech*. Praha: Academia.
- Pleinerová, I. 1995:** *Opočno. Ein Brandgräberfeld der jüngeren und späten Kaiserzeit in Nordwestböhmen*. Kraków: Secesja.
- Pokorný, P., Dreslerová, D. 2007:** Vývoj krajiny v holocénu. In: Kuna, M. (ed.): *Pravěké dějiny Čech 1. Pravěký svět a jeho poznání*. Praha: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., 38–50.
- Poláček, L. 1999:** Prehistorie a historie údolní nivy. In: J. Šefer, V. Stanová (eds.): *Aluviálně lúky rieky Moravy. Význam, obnova a manažment*. Bratislava: Daphne, 25–36.
- Polgar, S. 1972:** Population History Policies from an Anthropological Perspective. *Current Anthropology* 13(2), 203–211.
- Pollak, M. 1980:** *Die germanischen Bodenfunde des 1.–4. Jahrhunderts n. Chr. im nördlichen Niederösterreich*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Pollak, M. 2009:** Frühgeschichtliche Siedlungen an der unteren March, Niederösterreich. Kontinuität einer Kulturlandschaft. *Přehled výzkumů* 50, 153–179.
- Read, D. W., LeBlanc, S. A. 2003:** Population Growth, Carrying Capacity and Conflict. *Current Anthropology* 44(1), 59–85.
- Renfrew, C. 2009:** Demography and Archaeology. *Human Biology* 81(2). Special Issue on Demography and Cultural Macroevolution, 381–384.
- Rulf, J. 1994:** Pravěké osídlení střední Evropy a niva. In: J. Beneš, V. Brůna (eds.): *Archeologie a krajinná ekologie*. Most: Nadace Projekt sever. 55–64.
- Salač, V. 2008:** Doba římská a stěhování národů. In: V. Salač (ed.): *Archeologie pravěkých Čech 8. Doba římská a doba stěhování národů*. Praha: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., 17–126.
- Salač, V. 2009:** 2000 Jahre seit dem römischen Feldzug gegen Marbod und methodische Probleme der Erforschung der älteren römischen Kaiserzeit in Böhmen

- und Mitteleuropa. In: V. Salač, J. Bemann (Hrsg.): *Mitteleuropa zur Zeit Marbods*. Praha, Bonn: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Vor- und Frühgeschichte Archäologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 107–138.
- Service, J. 1971:** *Primitive Social Organization. An Evolutionary Perspective*. New York: Random House.
- Schacht, R. M. 1980:** Two Models of Population Growth. *American Anthropologist* NS 82(4), 782–798.
- Schacht, R. M. 1981:** Estimating Past Population Trends. *Annual Review of Anthropology* 10, 119–140.
- Scheidel, W. 2007:** Demography. In: W. Scheidel, I. Morris, R. Saller (eds.): *The Cambridge Economic History of the Greco-Roman World*. Cambridge: Cambridge University Press, 38–86.
- Scheidel, W. 2011:** Progress and problems in Roman demography. In: W. Scheidel (ed.): *Debating Roman Demography*. Mnemosyne, Supplement 211. Leiden: Brill, 1–82.
- Schuldt, E. 1976:** *Perdöhl. Ein Urnenfriedhof der späten Kaiserzeit und der Völkerwanderungszeit in Mecklenburg*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Schultz, T. 1961:** Investment in human capital. *The American Economic Review* 51(1), 1–17.
- Smrž, Z. 1994:** Vývoj osídlení v mikroregionu Lužického potoka na Kadaňsku (severozápadní Čechy). Část 1. *Archeologické rozhledy* XLVI, 345–393.
- Steuer, H. 1982:** *Frühgeschichtliche Sozialstrukturen in Mitteleuropa*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Steuer, H. 2006:** Warrior Bands, War Lords, and the Birth of Tribes and States in the First Millennium AD in Middle Europe. In: T. Otto, H. Thrane, H. Vandkilde (eds.): *Warfare and Society. Archaeological and Social Anthropological Perspective*. Aarhus: Aarhus University Press, 227–236.
- Stloukal, M. et al. 1999:** *Antropologie. Příručka pro studium kostry*. Praha: Národní muzeum.
- Stuchlík, S. (ed.) 2002:** *Oblast vodního díla Nové Mlýny od pravěku do středověku*. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 20. Brno: Archeologický ústav Akademie věd České republiky Brno.
- Stuppner, A. 2008:** Stand der archäologischen Forschungen zu den römischen Vormarschtrassen und Befestigungsbauten in Österreich. In: J.-S. Kühnborn u. a.: *Rom auf dem Weg nach Germanien: Geostrategie, Vormarschtrassen und Logistik*. Bodentalertümer Westfalens 45. Mainz: Philip von Zabern, 49–67.
- Stuppner, A. 2009:** Das norisch-pannonische Limesvorland im nördlichen Niederösterreich zur Zeit des Marbodreiches – Zum Forschungsstand. In: V. Salač, J. Bemann (Hrsg.): *Mitteleuropa zur Zeit Marbods*. Praha, Bonn: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Vor- und Frühgeschichte Archäologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 203–216.
- Šedo, O. 1991:** Příspěvek k poznání germánských sídlišť doby římské na Moravě. In: J. Peška a kol.: *Královská hrobka z Mušova*. Mikulov: Regionální muzeum, 22–28.
- Šedo, O. 1993:** Význam sběrů a záchranných akcí pro poznání sídlišť z doby laténské a římské v prostoru Vyškovské brány. In: *100 let muzejní práce na Vyškovsku 1893–1993*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 111–118.
- Šefrna, L. 2007:** Vznik a vývoj nivy z pedogeografického hlediska. In: J. Langhammer (ed.): *Povodně a změny v krajině*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Ministerstvo životního prostředí ČR, 209–215.
- Tacitus P. C.:** *Dialogus, Agricola, Germania*. Translated by W. Peterson. Loeb's Library, 1914. London, New York.
- Taintner, J. A. 1988:** *The collapse of complex societies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tejral, J. 1970a:** K interpretaci severovýchodních prvků v hmotné kultuře moravské oblasti na sklonku starší doby římské. *Památky archeologické* LXI(1), 184–215.
- Tejral, J. 1970b:** Počátky doby římské na Moravě z hlediska hrobových nálezů. *Študijné zvesti Archeologického ústavu Slovenskej akadémie vied* 18, 107–192.
- Tejral, J. 1977:** Die älteste Phase der germanischen Besiedlung zwischen Donau und March. In: *Symposium. Ausklang der Latène-Zivilisation und Anfänge der germanischen Besiedlung im mittleren Donauebiet*. Bratislava: Veda, 307–342.
- Tejral, J. 1993:** Na hranicích impéria (doba římská). In: V. Podborský (ed.): *Pravěké dějiny Moravy*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 424–470.

- Tejral, J. 1999:** Zum Stand der archäologischen Forschung über den römischen militärischen Eingriff in Gebieten nördlich der Donau. *Přehled výzkumů* 39 (1995–1996), 81–164.
- Tejral, J. 2002:** Die germanische Silberfiebel von Mušov und ihr archäologisch-historisches Umfeld. *Slovenská archeológia* XLIX, 203–247.
- Tejral, J. 2006:** Die Giebereiwerkstatt von Pasohlávky (Bez. Břeclav). Ein Beitrag zur Frage der kulturellen Fernbeziehungen nach den Markomannen-riegen. *Památky archeologické* XCVII, 133–170.
- Tejral, J. 2008:** Ke zvláštnostem sídlištního vývoje v době římské na území severně od středního Dunaje. In: E. Droberjar, B. Komoróczy, D. Vachútová (eds.): *Barbarská sídliště. Chronologické, ekonomické a historické aspekty jejich vývoje ve světle nových archeologických výzkumů*. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 37. Brno: Archeologický ústav AV ČR, Brno, v. v. i., 67–98.
- Tejral, J. 2009:** Das Gebiet nördlich der mittleren Donau zur Zeit Marbods. In: V. Salač, J. Bemmann (Hrsg.): *Mitteuropa zur Zeit Marbods*. Praha, Bonn: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Vor- und Frühgeschichte Archäologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 149–202.
- Turchin, P. 1995:** Population Regulation: Old Arguments and a New Synthesis. In: N. Cappuccino, P. W. Price (eds.): *Population Dynamics. New Applications and Synthesis*. New York: Academic Press, 19–40.
- Turchin, P., Gavrillets, S. 2009:** Evolution of Complex Hierarchical Societies. *Social Evolution & History* 8(2), 167–198.
- Vachútová, D., Vlach, M. 2011:** K možnostem identifikace a poznání pohřebišť z doby římské na Moravě. In: E. Droberjar (ed.): *Archeologie barbarů 2010. Hroby a pohřebišť Germánů mezi Labem a Dunajem*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 39–64.
- Varsík, V. 2009:** Zur Datierung der älterkaiserzeitlichen Siedlungen in der Südwestslowakei. In: V. Salač, J. Bemmann (Hrsg.): *Mitteuropa zur Zeit Marbods*. Praha, Bonn: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Vor- und Frühgeschichte Archäologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 217–237.
- Venclová, N. a kol. 2008:** *Hutnický region Říčansko*. Praha: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i.
- Vlach, M. 2015:** Germanic Settlement Structure in the Middle Danube Region as a Complex System of Agent-Based Modeling. In: L. Vagalinski, N. Sharankov (eds.): *LIMES XXII. Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Congress of Roman Frontier Studies Ruse, Bulgaria, September 2012*. Bulletin of the National Archaeological Institute XLII. Sofia: NAIM-BAS, 741–748.
- Vlach, M. 2016:** *Projevy římsko-germánských konfrontací na Moravě na základě geoinformačních systémů*. Rkp. disertační práce. Uloženo: Archeologický ústav SAV, Nitra.
- Voss, H. U. 1991:** Bestattungssitten während der späten Römischen Kaiser- und Völkerwanderungszeit in Mecklenburg-Vorpommern. Bemerkungen zum Forschungsstand. In: F. Horst, H. Keiling (Hrsg.): *Bestattungswesen und Totenkult*. Berlin: Akademie-Verlag Berlin, 187–208.
- Waldhauser, J. 2001:** *Encyklopedie Keltů v Čechách*. Praha: Libri.
- Wenskus, R. 1992:** Die neuere Diskussion um Gefolgschaft und Herrschaft in Tacitus' Germania. In: G. Neumann, H. Seemann (Hrsg.): *Beiträge zum Verständnis der Germania des Tacitus. Bericht über die Kolloquien der Kommission für die Altertumskunde Nord- und Mitteleuropas im Jahre 1986 und 1987*. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Philologisch-historische Klasse. Dritte Folge 195. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 311–331.
- Wiessner, P. 1974:** A function estimator of population from floor area. *American Antiquity* 39, 343–349.
- Wilensky, U. 1999:** *NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL* [online]. ©1999–2016 [cit. 2018-10-19]. Dostupné z: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.
- Wilson, A. 2011:** City Size and Urbanization in the Roman Empire. In: A. Bowman, A. Wilson (eds.): *Settlement, Urbanization, and Population*. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford, New York: Oxford University Press, 161–195.
- Winterhalder, B., Lu, F., Tucker, B. 1999:** Risk-Sensitive Adaptive Tactics: Models and Evidence from Subsistence Studies in Biology and Anthropology. *Journal of Archaeological Research* 7(4), 301–348.
- Wolfram, R. 1997:** *The Roman Empire and its Germanic Peoples*. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press.

**Wood, J. W. 1998:** A Theory of Preindustrial Population Dynamics Demography, Economy and Well-Being in Malthusian Systems. *Current Anthropology* 39(1), 99–135.

**Zeman, J. 1961:** *Severní Morava v mladší době římské. Problémy osídlení ve světle rozboru pohřebišť z Kostelce na Hané.* Monumenta archaeologica IX. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.

**Zeman, T. 2017a:** Příspěvek k poznání nejstaršího germánského osídlení Moravy optikou nových povrchových nálezů. *Slovenská archeológia* LXV, 279–319.

**Zeman, T. 2017b:** *Střední Pomoraví v době římské.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta.

**Zeman, T. 2018:** Střední Pomoraví v době římské. Svědectví povrchové prospekce. *Archeologia Olomouciensia* – Tomus II. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

**Zimmermann, A., Hilpert, J., Wendt, K. P. 2009:** Estimations of Population Density for Selected Periods Between the Neolithic and AD 1800. *Human Biology* 81(2). Special Issue on Demography and Cultural Macroevolution, 357–380.

## Resumé

### Demografické modelování a simulace barbarských populací „markomanské“ sídelní zóny středního Podunají

Aplikace metod digitálního modelování při řešení některých strukturálních problémů a široké škály vědeckých otázek archeologie umožňuje prozkoumat novou dimenzi informačního potenciálu. Zaniklé lidské společnosti, jejich sídelní struktury a společenské organizace lze chápat z určitého hlediska jako komplexní systémy, jejichž strukturu a dynamiku lze za určitých předpokladů explicitně formalizovat. Metody digitálního modelování a agentních simulací (Agent-based modelling; ABM) představují metodologický rámec studia testování teoretických otázek, modelů a jejich vnitřních souvislostí z kvalitativních a kvantitativních hledisek. Explicitně formulovaný digitální model „umělé“ populace (např. Danielisová, Štekerová 2015) může být konstruován na základě širokého spektra dostupných pramenů, odhadů a existujících teoretických modelů relevantních disciplín, přičemž v tomto případě byla pozornost zaměřena na germánské osídlení středního Podunají (Morava, západní Slovensko – Záhorie a Dolní Rakousko na se-

ver od Dunaje). Hlavním cílem je vytvoření digitálního modelu, který by odrážel dostupné archeologické prameny a odhady o germánské sídelní struktuře a možném demografickém vývoji od 1. století n. l. do období markomanských válek. Podobné aplikace metod komplexního modelování v oblasti archeologické demografie přirozeně obsahují širokou škálu metodických problémů a specifickým způsobem reflektují omezení vyplývající z charakteru a reprezentativnosti vstupních dat různé povahy, nicméně tento pokus představuje pilotní úsilí počáteční fáze implementace metody pro studium základních demografických parametrů studovaného kontextu.

Tvorba modelu byla motivována několika cíli. Výsledky demografického modelování nemají konotaci pouze k samotné germánské společnosti a její struktuře, ale také k povaze a dynamice římsko-barbarských konfrontací, zejména pak jedné z nejvýznamnějších v průběhu tzv. markomanských válek. Hlavním předpokladem pro aplikaci metod digitálního modelování a simulace za pomoci multiagentního modelování v otázkách sídelní struktury studované oblasti je pojetí germánské sídelní struktury jako komplexního systému, jehož základní dynamiku lze na základě podstatných „proxy“ dat různých relevantních disciplín (společenských a přírodovědných) prostřednictvím redukce komplexity modelovat a simulovat. Přestože jsou jednotlivé prvky modelu (agentní entity, prostředí modelu, principy a pravidla chování a interakcí entit) odvozeny především z archeologického záznamu, jeho rozlišení a obecně charakterizovaná pravidla chování (např. vývoj populace, migrace apod.) vytvářejí rámcový prostor pro testování základních předpokladů dynamiky, neboť nelze logicky zahrnout všechny rozhodující faktory. V procesu tvorby modelu však jde o definování, stanovení a využití především těch, které mají nenáhodný vliv na základní charakter systému v empirické rovině.

Prostřednictvím simulací několika předdefinovaných scénářů se snažíme rekonstruovat základní trajektorie vývoje germánského osídlení v prostoru středního Podunají a jejich projev v časoprostorovém strukturování sídelních areálů od počátků sídelních aktivit po počátek výrazně turbulentních událostí konfliktu markomanských válek. Vývoj osídlení v rámci studovaného regionu po přelomu letopočtu dokumentují spíše ojedinělé a nestratifikované nálezy, kdy nejvíce stop pochází z JV části tohoto regionu (obr. 1). Doposud známé doklady germánského osídlení v rámci zkoumané oblasti ukazují evidentní nárůst osídlení od konce 1. a obecně pak výraznější měrou v průběhu 2. století n. l., s významným objemem těchto pramenů v jeho 2. polovině (obr. 2; srov. Droberjar 1997, 134 n.). Právě zkoumání podstaty tohoto jevu představuje jednu z hlavních výchozích teoretických otázek tvorby digitálního modelu. Vývoj germánské společnosti v prostoru středního Podunají jistě nebyl v žádném směru lineární (dokumentovaná dynamika politických struktur).

Osídlené území doby římské středního Podunají se podle teorie komunitních areálů strukturuje na řadu areálů aktivit (různých archeologických komponent) na základě své původní funkce a účelu (např. Neustupný 2010, 150–159). V dosavadní pramenné bázi jsou rozlišovány prakticky výhradně sídlištní (resp. rezidenční) a hrobové (funerální) areály (srov. Droberjar 1997; Vachůtová, Vlach 2011). Přirozeně pro různé aktivity sloužily různé typy areálů, jejichž stopy se však nemusely dochovat v archeologickém záznamu. Příkladem doložitelných aktivit hospodářského charakteru, které lze prostorově a formálně oddělit od dvou dominantních areálů aktivit, jsou např. hutnické areály jako Sudice (Ludikovský, Souchopová 1981) či region Loděnického potoka (Neustupný, Venclová 1996). Z hlediska paleodemografie jsou však rezidenční a funerální komponenty klíčové. Sídlištní komponenty v simulaci představují stěžejní dynamický prvek vývoje systému sídelní struktury, pohřebiště jsou pasivním prvkem, který však svojí polohou strukturuje prostor sídelní zóny (rezidenční areál nemůže vzniknout na aktivním pohřebním areálu, případně několik "spádových" komunit/sídlišť využívalo společně danou nekropoli apod.) a je jedním z hlavních demografických výstupů.

Volba velikosti a umístění prostředí modelu má za cíl odrážet v generalizovaném měřítku reálný prostorový kontext germánského sídelního území Moravy, Dolního Rakouska a Slovenského Pomoraví západně od Malých Karpat (sídelní zóna Podunajských Markomanů) a vytváří tak explicitní geografický rámec pro simulaci různých demografických scénářů, které by bez prostorové vazby produkovaly pouze výsledky s obecnou platností (obr. 3). Užití reálného geografického kontextu modelu je podmíněno cílením otázek v konkrétních prostorových souvislostech zahrnujících řadu různorodých krajinných fenoménů (aluviální krajiny, pahorkatiny, pohoří), které jsou určující pro dynamiku celého systému z hlediska prostorové distribuce příslušných agentních entit, které v modelu reprezentují rezidenční a pohřební areály. Pro jeho definování byly použity výsledky získané prostřednictvím základní prostorové a statistické evaluace proměnných fyzické krajiny, které měly vliv na výběr rezidenčních areálů.

Jedním z nejvýznamnějších pramenů pro rekonstrukci paleodemografických parametrů zaniklých společností bez podrobnějších kvantitativních dat (např. epigrafické či obdobné formy podrobnějších pramenů) jsou pohřebiště a hroby. Úmrtnostní tabulky sestavené na základě antropologického rozboru mohou poskytnout podklady nutné pro odhadování zejména hodnot tzv. funkce dožití či průměrného počtu jedinců v rámci pohřbívací populace. Pro studium germánských komunit je přirozeně značným problémem forma žárovního pohřebního ritu, který v podstatné míře transformuje antropologický materiál, a snižuje tak možnosti přesnějšího určení stáří, pohlaví a zjištění dalších informací o pohřbívacím obyvatelstvu (zdravotní stav

apod.). Nicméně antropologické vyhodnocení některých germánských nekropolí (např. Plotička nad Labem, Tišice, Třebusice či Šitbořice) umožnilo alespoň rámcově stanovení základních demografických parametrů (srov. Chochol 1980). Jedním z významných a často odvozovaných parametrů je pak tzv. velikost pohřbívací populace (tab. 1), kterou lze rámcově stanovit na základě velikosti pohřebiště, doby jeho aktivní funkce a hodnot odhadované délky dožití při narození (Acsádi, Nemeskéri 1970, 65–66). V průměru se na základě dostupných dat tato hodnota činí 38 s poměrně vysokou variabilitou se standardní chybou 22. Při předpokladu využívání nekropolí více komunitami je to v korelaci s odhady velikosti průměrné protohistorické zemědělské komunity (zhruba 4 rodiny), založenými na podrobně prozkoumaných mikroregionech (např. Dreslerová 1995; 1996; Neustupný, Venclová 1996).

Významné nepřímé prameny k demografickým odhadům a kalkulacím obsahují také rezidenční areály germánských sídelních struktur – tzv. sídliště (Chamberlain 2006, 126–128). Při definování parametrů a vstupních dat pro tvorbu modelu jsme odkázáni na dosavadní stav výzkumu, který přestože čítá v oblasti naddunajského barbara mnoho stovek položek, reprezentativnější data vzhledem k počtu celkově prozkoumaných sídlišť spíše absentují (srov. Droberjar 1997, 9–14). Většina terénních výzkumů však pokrývá v lepším případě zřetelně pouze část sídlištního areálu, a tak lze obtížně určovat hodnoty hustot obydlí na ploše sídlištní komponenty. Při odhadu variability velikosti sídlištních areálů je z uvedených příčin vhodnější použít interval mezi průměrem a maximem počtu zjištěných obydlí (graf 1). Minimální hranice je jasně zatížena chybou vyplývající z rozsahu prozkoumání jednotlivých lokalit. Doposud prozkoumané sídlištní komponenty prakticky z celého průběhu doby římské na území středního Podunají kromě rozsahu vykazují poměrně malou variabilitu a omezené indicie pro jejich vertikální hierarchii (Komoróczy, Vlach 2011b; Droberjar 1997, 17–19). Až na některé výjimky se definuje jejich základní charakter jako nížinná otevřená sídliště (či dvorce), která kromě počtu zachycených stop obytných staveb (silně závislých na rozsahu terénních výzkumů a lokálních podmínkách) a nevykazují významné odlišnosti v archeologickém záznamu. V případě archeologických projevů interpretovaných jako stopy obydlí kromě variability uspořádání sloupových jam nosné konstrukce nevykazují významnější variabilitu v rozsahu obytné plochy, která bývá zpravidla pokládána za jedno z východisek pro úvahy o velikosti rodiny a zprostředkovaně o počtu obyvatel rezidenčního areálu obecně. Pro standardní velikost obydlí odpovídající dominantně zastoupenému typu obytné stavby budované ve středním Podunají v době římské se předpokládá obývání jednou rodinou o velikosti 4–6 jedinců (např. Dreslerová 1995; Hassan 1981; Chamberlain 2006, 52; Neustupný 1983, 144; 2010, 244).



Při odhadu velikosti jednotlivých komunit na základě terénních dokladů rezidenčních areálů je nutné též brát v úvahu dobu existence a současnost jednotlivých obydlí/usedlostí, která na základě depozičních a postdepozičních procesů nemusí být prostřednictvím archeologických datovacích prostředků zřetelná (např. události v rámci horizontu jedné generace). Doklady obytných areálů z moravského a dolnorakouského nálevoého prostředí bohužel neposkytují dostatek dat pro verifikaci základních teoretických modelů o „standardní“ velikosti germánských sídlišť a průměrném počtu jejich obyvatel (graf 1). Kromě časoprostorových struktur uvnitř samotných germánských sídlišť neméně významnou proměnnou představuje vzdálenost mezi rezidenčními areály jednotlivých komunit, kterou lze odvozovat pouze v několika málo případech na základě podrobněji prozkoumaných „mikroregionech“ (obr. 4–7).

Klíčovou proměnnou paleodemografických kalkulací je hustota osídlení. Při odhadech archeologické demografie se zpravidla rozlišuje lokální a globální hustota (Zimmermann et al. 2009, 373). Rozdíl spočívá ve výpočtu hustoty vůči rozsahu pouze sídelního areálu nebo celého území. Obecný charakter shlukování sídlištních komponent v éře zemědělského hospodářství pravěku a protohistorie nasvědčuje převládajícím kooperačním vztahům ve společnosti z mnoha různých důvodů. Z hlediska geografie („site-catchment“ principy, např. Kuna 2004) je lze předpokládat minimálně na úrovni jednotlivých komunit, jejichž archeologizovaným dokladem je sídlištní komponenta, resp. rezidenční areál. Přestože subsistenční strategie a autarkní způsob hospodářství patrně umožňovaly jednotlivým komunitám relativní soběstačnost, hustota sociálních vztahů je v případě strukturování sídlištních areálů zjevná a vzhledem k uplatňování principů exogamie a realizaci elementárních ekonomických vztahů pravděpodobně velmi významná (Neustupný 2010, 241–247). V případě sociální diferenciaci, patrně z archeologické pramenné báze doby římské (zejména na základě pohřebišť), shledáváme obraz spíše méně strukturované společnosti, jejíž existence je podmíněna sítí společenských vztahů, které hierarchicky definují vztahy mezi jedinci, rodinami i celými komunitami.

Samotná digitální reprezentace studované sídelní struktury byla vytvořena v rámci volně dostupného software NetLogo (Wilensky 1999) pro tvorbu agentních modelů (obr. 8). Vstupní data byla pak vytvořena v rámci GIS software ArcGIS Desktop 10.6 (ESRI). Rozloha celkového zkoumaného území v rámci agentního modelu činí 32.300 km<sup>2</sup> při délkách stran území 170 (V–Z) a 190 (S–J) km (obr. 3). Rozlišení buňky rastru bylo stanoveno na 500 × 500 m (dimenze rastru 340 × 380 m). Prostor je v multiagentním modelu reprezentován rastrem (mřížkou) s daným počtem buněk o shodné velikosti stran (diskrétní prostor), rozlišením a definovanými proměnnými (každá buňka může obsahovat libovolný počet nominálních, kardinálních a di-

chotomických proměnných). Tímto způsobem lze vyjádřit formální mnohorozměrnost modelového prostoru a při jednotlivých iteracích v průběhu simulace provádět kalkulace na základě jejich hodnot. Pro odvození hlavní vstupní datové vrstvy „preferencí“ sídelních aktivit (obr. 13), která poskytuje během simulace východisko pro rozhodovací procesy vzniku a výsledné distribuce rezidenčních areálů a jejich zázemí, byly na základě reprezentativního zastoupení vlivu v případě empirických dat vybrány proměnné z oblasti geomorfologie (sklony svahů, obr. 10, graf 2, tab. 2), hydrologie (nákladová dostupnost rekonstruované říční sítě, obr. 9; strukturující role páteřních vodních toků regionu, obr. 12) a kvality půd (obr. 11, tab. 3, graf 3). Do rámce dynamiky vývoje osídlení byly též zahrnuty předpoklady migrace prvotních germánských populací v průběhu 1. století či variabilita délky trvání jednotlivých komunit, sledovatelných v archeologickém záznamu, ačkoli jejich příčiny (ekonomické aspekty, vývoj politických vztahů, římsko-barbarské konfrontace apod.) jsou často nejasné a jejich vývoj v prostoru a projev v archeologickém záznamu může nabývat různých forem.

Z charakteru hlavních vstupních dat a nastavení modelu, zejména velikosti populace rezidenčních areálů (testovací intervaly 5–10 a 5–20 usedlostí na jedno sídliště) a nároků na velikost hospodářského zázemí potřebného pro realizaci jejich subsistenčních aktivit (15, 20 a 25 ha na jedno sídliště), vyplývá, že testované scénáře pro odhady potenciálního počtu obyvatel byly založeny právě na těchto dvou proměnných a jejich variabilitě (tab. 4, obr. 14, 18). Komparace jejich vlivu na kvantitativní charakteristiky demografie germánských populací na základě výsledků v rámci jednotlivých modelů umožnila stanovení pravděpodobnostního intervalu počtu obyvatel modelovaného území, rámcově 130 až 210 tisíc obyvatel. Tento rozsah je však vnitřně strukturovaný, a lze ho omezit o „extrémní“ scénáře na obou stranách. Zúžený pravděpodobnostní interval by pak bylo možné stanovit na zhruba 150 až 190 tisíc obyvatel. Hustota lidských sídel by se v rámci předpokládatelného rozsahu sídelní zóny (cca 13 tisíc km<sup>2</sup>) při počtu mezi 4 až 7 tisíci sídlišť pohybovala mezi 0,2 až 0,5 sídel na km<sup>2</sup> a hodnoty lokální hustoty populace v rozmezí 10 až 15 obyvatel na km<sup>2</sup> (obr. 15–17).

Podle vstupního intervalu počtu usedlostí na jeden sídelní areál se jejich výsledný počet pohyboval rámcově mezi 5 až 7 tisíci. Pro srovnání kalkulovaných odhadů celkového počtu obyvatel lze uvést dostupné odhady z Čech. Pro dobu laténskou se v současnosti odhady pohybují mezi 160 až 200 tisíci obyvatel včetně oppidálního prostředí (Waldhauser 2001, 23; Salač 2008, 42). Pro dobu římskou jsou pak realističtější odhady zhruba na stejné úrovni (Salač 2008, 54). Při velikosti germánské sídelní zóny o velikosti zhruba 13 tisíc km<sup>2</sup> lze pak odhadnout hodnoty lokální hustoty osídlení v rozmezí 12,3 až 15,4 obyvatel na km<sup>2</sup>. Některé odhady však kalkulují až s půlmilionovou populací Čech doby římské

(Motyková 1976, 181; Pleiner, Rybová 1978, 722), což by představovalo hodnoty 38,5 lokální a 3,4 globální hustoty populace na km<sup>2</sup>. Jak již bylo uvedeno, odvozovat hodnoty lokální hustoty není ideální vzhledem k strukturování a vnitřní variabilitě sídelního areálu.

Během simulací bylo rovněž záměrem sledovat vliv prostorové distribuce sídelních areálů podle prahové hodnoty maximální dostupnosti pohřebních areálů. V rámci simulace vývoje sídlení struktury je vznik nového sídliště, resp. sídelního areálu spojen se vznikem nového pohřebiště, či s využitím existujícího v rámci dostupnosti, která byla testována na třech hladinách – 1, 2 a 3 km (obr. 19), které měly ve výsledku vliv na celkové strukturování hlavních charakteristik modelovaných pohřebních areálů (průměrný počet pohřbů na pohřebišti či počet pohřbívacích komunit). Modelované výsledky umožňují kvantifikovat některé aspekty římského vojenského zásahu do studované oblasti, především je tomu tak v rámci klíčové etapy vývoje regionu v období markomanských válek. Zvýšená mobilita obyvatel v tomto období je zmiňována v písemných pramenech a také doložena v archeologickém záznamu (srov. Tejral 2006), avšak základní odhady umožňují kalkulovat pravděpodobnou velikost populace okupovaného území. Pokud tyto demografické procesy skutečně měly zásadní impakt do lokálních sídelních struktur, bylo by možné uvažovat o nižších hodnotách z celkového pravděpodobnostního intervalu odhadů celkového počtu obyvatel. Zcela neopomenutelný je význam hustoty germánských sídel v prostoru vzhledem k celkové strategické koncepci i podmínek realizace velkoplošné okupace germánského sídelního území (srov. Komoróczy, Vlach 2010). Podmínky průchodu krajinou by pak faktorem hustoty osídlení (a zprostředkovaně úrovně stavu sukcese zejména lesní vegetace) byly přinejmenším ovlivněny. Tato otázka se také týká podmínek pro zakládání římských vojenských instalací (zejména krátkodobých táborů) v rámci studované oblasti. V mnoha případech byla dokumentována superpozice těchto zařízení a germánských rezidenčních areálů (srov. Komoróczy, Vlach 2010, 252–254).

Výsledky modelované sídelní struktury zároveň umožňují mj. verifikovat kvantitativní data dostupných literárních pramenů. Již mnoho rozborů poukázalo na problémy spojené s kvantitativní povahou údajů obsažených v dostupných literárních pramenech pro toto i další období (obr. 20). Některé zmínky o počtech zajatců (v desítkách tisíc) navrácených zpět Římu se v rámci předpokládaných populačních poměrů na území středodunajského barbarika jeví poměrně problematicky. Počet zajatců získaných Germány při bojích a drancování provincie Pannonie by tak představoval až polovinu celé germánské populace. Jejich přítomnost zároveň generuje otázku jejich absence v archeologickém záznamu. Jednou z často uváděných informací kvantitativní povahy k přítomnosti římských armád na území středního Podunají je údaj o vojenské

síle v počtu 20 tisíc mužů (jak pro markomanskou tak kvádskou sídelní zónu) od Cassia Diona, která měla oblast naddunajského barbarika v posledních fázích konfliktu trvale a kompletně okupovat, a podle historické narace značně znesnadňovat životní podmínky místních lidí (např. Tejral 1999). Pokud lze v rámci modelovaného počtu obyvatelstva uvažovat zhruba 20% bojeschopné populace, v případě užšího odhadovaného intervalu by to představovalo zhruba 30 až 38 tisíc bojovníků. Pokud by existovala možnost, že se narativní prameny v tomto ohledu blíží reálnému stavu, jednalo by se o relativně srovnatelné velikostní kategorie. V konfliktu markomanských válek jsou však jmenovány mnohé další kmeny, které se ve středním Podunají zapojovaly do loupeživých nájezdů a vojenských střetů. Zároveň lze předpokládat, že když se dějiště konfliktu přesunulo na germánské území, barbarské populace již byly v blíže nespécifikovatelném objemu redukovány v důsledku bezprostředně předcházejících střetů. Při konfliktech s politickými entitami na úrovni náčelnictví (zejména barbarské komunity) se však Řím často nacházel v početní nevýhodě, avšak rozdíl ve vojenské technologii a organizaci tuto nevýhodu kompenzoval.

Prostorové aspekty výsledků modelované distribuce lokální hustoty osídlení zároveň poukazují na zjevné disproporce pozorovaných (archeologický záznam) a očekávaných (pravděpodobnostní mapy vzniklé na základě simulací) výskytů. Přirozeně charakter empirických dat není prostorově ani kvalitativně reprezentativní a odpovídá stavu poznání v konkrétních regionech. V obecné míře však vyšší modelované hustoty osídlení při komparaci s doloženými výskytů vykazují očekávatelně vysokou korelaci. Otázkou je např. nesoulad předpokládatelně vhodných podmínek pro osídlení v nížinném prostoru Vídeňské pánve severně od toku Dunaje, kde při srovnání s ostatními oblastmi regionu postrádáme výraznější stopy osídlení (srov. Pollak 1980), a který je tak v ostřejším kontrastu s nálezovým prostředím podél dolního k toku řeky Moravy (obr. 2, 17). Je však třeba dodat, že koncepce a výsledky modelu jsou přímo úměrně omezením daným neúplností primárních dat a teoretických modelů vyplývajícím z jejich generalizace. Přestože prezentovaný pokus modelování zaměřený na základní demografické vlastnosti poskytuje určité kvantitativní a časoprostorové poznatky, obohacení dostupných a stále přibývajících poznatků poskytuje prostor pro zahrnutí dalších informací, které v budoucnu mohou vést ke zpřesnění tohoto typu výstupů.

## Contact

**Marek Vlach**

The Czech Academy of Sciences  
Institute of Archaeology  
Čechyňská 363/19  
CZ-602 00 Brno  
vlach@arub.cz

**RADKA KNÁPEK, ONDREJ ŠEDO**

MANIPULACE S TĚLY JELENŮ V DOBĚ ŘÍMSKÉ A MOŽNOSTI INTERPRETACE NÁLEZU ZE STUDNY ZKOUMANÉ PŘI VÝZKUMU V TRATI MUŠOV-NEURISSEN

**MAREK VLACH**

DEMOGRAPHY MODELLING AND SIMULATION OF THE BARBARIAN POPULATIONS OF THE "MARCOMANNIC" SETTLEMENT STRUCTURES OF THE MIDDLE DANUBE REGION

**MARIAN MAZUCH, MAREK HLADÍK, LUMÍR POLÁČEK**

ÚPRAVY HROBOVÝCH JAM, KONSTRUKCE V HROBECH A FENOMÉN TZV. HROBEK V MIKULČICÍCH

**KAREL FALTÝNEK, JAKUB NOVÁK, PAVEL ŠLÉZAR**

RANĚ STŘEDOVĚKÉ OSÍDLENÍ V MORAVIČANECH NA SOUTOKU

**MIRIAM NÝVLTOVÁ FIŠÁKOVÁ**

MASNÁ SLOŽKA POTRAVNÍ SUBSISTENCE HRADU PŘEROV NA PŘÍKLADU VÝZKUMU Č. P. 19, 20 (10./11. – 12. STOLETÍ)

**PŘEHLED VÝZKUMŮ NA MORAVĚ A VE SLEZSKU 2017**

STŘEDOVĚK A NOVOVĚK

