UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie

ROZMÍSTĚNÍ A MORFOLOGIE SÍTÍ PSEUDOMORFÓZ MRAZOVÝCH KLÍNŮ V RAKOUSKU

DISTRIBUTION AND PATTERN MORPHOLOGY OF PSEUDOMORPHS OF THERMAL-CONCTRACTION-CRACKS FEATURES IN AUSTRIA

Diplomová práce

Bc. Jaroslav Dufek

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Marek Křížek, Ph. D.

Praha 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechnu použitou literaturu a informační zdroje. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 21. 4. 2022 ...……

Bc. Jaroslav Dufek

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce RNDr. Marku Křížkovi, Ph.D. nejen za jeho odborné rady a kritické připomínky, ale také za motivaci ke studiu periglaciální geomorfologie prostřednictvím práce v terénu nebo možností aktivně se účastnit vědeckého semináře. Dále bych rád upřímně poděkoval svým rodičům za velkou podporu při psaní této práce a rovněž během celého dosavadního studia. Diplomová práce vznikla za podpory Grantové agentury České republiky, projektu GAČR 21-23196S.

Zadání diplomové práce

Bc. Jaroslav Dufek

Téma práce
Rozmístění a morfologie sítí pseudomorfóz mrazových klínů v Rakousku

Distribution and pattern morphology of pseudomorphs of thermal-contraction-crack features in Austria

Cíle práce
Cílem diplomové práce je na základě leteckých snímků zjistit rozšíření a charakterizovat morfologii sítí pseudomorfóz mrazových klínů a porovnat je s jejich evropskými ekvivalenty.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje
Použité pracovní metody: rešerše odborné literatury, analýza dostupných leteckých snímků území Rakouska, digitalizace, základní operace v prostředí GIS (tvorba vrstev a jejich editace), morfometrická analýza polygonálních sítí, statistické vyhodnocení morfometrických charakteristik.

1. krok – analýza odborné literatury popisující lokality s výskytem pseudomorfóz mrazových klínů na území Rakouska.
2. krok – na základě distančních dat (leteckých snímků) zmapovat rozsah sítí pseudomorfóz mrazových klínů (vytvořit gisovou vrstvu).
3. krok – klasifikovat sítě pseudomorfóz mrazových klínů a určit jejich morfologické charakteristiky.
4. krok – zhodnotit morfologii sítí pseudomorfóz mrazových klínů (počet stran, velikost) a jejich změnu v závislosti na poloze a konfrontovat je s evropskými ekvivalenty.
5. krok – z morfologických charakteristik a jejich prostorové proměnlivosti odvodit paleoenvironmentální charakteristiky a provést paleoenvironmentální rekonstrukci.

Datové zdroje: - distanční zdroje – letecké snímky, informační zdroje – databáze, DMR, geologické mapy, odborné tematické knihy, články.

Datum zadání: 21. 10. 2019

Bc. Jaroslav Dufek RNDr. Marek Křížek, Ph.D.

Abstrakt

Rakousko se během chladných pleistocenních epizod nacházelo v předpolí blízkého alpského zalednění. Nezaledněné území Rakouska bylo součástí středoevropské periglaciální zóny, ve které se vyvinul permafrost. Rozšíření svrchně pleistocenního permafrostu, jeho charakter, ale i časové zařazení je na území západního okraje Panonské pánve stále nejasné. Svou roli v tom má i to, že představy o charakteristice svrchně pleistocenního permafrostu v této oblasti doposud vycházely zejména z nepřímých biologických či litologických záznamů jako jsou pylová zrna, hlemýždí malakofauna či spraše.

Až doposud byla evidence přímých geoindikátorů paleo-permafrostu poměrně omezená, s ojedinělými reliktními mrazovými klíny, kryoturbacemi či sporadickými pozůstatky po termokrasových jezerech a pingách. Práce představuje novou databázi mrazových klínů na území Rakouska, která vznikla na základě publikovaných zdrojů, ale hlavně na základě leteckých snímků dostupných v aplikaci Google Earth Pro. Výsledky podstatně rozšiřují (řádově o stovky lokalit) dosavadní znalosti o výskytu mrazových klínů, které byly na území Rakouska až dosud lokalizovány čistě jen na základě kopaných profilů a půdních sond. Nalezené sítě mrazových klínů jsou indikátorem souvislého paleo-permafrostu a nachází se zejména v nížinných oblastech spolkových zemí Dolní Rakousy a Burgenland. Ukazuje se, že nejlépe vyvinuté sítě se vyvíjely ve středně pleistocenních štěrkových fluviálních terasách ve výškách 150-250 m n. m. Lze je nalézt převážně na rovinatém reliéfu až mírně ukloněných svazích do sklonu 4,5°. Dominantně jsou vyvinuté hexagonální tvary sítí. Délka hlavní osy polygonů se nejčastěji pohybuje okolo 10 m. Byla potvrzena slabá pozitivní korelace mezi nárůstem velikosti polygonů a rostoucím počtem jejich stran. Kromě toho došlo k potvrzení slabé záporné korelace mezi poklesem rozměru polygonů a narůstající východní zeměpisnou délkou.

Klíčová slova: kvartér, paleoklima, periglaciální prostředí, permafrost, pleistocén, pseudomorfózy ledových klínů, Rakousko, reliktní písčité klíny, strukturní půdy, střední Evropa

Abstract

During the cold Pleistocene episodes, the territory of Austria was at the forefront of the nearby Alpine glaciation. The unglaciated area of Austria was part of the Central European periglacial zone, in which permafrost developed. The distribution of the Upper Pleistocene permafrost, its character, but also its time classification in the western part of the Pannonian Basin is still unclear. It is also because ideas about the characteristics of the Upper Pleistocene permafrost in this area have so far been based mainly on indirect biological or lithological records such as pollen grains, malacofauna snails, or loess-paleosol sequences.

Until now, the evidence of direct geo-indicators of paleo-permafrost has been relatively limited, with unique relict frost-wedges, cryoturbations, or sporadic remains of thermokarst lakes depressions and pingos. The results present a new database of relict frost-wedges in Austria, which was created based on published literary sources, but mainly based on aerial imaginary available on Google Earth Pro. The results significantly expand (by hundreds of localities) the existing knowledge about the occurrence of relict frost-wedges, which have so far been located in Austria purely on the basis of excavated profiles and soil probes. The found polygons of frost-wedge pseudomorphs are an indicator of the continuous paleo-permafrost and are found mainly in the lowland areas of Lower Austria and Burgenland. It is shown that the best-developed polygonal networks created in Middle Pleistocene gravel fluvial terraces at altitudes of 150-250 m a.s.l. They can be found mainly on flat relief to gentle slopes up to a slope of 4,5°. Hexagonal network shapes are dominantly developed. The length of the main axis of the polygons is most often around 10 m. A weak positive correlation was confirmed between the increase in the size of the polygons and the increasing number of their sides. In addition, a weak negative correlation between the decrease in the size of the polygons and the increasing eastern longitude was confirmed.

Keywords: Quaternary, paleoclimate, periglacial environment, permafrost, Pleistocene, ice-wedge pseudomorphs, Austria, relict sand wedge cast, patterned ground, Central Europe

Seznam použitých zkratek

ANOVA	Jednocestná analýza rozptylu (*one-way **An**alysis **of** **va**riance*)
BP	Před rokem 1950 – referenční standart datování ^{14}C (***B**efore **p**resent*)
CLC	Krajinný pokryv CORINE (***C**ORINE **L**and **C**over)*
DEM	Digitání výškový model (***D**igital **e**levation **m**odel*)
DPZ	**D**álkový **p**růzkum **Z**emě
EEA	Evropská agentura pro životní prostředí (***E**uropean **E**nvironmental **A**gency*)
ELA	Nadmořská výška sněžné čáry (***E**quilibrium-**l**ine **a**ltitude*)
ERT	Elektrická odporová tomografie (***E**lectrical **r**esistivity **t**omography*)
ESR	Elektronová spinová rezonance (***E**lectron **s**pin **r**esonance*)
GIS	Geografické informační systémy (***G**eographic **i**nformation **s**ystem*)
ka	Před x tisící lety (***k**ilo**a**nnum*)
LGM	Poslední maximum zalednění (***L**ast **G**lacial **M**aximum*)
LIA	Malá doba ledová (***L**ittle **I**ce **A**ge*)
LPM	Poslední maximum permafrostu (***L**ast **P**ermafrost **M**aximum*)
MAAT	Průměrná roční teplota vzduchu (***M**ean **a**nnual **a**ir **t**emperature*)
MAGT	Průměrná roční teplota pod povrchem (***M**ean **a**nnual **g**round **t**emperature*)
MAP	Průměrné roční srážky (***M**ean **a**nnul **p**recipitation*)
MIS	Mořské izotopové stádium (***M**arinne **I**sotope **S**tage*)
MTCM	Prům. teplota nejchladnějšího měsíce (***M**ean **t**emperature of the **c**oldest **m**onth*)
MTWM	Prům. teplota nejteplejšího měsíce (***M**ean **t**emperature of the **w**armest **m**onth*)
OSL	Opticky stimulovaná luminiscence (***O**ptically **s**timulated **l**uminescence*)
PCA	Analýza hlavních komponent (***P**rincipal **c**omponent **a**nalysis*)
PGM	Předposlední maximum zalednění **(***P**enultimate **G**lacial **M**aximum*)
UTM	Univerzální transverzální Mercatorův systém (***U**niversal **T**ransverse **M**ercator*)
WGS84	Světový geodetický systém 1984 (***W**orld **G**eodetic **S**ystem 19**84***)
$\delta^{18}O$	Poměr stabilních izotopů ^{18}O a ^{16}O jako klíčový záznam vývoje kvartérního klimatu

Obsah

Prohlášení ..... **iii**

Poděkování ..... **iv**

Zadání diplomové práce ..... **v**

Abstrakt ..... **vi**

Abstract ..... **vii**

Seznam použitých zkratek ..... **viii**

1 Úvod **1**

2 Kryogenní prostředí střední Evropy v období středního a svrchního pleistocénu **5**

2.1 Hlavní etapy vývoje permafrostu a jeho přímá geomorfologická evidence 5

2.2 Kromerský komplex 7

2.2.1 Maximální rozsah zalednění v kromerském komplexu 7

2.2.2 Rozšíření a evidence permafrostu v kromerském komplexu 7

2.3 Elsterský glaciál 10

2.3.1 Maximální rozsah zalednění v elsterském glaciálu 10

2.3.2 Rozšíření a evidence permafrostu v elsterském glaciálu 11

2.4 Sálský komplex 12

2.4.1 Maximální rozsah zalednění v sálském komplexu 12

2.4.2 Rozšíření a evidence permafrostu v sálském komplexu 14

2.5 Viselský glaciál 17

2.5.1 Maximální rozsah zalednění ve viselském glaciálu 17

2.5.2 Rozšíření a evidence permafrostu ve viselském glaciálu 18

3 Klimaticko-geomorfologický vývoj území Rakouska od posledního zalednění do začátku holocénu **21**

3.1 Porovnání paleoklimatických modelů s proxy záznamy a jejich význam pro popis prostředí permafrostu 21

3.2 Rozsah a vývoj alpského zalednění 24

3.3 Charakteristika prostředí permafrostu 27

3.3.1 Popis vývoje glaciálního klimatu na základě studia spraší 27

3.3.2 Rekonstrukce glaciálního klimatu pohledem bioindikátorů 29
3.3.3 Reakce speleotémů na glaciální klimatické oscilace 31
3.3.4 Glaciální režim říčních koryt a terasový vývoj 32
4 Metodika 33
4.1 Vymezení pseudomorfóz mrazových klínů na základě literatury a informačních zdrojů 33
4.2 Identifikace sítí pseudomorfóz mrazových klínů s využitím metod DPZ. 34
4.2.1 Hodnocení kvality dostupných leteckých snímků a výběr vhodného zdroje 34
4.2.2 Postup vymezení polygonálních sítí na leteckých snímcích 38
4.2.3 Kategorizace nalezených sítí 39
4.2.4 Vektorizace polygonů 42
4.2.5 Zpracování morfometrických charakteristik polygonů 43
4.2.6 Statistické nástroje a software pro vyhodnocení dat 45
5 Studované území 46
6 Výsledky 47
6.1 Prostorové rozmístění mrazových klínů a jejich sítí 47
6.1.1 Rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a další periglaciální evidence na základě literárních zdrojů 47
6.1.1.1 Severní vápencové Alpy (Nördliche Kalkalpen, Gebirgsketten, Gebirgsstöcke) ... 51
6.1.1.2 Severní alpské předpolí (Nördliches Alpenvorland) 51
6.1.1.3 Jihovýchodní předpolí, hlavní údolí (Südöstliches Vorland, Haupttäler) 52
6.1.1.4 Vinná čtvrť (Weinviertel) 52
6.1.1.5 Podunají a jižní vídeňská pánev (Donauraum u. südl Wiener Backen) 52
6.1.1.6 Severní Burgenland (Nordburgenland) 56
6.1.1.7 Mlýnská čtvrť (Feucht-kühler Westen/Mühlviertel u. Hochlagen) 57
6.1.2 Prostorové rozšíření pseudomorfóz určených z leteckých snímků a jejich klasifikace . 58
6.2 Poloha, charakteristika reliéfu a sedimentárního pokryvu pseudomorfóz sítí mrazových klínů kategorie 1 62
6.3 Půdní a vegetační poměry na lokalitách pseudomorfóz sítí mrazových klínů kategorie 1 69
6.4 Morfometrické charakteristiky polygonálních sítí kategorie 1 71

6.4.1 Velikosti polygonů 71
6.4.2 Počet stran polygonů 76
6.4.3 Míra protažení polygonů 78
6.4.4 Azimut protažení polygonů 79
6.4.5 Konfigurace sítí 79
7 Diskuze 80
7.1 Paleoklimatická hodnota pseudomorfóz mrazových klínů a jejich časové zařazení 80
7.2 Morfologické znaky polygonů mrazových klínů Rakouska a jejich paleoenvironmentální význam 82
7.3 Porovnání pseudomorfóz se středoevropskými ekvivalenty 88
7.4 Porovnání morfologie sítí pseudomorfóz mrazových klínů Rakouska s aktivními mrazovými klíny Arktidy 90
8 Závěr 92
Zdroje 94
Seznam použité literatury 94
Internetové a datové zdroje 105
Software 106
Seznam obrázků, tabulek a příloh 107
Seznam obrázků 107
Seznam tabulek 112
Seznam příloh 113
Příloha: Katalog rozšíření sítí pseudomorfóz mrazových klínů na území Rakouska 121

1 Úvod

Výzkum vývoje evropské kvartérní krajiny ukazuje, že v chladných fázích od středního pleistocénu se velká část střední Evropy opakovaně nacházela v prostoru mezi ze severu zasahujícím pevninským skandinávským ledovcem a jižně položenou soustavou ledovců alpského horského zalednění sahající hluboko do předpolí Alp (Lambeck et al. 2010, Marks et al. 2019, Seguinot et al. 2018). Z hlediska významu studia vývoje kvartérního klimatu jsou nejpřínosnější zejména pleniglaciály těchto chladných dob, protože je s nimi spjat největší nárůst plochy kryogenní sféry – zalednění a permafrostu a tím také vývoj glaciálních a periglaciálních forem reliéfu. Časové vymezení chladných vývojových fází kvartéru ale nemusí být zcela jednoznačné, protože opakovaný nárůst a ústup kryogenní krajiny se regionálně odlišoval v důsledku rozdílné klimatogeografické polohy. Aby bylo možné zjednodušit časové zařazení vybraných pleistocenních glaciálů, lze se odkázat ke korelaci s izotopickou křivkou vývoje $\delta^{18}O$ hlubokomořských schránek foraminifer, vymezující dílčí MIS v rámci globální chronostratigrafické tabulky pro pleistocén (Obrázek 1; Gibbard a Cohen 2008).

Rozsah současného poznání vývoje kryogenní sféry prudce klesá směrem k rané fázi středního pleistocénu až závěru spodního pleistocénu okolo MIS 16-22 (~650-900 ka), protože různé typy erozně-akumulačních pochodů měly za následek částečné či úplné narušení dřívější geomorfologické, litologické či biologické evidence. Starší glaciály před středně-pleistocenní revolucí (*Mid-Pleistocene Revolution*, Lauer a Weiss 2018) se navíc výrazně odlišovaly. Z vývoje křivky kyslíkových izotopů je patrné, že projev chladných glaciálů spodního pleistocénu byl mírnější a jejich doba trvání zásadně kratší (Lowe a Walker 2015). Z těchto důvodů se paleoenvironmentální rekonstrukce kvartéru věnují především období tří posledních glaciálů a zejména fázím maximálního zalednění posledních dvou – LGM (26,5-19 ka, MIS 2; Clark et al. 2009) a jeho starší a prostorově rozsáhlejší analogii PGM (~160-144 ka, MIS 6; Colleoni et al. 2016, Ehlers et al. 2011).

Maximální rozsah dynamicky kolísajícího zalednění Alp z posledního glaciálu dosažený v LGM je na základě modelů stanoven do 24,57 ka (Seguinot et al. 2018), což je ve shodě s předpokládaným nejjižnějším evropským zásahem kontinentálního Skandinávského ledovcového štítu ve středozápadním Polsku během Lešno-Braniborského stádia (25-21,5 ka; Tylmann et al. 2019). Maximální rozloha permafrostu v průběhu LPM (25-17 ka), která je odhadovaná na $32{,}7.10^6$ až $36{,}5.10^6$ km^2, nastala při počátku ústupu maximálního zalednění a není zcela v časové shodě s LGM (Lindgren et al. 2016, Vandenberghe et al. 2014). Časové

posunutí LPM vůči LGM je příčinou toho, že během maximálního zalednění nebyl v důsledku zamezení přenosu tepla pod ledovcovým krytem permafrost přítomný anebo postupně degradoval. K jeho nárůstu do maximální plochy mohlo docházet až v průběhu počáteční deglaciace, dokud na odledněném území stále panovalo dostatečně vhodné periglaciální klima. U některých francouzských autorů se lze setkat s jiným vymezením LPM do období 31-24 ka, které jej řadí již do glaciální fáze těsně před nástupem LGM (Andrieux et al. 2016, 2018). Je velmi pravděpodobné, že v tomto kontextu je myšleno maximální rozšíření permafrostu na území Francie. Rozdíl ve vymezení období maximální plochy permafrostu poukazuje na skutečnost, že obecné globální LPM severní hemisféry neznamená nezbytně také maximální rozvoj nebo nejjižnější zásah permafrostu i na dílčích regionech. Lze to podložit obdobím vzniku periglaciálních forem reliéfu evidujících dřívější permafrost – pseudomorfóz mrazových klínů, které ve Francii vznikaly nejčastěji právě v uvedeném období 31-24 ka BP (Andrieux et al. 2016, 2018), zatímco ve střední Evropě je období jejich vývoje běžné i v nástupu pozdního glaciálu (např. Ewertowski et al. 2017, Fábián 2013).

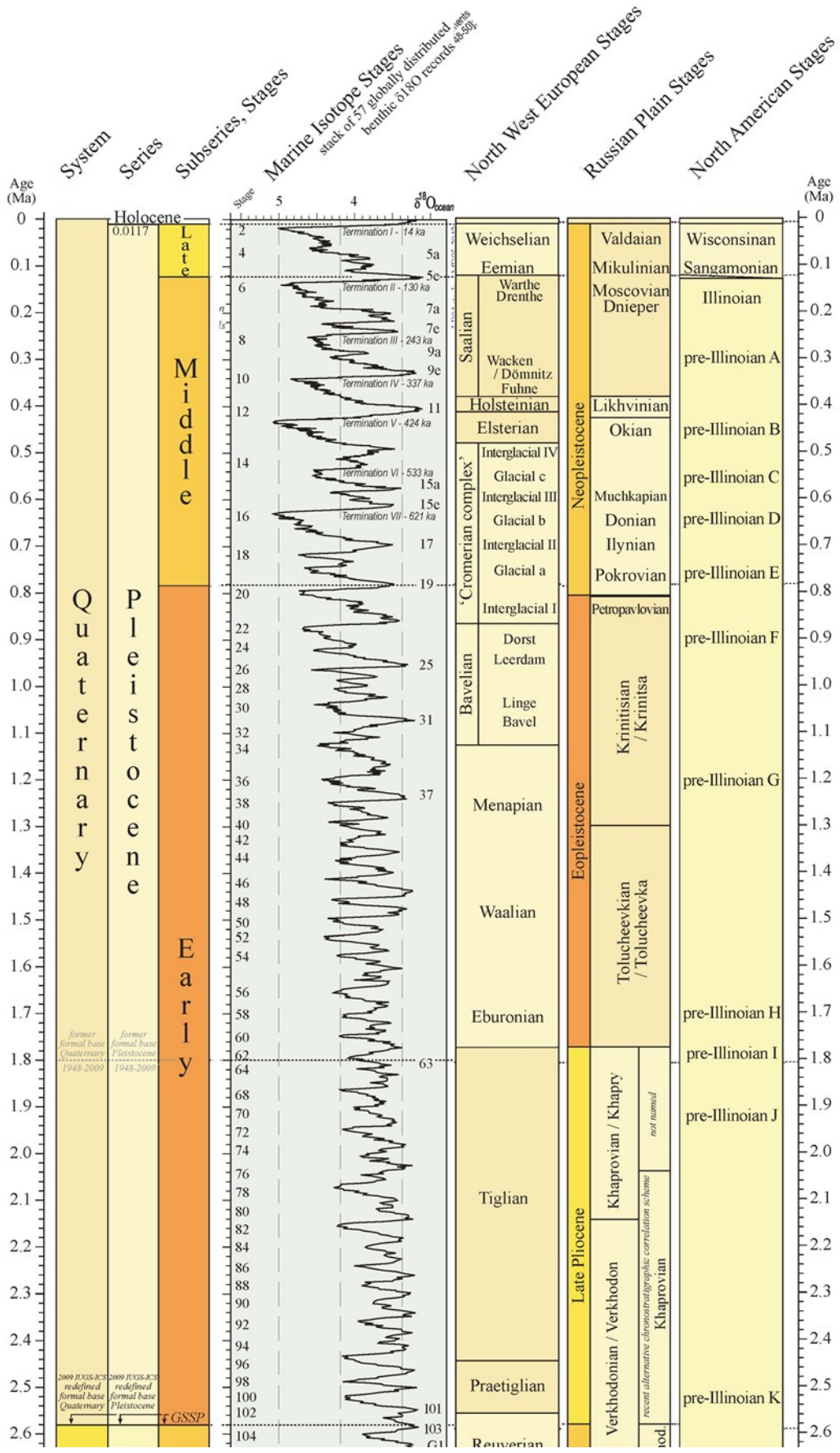
Evropské klima bylo během LGM zásadně ovlivněno zamrzlým severní Atlantikem, v jehož důsledku došlo k zeslabení aktivity oceánského proudění a k obrácení směru hlubinného proudu v rámci termohalinního výměníku (Howe et al. 2016, Negre et al. 2010). Druhým zásadním klimatickým faktorem bylo zalednění Skandinávie a alpského orogénu, které stlačilo klimatická pásma a podmínky výskytu stálých anticyklon nad rozsáhlými ledovci blokovaly přísun vlhčího zonálního proudění od oceánu směrem do nitra kontinentu. Zmíněné klimatotvorné faktory vedly v mírných zeměpisných šířkách Evropy k prohloubení mrazu, srážkové aridity a k agradaci permafrostu. Anemografický systém Panonské pánve se srážkově výrazně deficitním severním až severozápadním prouděním se v průběhu glaciálu měnil v závislosti na kolísání rozlohy ledovců (Ludwig et al. 2016, Marks et al. 2019). Charakter proudění vzduchových hmot byl na regionálních úrovních střední Evropy ovlivněn také katabatickými a anabatickými větry, neboť je území Rakouska ohraničeno několika horskými systémy, a to především Alpami z jihozápadu a masivem Karpat z východu (Sebe et al. 2015). Specifická topografická poloha Panonské pánve ohraničená orogény rovněž výrazně přispěla k rozvoji chladného klimatu a agradaci permafrostu (Nett a Pötter 2021, Ruszkiczay-Rüdiger a Kern 2016). Krajina se zde vyznačovala slabým vegetačním krytem stepního až tundrového rázu s intenzivním mrazovým zvětráváním (Sprafke 2016). Avšak výskyt permafrostu na území Rakouska a jeho pozdně glaciální degradaci mohou spolehlivě dokládat pouze ty tvary reliéfu, které byly do jeho prostředí úzce vázané jako jsou například pseudomorfózy mrazových klínů,

kryoturbace, deprese po pingách či pánve bývalých termokrasových jezer (Beidinger et al. 2011, van Husen 1997, Weissl et al. 2017).

Současná geomorfologická výzkumná činnost kvartérního vývoje Rakouska se soustředí zejména na vývoj zalednění Alp (Ivy-Ochs 2015), stratigrafii aluviálních sedimentů a fluviálních štěrkových teras (van Huser a Reitner 2011) či kvartérní tektoniku (Weissl et al. 2017). Doposud nebyla věnována dostatečná komplexní pozornost prostorovému rozmístění polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů, které jsou nejspolehlivější přímou geomorfologickou evidencí pleistocenního permafrostu. Jednotlivé práce popisující přímo tyto formy se většinou zaměřují pouze na samostatné lokality bez začlenění do širšího kontextu vývoje kvartérní krajiny a většina z nich představuje zcela náhodné nálezy s původně jiným cílem zájmu a dále již hlouběji nestudované. Typicky sem lze zařadit půdní horizonty s reliktními mrazovými klíny, které jsou odhaleny při archeologických výkopech či za účelem stavby nebo těžby (Piffl 1964, van Husen 1997).

Identifikace forem reliéfu vázaných do pleistocenního permafrostu a jejich analogie s recentně aktivními tvary v podmínkách současného permafrostu přitom představuje důležité geomorfologické proxy směřující k možnému využití pro paleoklimatické rekonstrukce (Christiansen et al. 2016, Murton a Kolstrup 2003).

Z výše uvedeného plyne cíl předložené práce, kterým je zmapovat výskyt polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů na území Rakouska, charakterizovat morfologii daných polygonů a porovnat je s evropskými ekvivalenty.



Obrázek 1: *Globální chronostratigrafická tabulka pleistocénu (Gibbard a Cohen 2008, upraveno).*

2 Kryogenní prostředí střední Evropy v období středního a svrchního pleistocénu

2.1 Hlavní etapy vývoje permafrostu a jeho přímá geomorfologická evidence

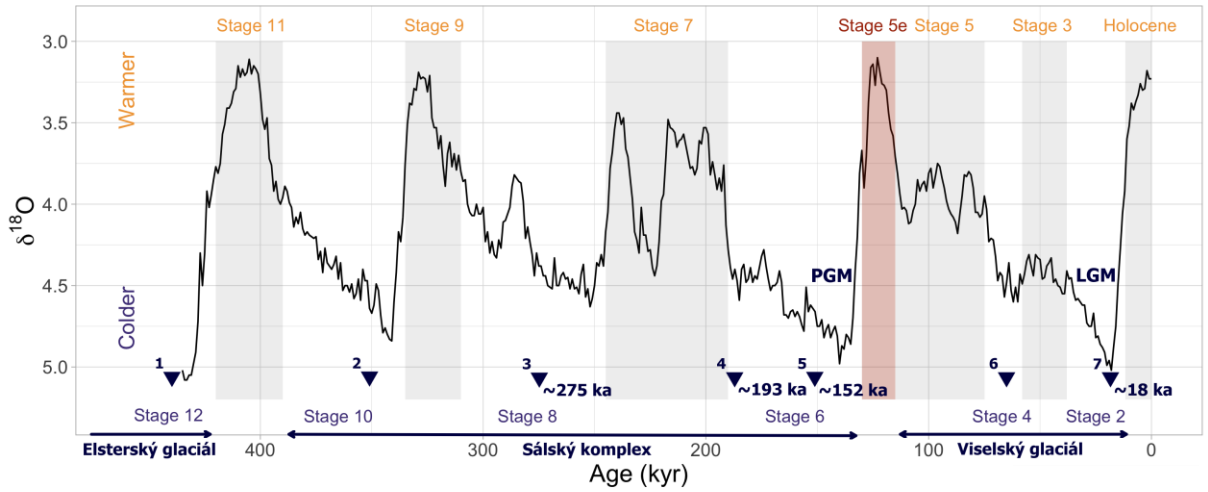
V rámci přímých geomorfologických důkazů chladné pleistocenní periglaciální krajiny mimo horské prostředí je ve střední Evropě zastoupeno poměrně široké množství záznamů – pseudomorfózy ledových a složených klínů, reliktní písčité klíny, deprese po pingách, produkty soliflukce či hlubší kryoturbace a mělčí involuce (Vandenberghe 2001).

Avšak pouze některé z těchto periglaciálních forem reliéfu jsou tradičními indikátory permafrostu a jeho souvislého rozšíření (Tabulka 1), jiné mohou vznikat spíše v mírnějších podmínkách nesouvislého permafrostu (hydraulická pinga) a zbylé jsou vázány především do sezónně zmrzlé půdy (půdní kopečky, kryogenní mikrostruktury či soliflukce).

Tabulka 1: *Klimatická interpretace forem reliéfu vázaných na souvislý permafrost (Vandenberghe et al. 1998).*

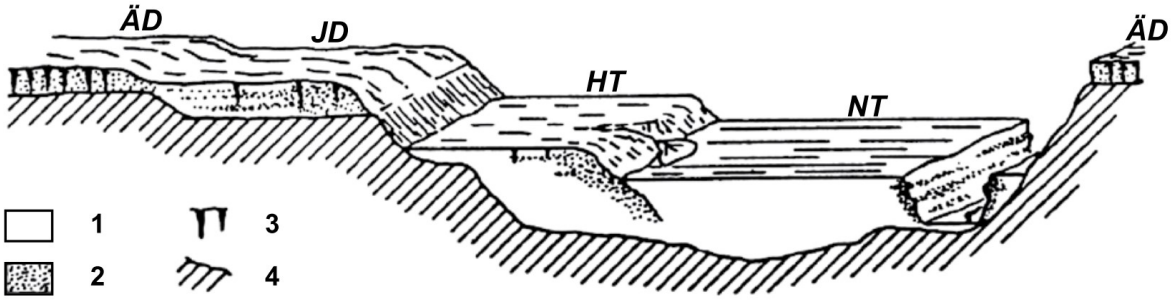
Typ záznamu	**Klimatická informace**
Ledové klíny *(Ice-wedge)*	hrubozrnný substrát: MAAT < -8 °C; jemnozrnný substrát: MAAT < -4 °C; MAP ~ 400 mm; souvislý permafrost
Složené klíny *(Composite-wedge)*	většinou nejednoznačná klimatická interpretace spjatá se střídáním vlhčích a sušších podmínek během vývoje
Písčité klíny *(Sand-wedge)*	MAAT < -12°C až < -20°C; MAP < 100 mm; souvislý permafrost
Kryoturbace *(Cryoturbation)*	hrubozrnný substrát: MAAT < -8 °C; jemnozrnný substrát: MAAT < -4 °C; souvislý permafrost
Hydraulická pinga *(Open-system pingo)*	MAAT < -2 °C až -4 °C; nesouvislý nebo souvislý permafrost
Hydrostatická pinga *(Closed-system pingo)*	MAAT < -6 °C; souvislý permafrost
Minerální palsy	MAAT < -4 až -6 °C; souvislý permafrost

Na základě nálezů a datování jejich fosilních forem je spolehlivě zřejmé, že rozvoj permafrostu od báze středního pleistocénu úzce korespondoval s rozvojem kontinentálního a alpského zalednění. Za hlavní fáze vývoje permafrostu lze zhruba považovat období okolo 650, 450, 350, 250, 150, 70 a 20 ka, která přibližně odpovídají pleniglaciálům svrchního kromerského komplexu (MIS 16), elsterského glaciálu (MIS 12), sálského komplexu (MIS 10, 8 a 6) a viselského glaciálu (MIS 4 a 2, Obrázek 2; Gibbard a Cohen 2008).



Obrázek 2: *Křivka marinního záznamu izotopického vývoje $\delta^{18}O$ za posledních ~430 ka (Vytvořeno v RStudiu na základě scriptu podle Ruddy 2017 a dat Lisiecki a Raymo 2005, upraveno). Vyznačeny epizody dílčích glaciálů, vrcholné fáze posledních dvou (PGM, LGM) a hlavní etapy vývoje reliktních mrazových klínů na území Evropy podle různých zdrojů ([1]Whiteman 2002, [2,5]Lauer a Weiss 2018, [3,4]Marks et al. 2019, [6]Ghysels a Heyse 2006, [7]Ewertowski et al. 2017). Období vzniku pseudomorfóz mrazových klínů vyznačeno absolutně (provedena některá z metod absolutního datování, zaokrouhleno na střední hodnoty) nebo odkazem k odpovídající MIS (12-2).*

Významná část území Rakouska mimo horské prostředí je tvořena převážně štěrkopískovými fluviálníni terasami Dunaje, Moravy, Dyje a odvodňovacích toků Severních vápencových Alp. Vývoj středně a svrchně pleistocenního fluviálního terasového systému je vázán na čtyři nejvýznamnější alpské glaciály – günz (MIS 16), mindel (MIS 12), riss (MIS 6) a würm (MIS 2; Penck a Brückner 1909, van Husen a Reitner 2011; Obrázek 3). Zjednodušeně lze tuto skupinu fluviálních teras v alpském předpolí rozdělit na nejmladší a nejníže položenou terasu Niederterrasse, vyšší Hochterrasse a na starší terasy – mindelskou Jüngere Deckenschotter a günzskou Ältere Deckenschotter (van Husen a Reitner 2011). Pleistocenní fluviální štěrky jsou v níže položených oblastech z velké části překryty spraší z posledního glaciálu (Pavuza a Plan 2013, Terhorst et al. 2015). Vymezené prostředí bylo během pleistocenních glaciálů hlavním prostorem, v němž opakovaně docházelo k rozvoji permafrostu a s ním spjatých periglaciálních forem reliéfu (viz. Kapitola 6, Obrázek 27, Obrázek 35).



Obrázek 3: *Schéma profilu hlavních fluviálních teras alpského předpolí od nejmladší: NT: Niederterrasse, HT: Hochterrasse, JD: Jüngere Deckenschotter, ÄD: Ältere Deckenschotter. 1: Nezvětralý štěrk, 2: Konglomerát glaciálních eratik. 3: „Zvětralinové žíly", 4: Před-kvartérní podloží (van Husen a Reitner 2011).*

2.2 Kromerský komplex

2.2.1 Maximální rozsah zalednění v kromerském komplexu

Přímých geomorfologických a geologických informací o zalednění z dávného období kromerského komplexu (~MIS 22-14) je velmi omezené množství a v rámci střední Evropy se jedná o nejčasnější informace podoby glaciálů z počátků středního pleistocénu. Nejzásadnější rozvoj kontinentálního zalednění je spjat zřejmě se závěrem spodního pleistocénu (MIS 22) a zejména pak se spodní částí středního pleistocénu (~640-625 ka, MIS 16), která je známá také jako donský glaciál a je pravděpodobně obdobím kvartérního maxima zalednění (Ehlers et al. 2011, Railsback et al. 2014, 2015). Jako doklad mocného rozvoje plochy glaciální sféry do střední Evropy lze uvést průnik kontinentálního ledovce k severním okrajům českého masivu (~635–620 ka, MIS 16; Nývlt et al. 2011). Období MIS 16 lze ve středoevropském prostoru korelovat se starším krakovským zaledněním Polska (zalednění Sanu I), které bylo nejrozlehlejší na Polském území (Marks 2011).

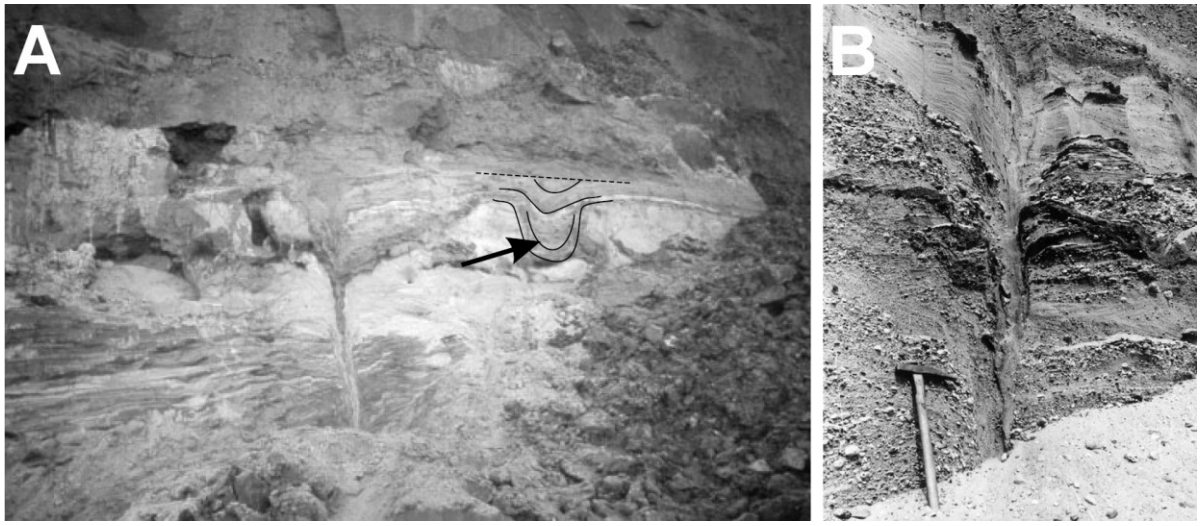
Přímá evidence starších alpských zalednění ze spodního pleistocénu před MIS 22 zcela chybí (van Husen 2011). Je ale velmi pravděpodobné, že vzhledem k méně výraznému rozvoji chladného klimatu byla i alpská zalednění menšího rozsahu a ablační zóny horských ledovců končily ve vyšších partiích údolí (van Husen 2011). Existence zalednění Alp během glaciálu günz (MIS 16) byla odvozena na základě studia glacifluviálních morén a stratigrafie preglaciálních štěrkových teras v odvodňovacích systémech severovýchodního podhůří Alp (Heuberger 1974, Penck a Brückner 1909, van Husen 2011). Alpské zalednění během günzského glaciálu bylo ze všech známých pravděpodobně nejrozsáhlejší, což dokládá poloha terminálních glacifluviálních akumulací tillu severně a severovýchodně od Salcburku hluboko na bavorském území (van Husen 2011).

2.2.2 Rozšíření a evidence permafrostu v kromerském komplexu

Na základě vymezení doby vzniku nejstarších periglaciálních forem spjatých s evropským permafrostem je zcela zřejmé, že k rozvoji souvislého nebo alespoň nesouvislého permafrostu muselo docházet již dávno před kromerským komplexem v chladných fázích spodního pleistocénu (Eissmann 2002). Jedny z ojedinělých přímých záznamů na území střední Evropy v podobě pseudomorfóz ledových klínů, jejichž vznik lze zařadit do období glaciálů Pretiglian, Brüggen, Mulde a Menapian (MIS ~98-36; Zagwjin 1989) byly nalezeny v silně kryoturbovaných štěrcích spodně pleistocenních teras říčních paleokoryt v lignitových dolech

v okolí Lipska (Eissmann 2002). Mocnost těchto fosilních klínových forem je okolo 2-3 m, ale maximálně dosahují hloubky až 5 m (Eissmann 2002; Obrázek 4B).

Evidence evropského permafrostu z chladných fází středního pleistocénu je na rozdíl od ranného pleistocénu doložena hojněji, přičemž ve většině případů datovaných pseudomorfóz mrazových klínů spadá do chladné MIS 16 (Briant et al. 1999, Despriée et al. 2017, Whiteman 2002). Hloubka minimálního promrzání půdy na území jihovýchodního okraje Severoněmecké nížiny byla odhadnuta z přítomnosti mrazových diapirů v molisolech na přibližně 18 m (Eissmann 2002). Přímé geomorfologické záznamy o permafrostu během MIS 16 ale představují zejména západoevropské nálezy v okolí Brinay ve Francii nebo na území jihovýchodní Anglie (Trimingham, hrabství Norfolk, Obrázek 4A), která však byla ovlivněna přítomností rozdílného zalednění s centrem ve Skotské vysočině (Briant et al. 1999, Despriée et al. 2017, Whiteman 2002). Vznik britských pseudomorfóz je spojen s obdobím před nástupem maximálního zalednění (~650 ka), kdy postup kontinentálního ledovce ze Skotska vedl ke zvýšení tahového napětí nadložních hornin a byl zásadním faktorem degradace permafrostu a ledových klínů (Whiteman 2002). Francouzské pseudomorfózy ledových klínů hluboké okolo 1 m byly odkryty pod písky v koluviálních sedimentech fluviálních teras řeky Cher ve střední Francii (Despriée et al. 2017). Datováním metodou ESR bylo stáří těchto forem určeno do 665±55 ka (MIS 16), což rovněž odpovídá fázi těsně předcházející maximálnímu zalednění (Despriée et al. 2017).



Obrázek 4: A: *Glacitektonicky modifikovaný horizont u Triminghamu s dobře zřetelnou pseudomorfózou ledového klínu a projevy kryoturbace (Whiteman 2002).* ***B:*** *Ukázka odkryté pseudomorfózy mrazového klínu z před-eslterské doby na jedné z vyšších spodně pleistocenních teras v povrchovém dolu Gröbern v Německu (Eissmann 2002).*

V Rakousku není doposud známa žádná periglaciální evidence zcela spolehlivě dokládající permafrost spodního či ranně středního pleistocénu (van Husen 2011). K podobným závěrům dochází i pro severněji položené české území již Czudek (2004, 2005), který předpokládá existenci sporadického, případně nesouvislého permafrostu. Z toho důvodu je pro popis vývoje chladného klimatu Rakouska nezbytné se ohlédnout za tradičními paleoklimatickými indiciemi v podobě sprašových profilů a litostratigrafií fluviálních teras, jejichž báze je dnes většinou alespoň 45 m nad dunajskou hladinou (Obrázek 7; van Husen a Reitner 2011). V hrubozrnných fluviálních štěrkopíscích krystalických hornin nejvýše položené kvartérní terasy Laaerbergterrasse, ve které je patrné rozhraní magnetické reverze Gauss-Matuyama ze spodní báze pleistocénu, jsou známky produktů mrazového zvětrávání a kryoturbace před obdobím günzského glaciálu, což může poukazovat na dřívější permafrost (van Husen a Reitner 2011). Další projevy kryoturbace rovněž zřejmě z doby kromerského komplexu jsou také v mladší a níže položené terase Wienerberg (van Husen a Reitner 2011).

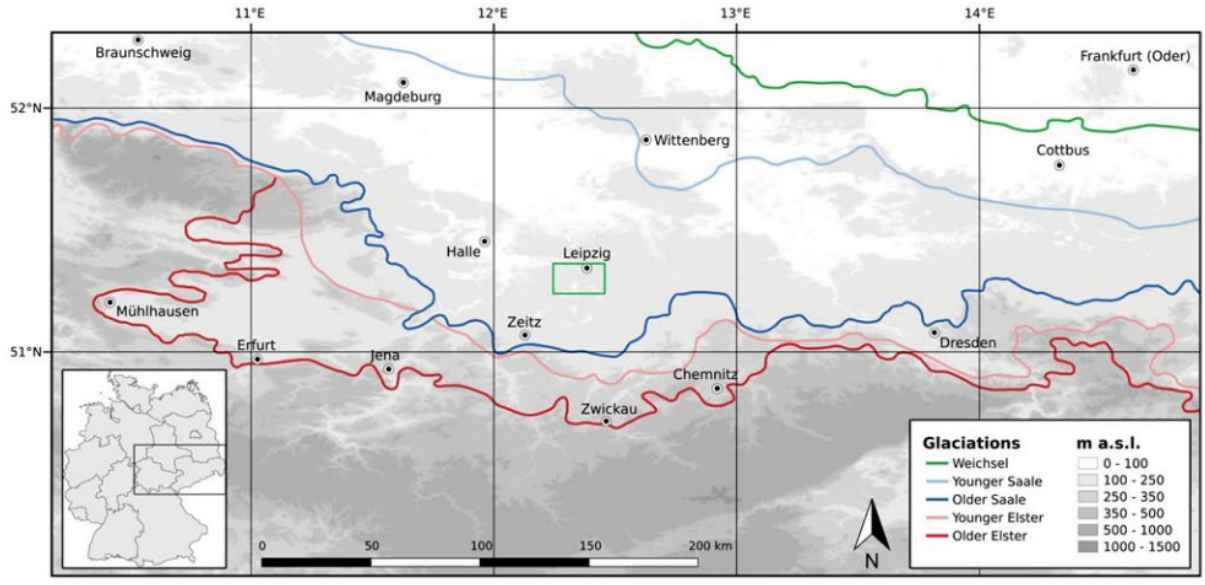
S nejmocnějšími sériemi spraše se lze setkat v okolí Kremže, kde nesouvisle dokumentují vývoj klimatu a sedimentace posledního milionu let (Sprafke 2016). Přestože samotné spraše permafrost neindikují, byly v nich nalezeny vybělené zóny v horizontech tundrových glejů a kryosolů, které někteří autoři již považují za možný litologický důkaz dřívější existence permafrostu (Haesaerts et al. 2003, Terhorst et al. 2015). Tyto vybělené zóny se vyskytují ve středně pleistocenních horizontech a jsou hojně rozlišeny zejména v profilech jednotek IX, XI a XIV v Krems-Schießstätte, jejichž chronostratigrafické zařazení náleží mezi MIS 6 a hranici Matuyama-Brunhes (Sprafke 2016). Vývoj vybělených zón v glejsolech a kryosolech je spojen s redukčními podmínkami redukce železa, kdy během krátké teplé části roku dochází k tání činné vrstvy a ke zvodnění prostředí, jehož odvodnění brání zmrzlá svrchní tabule permafrostu ležícího pod činnou vrstvou (Terhorst et al. 2015)

2.3 Elsterský glaciál

2.3.1 Maximální rozsah zalednění v elsterském glaciálu

Období elsterského glaciálu (MIS 14-12) je spjato s několika dalšími rozvoji ledovců. Doposud zůstává stále značně nejistá podoba a rozsah zalednění v průběhu MIS 14. Obecné názory ale předpokládají, že se tato epizoda řadí ke skupině méně chladných glaciálů a nevedla k výraznějšímu rozvoji kontinentálního zalednění severní hemisféry (Hao et al. 2015, Hughes et al. 2020). Podobná zjištění jsou také v alpském orogénu, kde absence glacifluviálních forem reliéfu naznačuje, že chladné klima během období Haslach (MIS 14) nevedlo k zásadnější agradaci horských ledovců (Schreiner 1997, van Husen 2011).

Naopak mladší část během MIS 12 je spjata s jedním z nejmocnějších kvartérních zalednění střední Evropy (Lauer a Weiss 2018, Marks 2011). Během fáze maximálního zalednění v MIS 12a (437-430 ka; Hall a Migón 2010, Railsback et al. 2015) postoupil kontinentální ledovec hluboko do střední Evropy až do severních okrajů Českého masivu, kde ponechal terminální morény (Nývlt et al. 2011). Další spolehlivou středoevropskou evidencí jsou morény v okolí Lipska (Eissmann 2002, Obrázek 5) či rozsáhlá síť preglaciálně formovaných údolí – polských pradolin. V Alpách zcela nejlépe dokládají mocný rozvoj mindelského glaciálního prostředí štěrkové terasy a morénové akumulace v oblasti bývalého ledovce Salzach (van Husen 2011, Obrázek 7).



Obrázek 5: *Rekonstrukce jižního zásahu skandinávského kontinentálního ledovce ve východním Německu během tří posledních glaciálů a některých jejich dílčích fází. Starší elster odpovídá zalednění MIS 16 (někdy se řadí do kromerského komplexu), mladší elster lze korelovat s MIS 12, starší sálské zalednění odpovídá stadiálu Drenthe (PGM), mladší stadiálu Warthe (oboje MIS 6) a fáze viselského zalednění odpovídá LGM (Lauer a Weiss 2018).*

2.3.2 Rozšíření a evidence permafrostu v elsterském glaciálu

Maximální mocnost souvislého permafrostu ve středoevropském předpolí kontinentálního zalednění je odhadována na 200-300 m (Eissmann 1981). Při pohledu na dostupnou evidenci periglaciálních forem jejichž vznik je přímo vázán do prostředí elsterského permafrostu se lze opět odkázat na pseudomorfózy mrazových klínů, přestože je vzhledem k časté nezbytnosti umělého půdního odkryvu jejich rošíření velmi nesouvislé až sporadické. Tradičně nejznámnější zástupci těchto periglaciálních forem reliéfu jsou v západní Evropě (např. Lewis 1979) a na území Německa, kde jsou mnohdy zaznamenány v několika vývojových generacích, což poukazuje na dlouhý vývoj permafrostu během elsterského glaciálu a na vícero stadiálních podmínek (Eissmann 2002). Pravděpodobně nejvýznamnější středoevropskou lokalitou nálezů jsou středněpleistocenní terasy v Sasku v paleoenvironmentálně významném povrchovém dolu Gröbern, kde jsou elsterské klíny variabilně hluboké od 2 do 8 m (Eissmann 2002). Z jiných německých lokalit lze zmínit také reliktní mrazové klíny v okolí Hamburku (Grube 2019, 2021) či pseudomorfózy v rýnských terasách v Severním Porýní-Vestfálsku (Brosche 1996).

V důsledku mocného rozvoje kontinentálního a alpského zalednění lze přirozeně očekávat, že se rakouské území rovněž ocitlo v klimatických podmínkách periglaciálního koridoru, který vedl k vývoji permafrostu (van Husen a Reitner 2011). Přesto nejsou spolehlivě známy žádné reliktní periglaciální formy, jejichž vznik se váže k pojednávanému období. Zásadním důvodem je obecně absence datování nalezených forem. Proto je znovu nezbytné se odkázat na jiné indicie, které paleopermafrost indikují nepřímo anebo případně alespoň poukazují na chladné pleniglaciální podmínky. Kromě ukládání spraše docházelo v rámci glaciálu mindel v extraglaciálním prostředí alpského předpolí k ukládání mocných pískošterkovitých akumulací za vzniku jedné ze čtyř hlavních teras - terasy Jüngere Deckenschotter (van Husen a Reitner 2011). Terminologie chronostratigraficky odpovídajích teras se odlišuje pro jiné typologické oblasti okolí Dunaje v Horních a Dolních Rakousech (van Husen a Reitner 2011). Různě označené terasy v rámci dalších paleo-periglaciálních oblastí v Moravském poli či v Tullnské pánvi jako je terasa S. Ornding (mladší mindel), výše položená terasa Lehen (starší mindel) či v centrální části vídeňské pánve (terasy W Seyring nebo Arsenal), jejichž báze jsou dnes asi 17-30 m nad hladinou Dunaje, mají společný vývoj právě ve středním mindelském pleistocénu (Fink a Majdan 1954, van Husen a Reitner 2011).

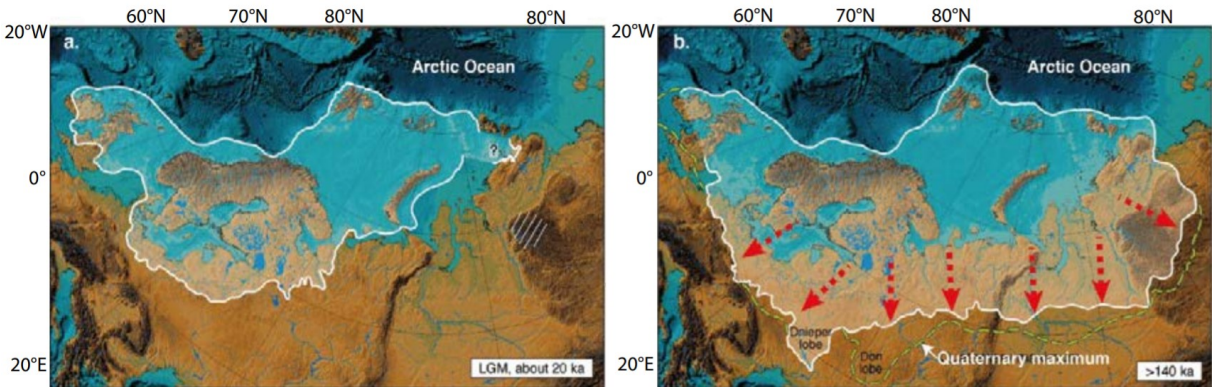
2.4 Sálský komplex

2.4.1 Maximální rozsah zalednění v sálském komplexu

K prvnímu zásadnímu rozvoji plochy kryogenní sféry v období sálského komplexu (~375-130 ka, MIS 10-6) došlo po odeznění interglaciálu Holstein během stadiálu Fuhne/Liwiec (MIS 10), ale výraznější zásah kontinentálního zalednění do střední Evropy je nepravděpodobný (Junge et al. 2008). Důvodem je absence ledovcově přemodelovaného reliéfu (Lindner 1988, Marks et al. 2019) či nízká sedimentace v ústí kanálu Channel river/Fleuve Manche do něhož byl během výraznějších glaciálů napojen glacifluviální odtok velké části středoevropských a západoevropských paleokoryt (Ménot et al. 2006, Toucanne et al. 2009). Za vysvětlením toho, proč se některé glaciální epizody neprojevovaly výraznějším vývojem chladného klimatu, stojí především kolísání orbitálních parametrů oběžné dráhy Země, ovlivňující přísun sluneční energie, čímž dochází ke změnám v objemu ledovců a tím i k modifikaci cirkulace atmosféry a dynamiky oceánských proudů (Hughes et al. 2020). Spolehlivě doložené zalednění během MIS 10 je na území střední Evropy pouze v severovýchodním Polsku (Ludwikowska-Kędzia et al. 2015) a na základě severovýchodně orientované ledovcové striace skalního podloží je předpokládáno také v okrajových oblastech severního Německa (Roskosch et al. 2015).

Mladší část sálského komplexu je spjata minimálně se čtyřmi stadiály – Delitzsch, Zeitz (MIS 8), Drenthe a Warthe (MIS 6; Lang et al. 2018, Litt et al. 2007). Chladnou fázi Delitzsch lze charakterizovat podobným popisem jako stadiál Fuhne, tedy slabším rozvojem glaciálního prostředí. Skandinávské zalednění proniklo pravděpodobně pouze do Polska (zalednění Krznanian; Marks 2011). Přestože došlo k výraznému rozvoji zalednění také v jižní části Severního moře, na území současného Německa se Skandinávský ledovec zřejmě nedostal (Beets et al. 2005).

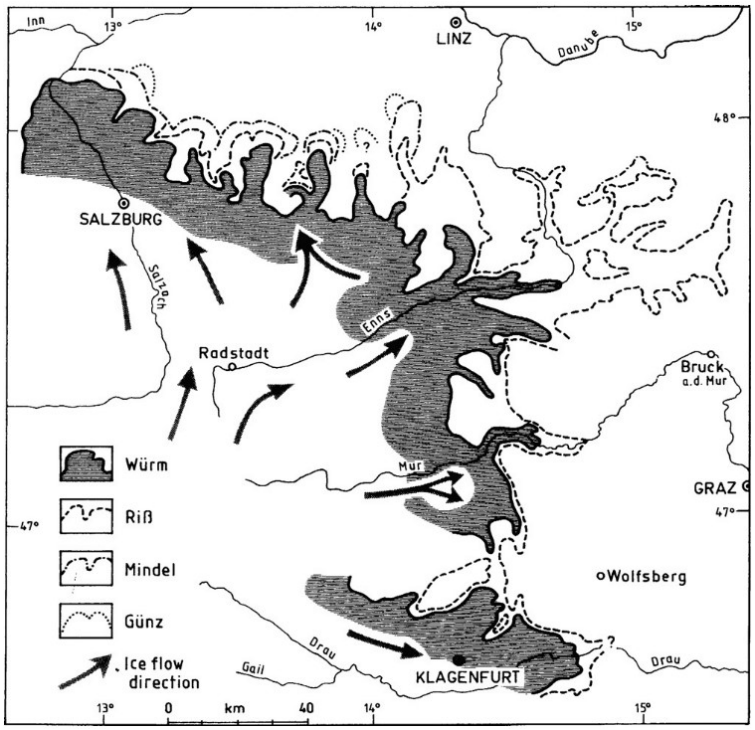
Další dvě stádia rozvoje ledovců během stadiálů Drenthe (zalednění Odry) a Warthe (zalednění Warty) nastaly velmi brzo po sobě (Obrázek 5, ~150-135 ka; Litt et al. 2007, Margari et al. 2014) a jsou nejlépe zdokumentovanými stadiály sálského komplexu. Starší stadiál Drenthe je spojen s druhým nejrozsáhlejším známým kvartérním zaledněním střední Evropy a s glaciálním maximem sálského komplexu, které je globálně známé především jako PGM (Obrázek 6; Colleoni et al. 2016, Ehlers et al. 2011). Význam této části glaciální epochy dokládá na základě modelů předpokládaná mocnost ledovcového štítu v severním Německu, kde je v oblasti ropné plošiny Mittelplate rekonstruována až na přibližně 1700 m (Grassmann et al. 2010).



Obrázek 6: *Porovnání zalednění Eurasie skandinávským ledovcem během LGM (MIS2, vlevo) a PGM (MIS 6, vpravo) se znázorněním maximální kvartérního zalednění během MIS 16. Z map je patrné, že přestože na území střední Evropy nedosáhlo zalednění v PGM maximální rozlohy, dostalo se nejjižněji (Svendsen et al. 2004).*

Během stadiálu Warthe dosáhlo zalednění výrazně menšího rozsahu než v PGM, ve srovnání s recentnějším obdobím LGM se ale minimálně na území střední Evropy stále jedná o mocnější rozvoj (Lauer a Weiss 2018, Marks 2011).

V rámci oblasti alpského orogénu je během rissu dokumentována asi o 100 m nižší ELA oproti úrovni ve svrchně pleistocenním LGM (van Husen 2011). Takto zásadní snížení ELA umožnilo odnos glacifluviálního materiálu hlouběji do podhůří (Obrázek 7). Ve srovnání se zaledněním Alp v LGM představovaly tyto rozvoje piedmontních ledovců značný rozdíl, a to až o 30-40 km a délka údolních ledovců je přesahovala o 5-6 km (van Husen 2011).



Obrázek 7: *Ablační zóna SV části alpského zalednění během čtyř posledních glaciálů (van Husen a Reitner 2011).*

2.4.2 Rozšíření a evidence permafrostu v sálském komplexu

Stručný popis hlavních etap rozvoje kontinentálního a horského zalednění a zejména přibližné vymezení jeho ablačních zón poskytuje hrubý časoprostorový nástin navazujícího periglaciálního prostředí a permafrostu. Jisté je, že během období PGM bylo středoevropské periglaciální prostředí zcela dominantní a permafrost měl na převážné části území souvislý charakter (Marks et al. 2019). Dále lze usuzovat, že permafrost mohl mít zejména na území Středoevropské nížiny souvislé rozšíření rovněž během méně chladných epizod MIS 10 a 8 (Junge et al. 2008, Marks et al. 2019). Přítomnost sálského permafrostu na základě přímé geomorfologické či litologické evidence je navíc poměrně široce doložena ve většině zemí střední a západní Evropy (Vandenberghe 2001). Pseudomorfózy mrazových klínů mají v rámci těchto indikátorů tradičně výsadní postavení, ale narozdíl od jejich protějšků ze svrchního pleistocénu jsou často překryty různě mocnými horizonty mladších sedimentů a jejich známé rozšíření je tudíž méně souvislé. Specifickým znakem odhalených sálských pseudomorfóz mrazových klínů je vzhledem k dlouhému trvání sálského komplexu jejich velká pestrost, ať už v podobě různého stáří vlivem více generačního vývoje, ale také různorodost morfometrických parametrů či geologického substrátu (např. Brosche 1996, Eissmann 2002). Paleoenvironmentálně hodnotné informace se skrývají také v přímém porovnání těchto charakteristik se shodnými údaji u viselských či naopak starších pseudomorfóz.

V rámci západní Evropy lze pseudomorfózy ledových klínů z MIS 6 nalézt například v Anglii (Marsworth, hrabství Buckinghamshire; Boardman 1987, Murton et al. 2015) nebo v Belgii (129±11 ka, Buylaert et al. 2009). Mocné reliktní mrazové klíny mimo střední Evropu jsou také na západním pobřeží Dánska (hloubka: 6-8 m, šířka: >2 m) a jejich vznik je spojen již se starší částí MIS 6, kdy se jižní část severní Evropy ještě nenacházela pod mocným ledovcovým příkrovem (Kolstrup 2004).

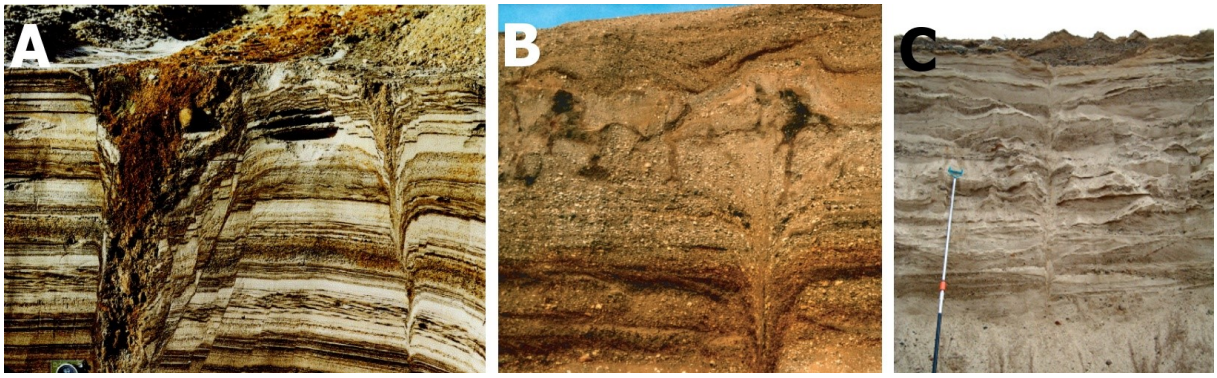
Podobně jako u starších glaciálních epizod jsou hlavně oblasti Severoněmecké nížiny, které ležely po většinu středního pleistocénu v předpolích kontinentálního zalednění (Sasko, Dolní Sasko, Sasko-Anhaltsko, Severní Porýní-Vestfálsko či Šlesvicko-Holštýnsko) již několik desetiletí zásadním výzkumným prostorem sálského a viselského středoevropského permafrostu a nabízí tak výjimečné možnosti přímého vzájemného srovnání. Na mnoha lokalitách na dolním Rýnu, v okolí Wolfsburgu či Lipska bylo zjištěno, že pseudomorfózy mrazových klínů ze sálského glaciálu (MIS 6) mají nejen větší rozměry v podobě hloubky a šířky, ale jsou často nalezeny i v několika horizontech a generacích (Brosche 1996, Golte a Heine 1980, Kolstrup 2004). Nejdůležitějším archivem permafrostu je hlavní sálská terasa

v Sasku, která se formovala v několika stádiích mezi závěrem interglaciálu Holstein a stadiálem Zeitz (Obrázek 8A, MIS 11/10–8; Lauer a Weiss 2018). Junge et al. (2008) vymezují ve štěrkovém tělese řeky Mulde velké množství 3–5 generací sálských pseudomorfóz ledových klínů, jejichž hloubky jsou velmi variabilní a dosahují 1–12 m (Obrázek 8B). Nejstarší formy lze nalézt v nejhlubších horizontech a jejich vznik je spjat se stadiálem Fuhne (MIS 10), kdy vlivem častých výrazně záporných krátkodobých teplotní fluktuací panovaly výjimečně vhodné klimatické podmínky pro mrazové pukání (Junge et al. 2008). V nižších hloubkách této terasy byly nalezeny také klíny vzniklé během stadiálu Delitzsch/Zeitz (MIS 8), který se vyznačoval podobnými klimatickými podmínkami a terasovým vývojem (Junge et al. 2008). O této oblasti pojednávají také Lauer a Weiss (2018), kteří popisují několik generací pseudomorfóz v profilech fluviálních štěrkopísků v lokalitě Schladebach a Wallendorf až z doby MIS 10, což poukazuje na relativně stabilní vývoj hlavní sálské terasy. Mladší klíny jsou vztaženy k hloubce 2-3 m pod povrchem v profilu u Rehbach a jejich stáří je 160-144 ka (stadiál Drenthe, PGM).

V Severním Porýní-Vestfálsku jsou pseudomorfózy hojně orientovány do říčních teras dolního Rýnu (Golte a Heine 1980). Jejich šířky se pohybují okolo 3 m a hloubka klínů je do 6 m. Vznik pseudomorfóz je zařazen rovněž do chladné MIS 6. Ve Šlesvicku-Holštýnsku bylo zmapováno více než 100 nálezů polygonálních sítí pseudomorfóz ledových klínů, z nichž starší formy mají původ právě v sálském glaciálu (Grube 2019, 2021). V centrální části Severoněmecké nížiny v okolí Wolfsburgu jsou vymezeny další lokality s výskytem pseudomorfóz sálského stáří (Brosche 1996). Nejhlubší klínové formy v této oblasti (až 6 m) byly odkryty v profilech u Ahlum východně od Wolfenbütte (Brosche 1996).

V polské části Severoevropské nížiny mají různě staré sálské pseudomorfózy rovněž poměrně bohaté zastoupení (Obrázek 8C; Marks et al. 2019, Mleczak et al. 2021, Mleczak a Pisarska-Jamrozy 2019). Výraznější agradace souvislého permafrostu a vývoje syngenetických mrazových klínů je spjata již s obdobím 310-240 ka v MIS 8 (Marks et al. 2019). Odtud pochází také pseudomorfózy ledových klínů na území západního Běloruska v lokalitě Rečyca (~275 ka) a ve stejné lokalitě je dokumentována jejich druhá mladší generace vzniklá během 199-187 ka při počátku MIS 6 (Marsks et al. 2019). Mladší generaci reliktních klínů z MIS 6 lze nalézt v hrubozrnných fluviálních píscích bývalých divočících toků v okolí města Bełchatów (Zieliński 2007). Na další z mnoha lokalit poukazují např. Mleczak et al. (2021), kteří popisují izolované klíny ve dvou lokalitách – Koczery na středovýchodním okraji země a Ostrowąs na severozápadě. V obou oblastech jsou zjištěny pseudomorfózy epigenetického původu i syngenetické mrazové klíny nalezené v nevytříděném glaciálním tillu, jejichž šířka se pohybuje od několika cm po 0,8 m. Vzhledem k tomu, že došlo k efektivnímu mrazovému pukání i

v takto hrubozrnném materiálu, musely v době jejich vývoje panovat nezbytně velmi nízké teploty (Mleczak et al. 2021). Rovněž je zmíněno, že zatímco výrazná glacifluviální akumulace zamezila dřívějšímu rozvoji těchto mrazových klínů, které se tak mohly vyvíjet až po odeznění výrazné sedimentace, úzké syngenetické mrazové pukliny vznikaly již v jejím průběhu (Mleczak et al. 2021).



Obrázek 8: *Ukázka středoevropských pseudomorfóz ledových klínů vzniklých během různých fází sálského komplexu a pestrosti jejich výplně a geologického substrátu do kterého jsou vloženy* ***A:*** *Pseudomorfóza ledového klínu z ranné fáze sálského komplexu vložená do glacilakustrinních sedimentů v hlavní sálské terase (Eissmann 2002)* ***B:*** *Pseudomorfóza ledového klínu a projevy kryoturbace umístěné do fluviálních štěrků hlavní sálské terasy řeky Munde v JZ části povrchového dolu Delitzsch (Junge et al. 2008).* ***C:*** *Hluboká syngenetická pseudomorfóza mrazového klínu z období zalednění Warty ve středním Polsku (Rdzany 2014).*

Kromě ukládání spraší jsou chladná období sálského komplexu, a především glaciál riss, v extraglaciálním prostředí rakouského území spojena s mocnou glacifluviální akumulací a divočícím charakterem říčních koryt za vzniku série teras Hochterrasse v severním alpském předpolí (van Husen 2011). Odpovídajícími středně pleistocenními terasami jsou například Schlosshof (datováno kosmogenními nuklidy na 340±170 ka, ~MIS 10) v Moravském poli a níže položená Gänserndorfer (luminiscenčně datováno na: 260±30 až 120±10 ka, MIS 8-6), která je dobře zřetelná v Tullnské pánvi i v okolí Vídně (Braumann et al. 2018, van Husen 2011). Báze terasy Gänserndorfer se nachází přibližně 16 m nad současným Dunajem (Fuchs 1964). Okolo 10–15 m mocné štěrkové těleso je na velké části překryto spraší a písky posledního glaciálu (Weissl et al. 2017). Vídeňská pánev je protkána několika zlomy orientovanými ve směru jihozápad-severovýchod (zlomy Aderklaa-Bockfliess, Markgrafneusiedl) a transferovým zlomem vídeňské pánve, které způsobily tektonické poklesy některých částí teras (Weissl et al. 2017). Ve vídeňské pánvi bylo nalezeno mnoho různých forem periglaciální evidence dřívějšího permafrostu, která může být spjata s rissem (např. Beidinger et al. 2011), ale vzhledem k absenci jejich datování nelze období vývoje žádné z nich spolehlivě potvrdit, protože mohou být výrazně mladšího charakteru.

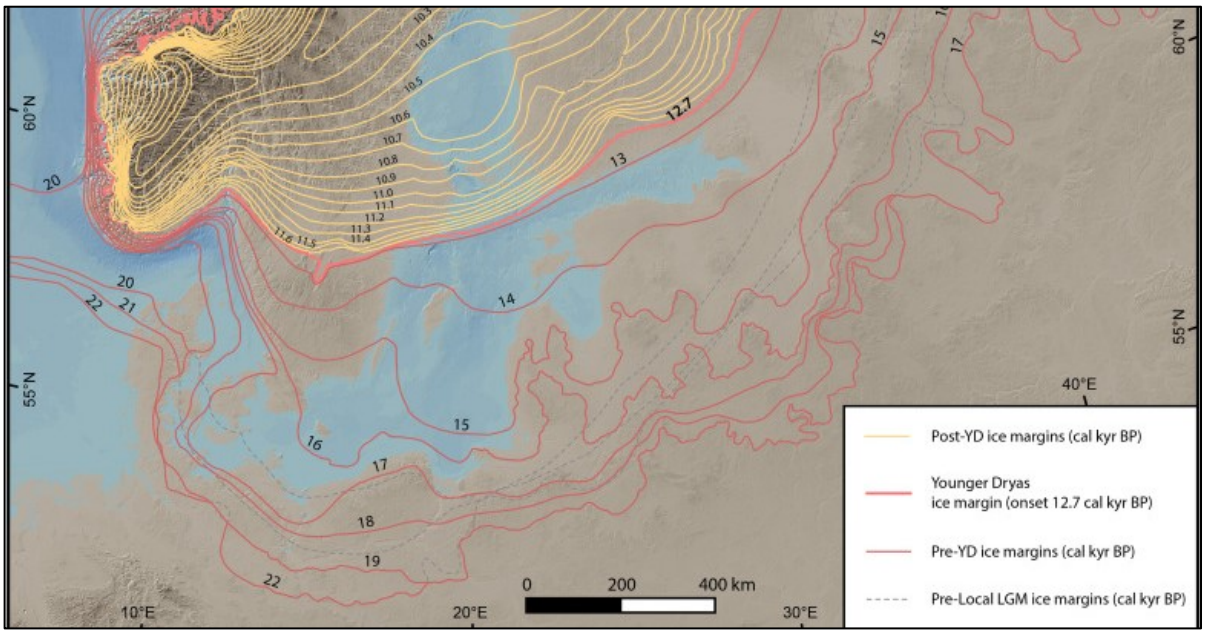
2.5 Viselský glaciál

2.5.1 Maximální rozsah zalednění ve viselském glaciálu

Spodní viselský pleniglaciál (~70-60 ka, MIS 4) je spojen s prvním výrazným rozvojem zalednění, které dosáhlo až k jižním břehům Baltu, ale hlouběji do Evropy se ledovec nedostal (Helmens 2014, Lambeck et al. 2010). K průniku ledovce do střední Evropy došlo až během svrchního viselského pleniglaciálu (MIS 2). Maximální rozsah kontinentálního zalednění střední Evropy je spojen s Lešno-Braniborských stádiem okolo 22 ka (LGM, Obrázek 9; Stroeven et al. 2016, Tylmann et al. 2019). Během LGM je rovněž předpokládána nízká hladina světového oceánu, snížená oproti současné době o 120 m (Hughes a Gibbard 2015).

Pozdně glaciální rozsáhlá deglaciace Skandinávie o rychlosti ústupu zalednění až ~500 m/rok byla dočasně přerušena chladným výkyvem v podobě mladšího dryasu, který je spojen s posledním krátkodobým rozvojem pleistocenního chladného klimatu (Patton et al. 2017).

Přechod do mladšího kvartéru (mladší dryas/preboreál) je naopak spjat s prudkým oteplením, a proto s sebou rovněž přináší zásadní změny přírody, z nichž nejvýznačnější je úbytek plochy kryogenní sféry. Vzhledem k tomu, že byla hranice mezi pleistocénem a holocénem (11,7 ka) vymezena na základě izotopových analýz jader Grónského ledovce, neodpovídá konci MIS 2 (14,5 ka), ale závěru Grónského stadiálu 1 (GS1; Walker et al. 2009).

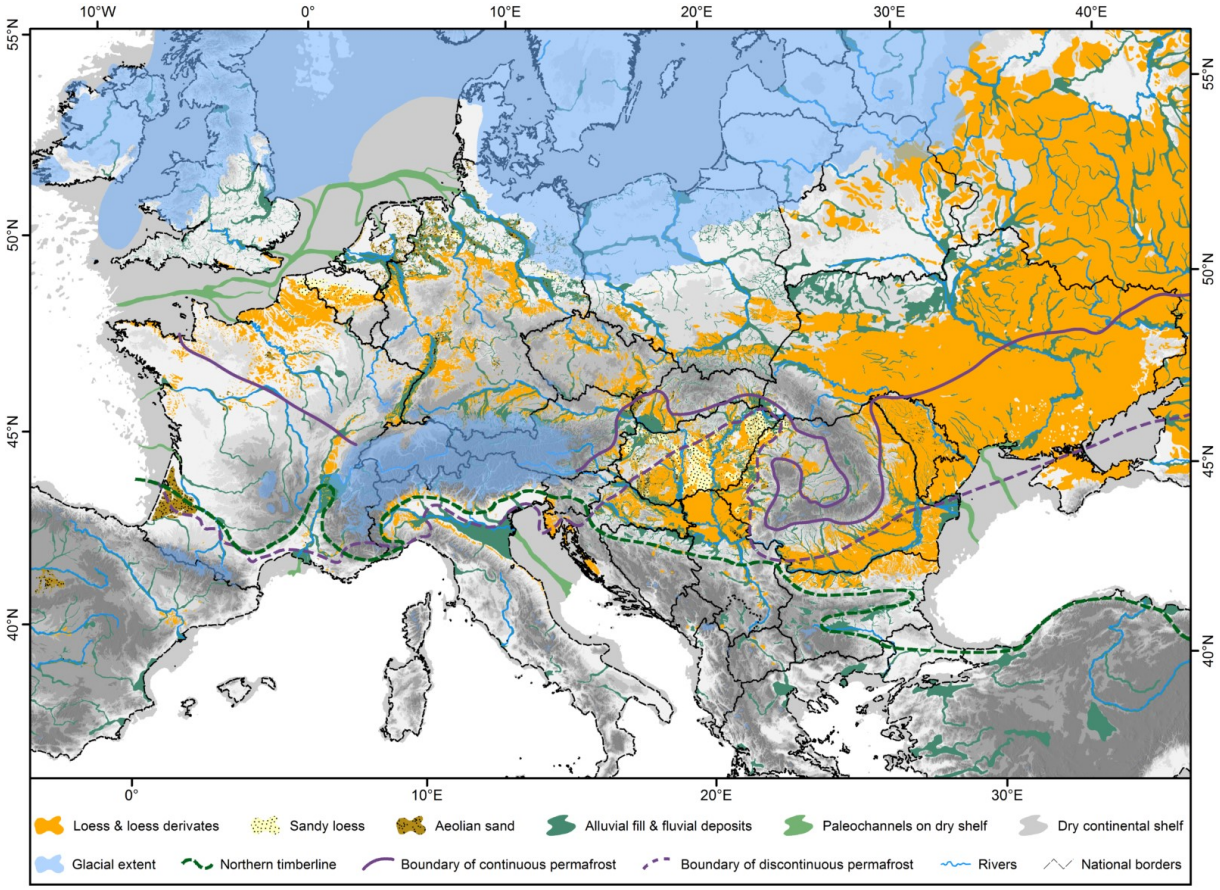


Obrázek 9: *Rekonstrukce deglaciace jižního okraje Skandinávie od LGM. Nejjižnější limit - Lešno-Braniborská fáze (~22 ka, LGM), tučně červeně - dočasné zamezení ústupu zalednění v mladším dryasu (~12,7 ka) a žlutě – zalednění v preboreálu. Stáří založeno na kombinaci více než 1300 datovaných vzorků sedimentu metodami* ^{14}C, ^{10}Be, ^{26}Al *a OSL (Stroeven et al. 2016).*

2.5.2 Rozšíření a evidence permafrostu ve viselském glaciálu

S ohledem na rozvoj zalednění nastal zásadní vývoj permafrostu během poslední doby ledové poprvé již v rámci spodního viselského pleniglaciálu (MIS 4; Richter 2016). Tento stadiál je většinou charakteristický zesíleným eolickým transportem a ukládáním sprašového materiálu či intenzivní kongelifrakcí za vzniku mrazových klínů (Richter 2016). Přítomnost permafrostu z MIS 4 lze doložit datovanými nálezy fosilních klínů z různých zemí Evropy – např. z Belgie (Ghysels a Heyse 2006) či Dánska (Kolstrup 2004), které jsou někdy jako starší generace polygonálních sítí v okolí mladších svrchně viselských pseudomorfóz.

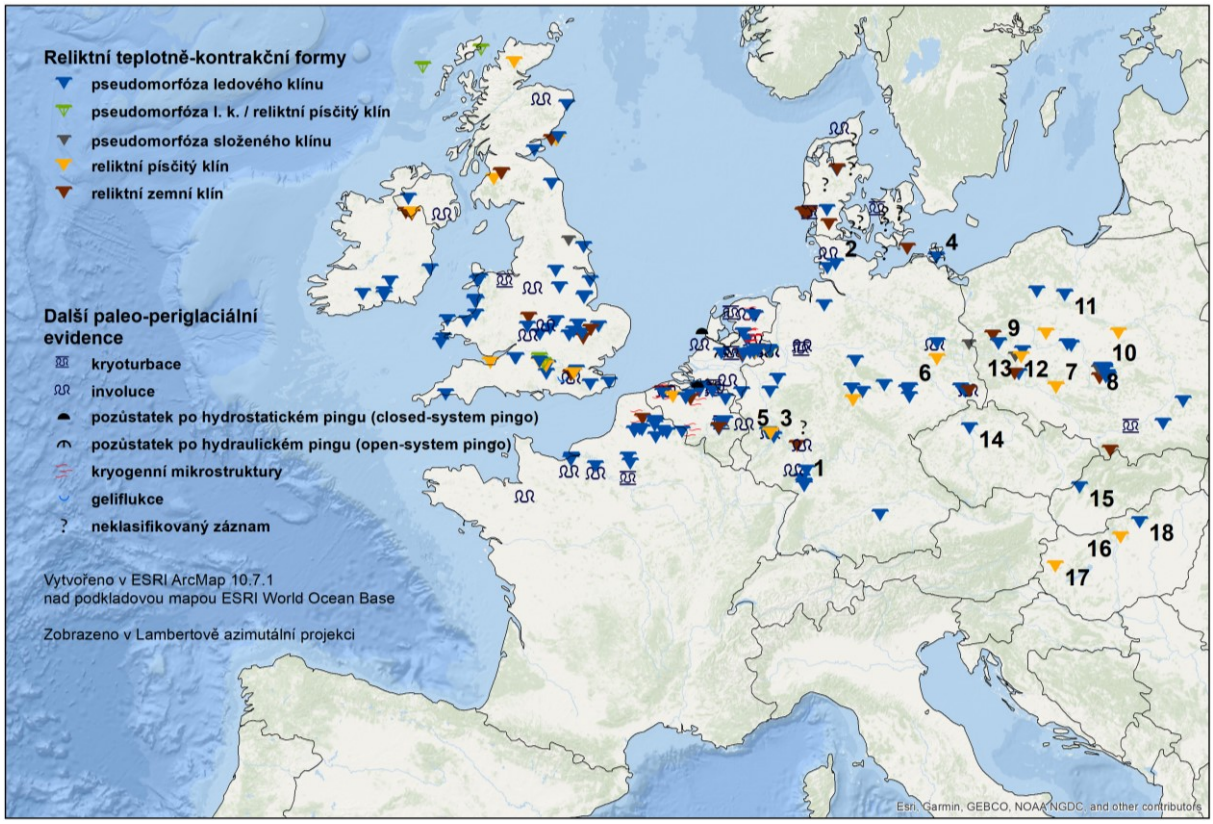
Rozšíření permafrostu v LPM/LGM (Obrázek 10) představuje podle některých autorů možné kvartérní maximum, a to i navzdory tomu, že zalednění středně pleistocenních glaciálů dosáhla prokazatelně mnohem větší plochy (van Vliet-Lanoë a Hallegouët 2001). Převážná většina datovaných přímých geomorfologických záznamů paleo-permafrost na území Evropy pochází právě ze svrchního pleistocénu (Obrázek 11, Tabulka 2).



Obrázek 10: *Paleoenvironmentální rekonstrukce prostředí Evropy během LGM/LPM. Znázorněno rozšíření sprašové, aluviální a fluviální depozice. Dále rovněž předpokládaná hranice souvislého a nesouvislého permafrostu, rozsah zalednění, severní hranice lesa a bávalé říční kanály na obnažených kontinentálních šelfech. Z mapy je patrný úzký pás podél východního okraje Rakouska, který se během LPM již možná nacházel mimo zónu souvislého permafrostu stejně jako nejižnější části Slovenska (Nett a Pötter 2021).*

Přestože jsou pseudomorfózy mrazových klínů v Evropě velmi rozšířeným jevem, je v mnoha oblastech jižní hranice souvislého permafrostu doposud nejasná (Ruszkiczay-Rüdiger a Kern 2016). V západní Evropě dosáhl souvislý permafrost pravděpodobně až k 45° s. š. a to díky vazbě na zalednění alpského orogénu (Vandenberghe et al. 2014). Směrem k Atlantiku se tato hranice vlivem rostoucí vzdálenosti od zalednění a poklesem kontinentality posouvala k severu (Obrázek 10). Pseudomorfózy ledových klínů, které jsou spolehlivým geoindikátorem souvislého paleo-permafrostu doposud nebyly na francouzském území nalezeny pod úrovní 47° s. š. (Andrieux et al. 2016). Existenci osamocené pseudomorfózy ledového klínu z LPM v blízkosti Bordeaux nelze vysvětlit dřívější přítomností ze severu zasahujícího souvislého permafrostu ale spíše velmi příhodnými lokální podmínkami (Bertran a Fabre 2005).

Rozsáhlé zalednění Alp rovněž i ve střední a jižní Evropě umožnilo vývoj souvislého permafrostu v nižších zeměpisných šířkách, než kam by pravděpodobně zasáhl přirozeně vlivem klimatické zonality. Důkazem jsou pseudomorfózy ledových klínů nalezené v severní Itálii (Mariani et al. 2015). Směrem dál na východ do vnitrozemí evropského kontinentu jižní hranice souvislého nížinného permafrostu již pravděpodobně nesestoupila pod úroveň 45° s. š.



Obrázek 11: *Neúplná periglaciální evidence svrchně pleistocenního permafrostu či sezóně zmrzlé půdy ve střední a západní Evropě. Označené lokality představují vybrané datované psedomorfózy na území Německa, Polska, Česka, Slovenska a Maďarska a jejich čísla odpovídají záznamům v tabulce (Tabulka 2). Zdroje: Neoznačené lokality - Vandenberghe et al. 1998; označené lokality – viz. Tabulka 2.*

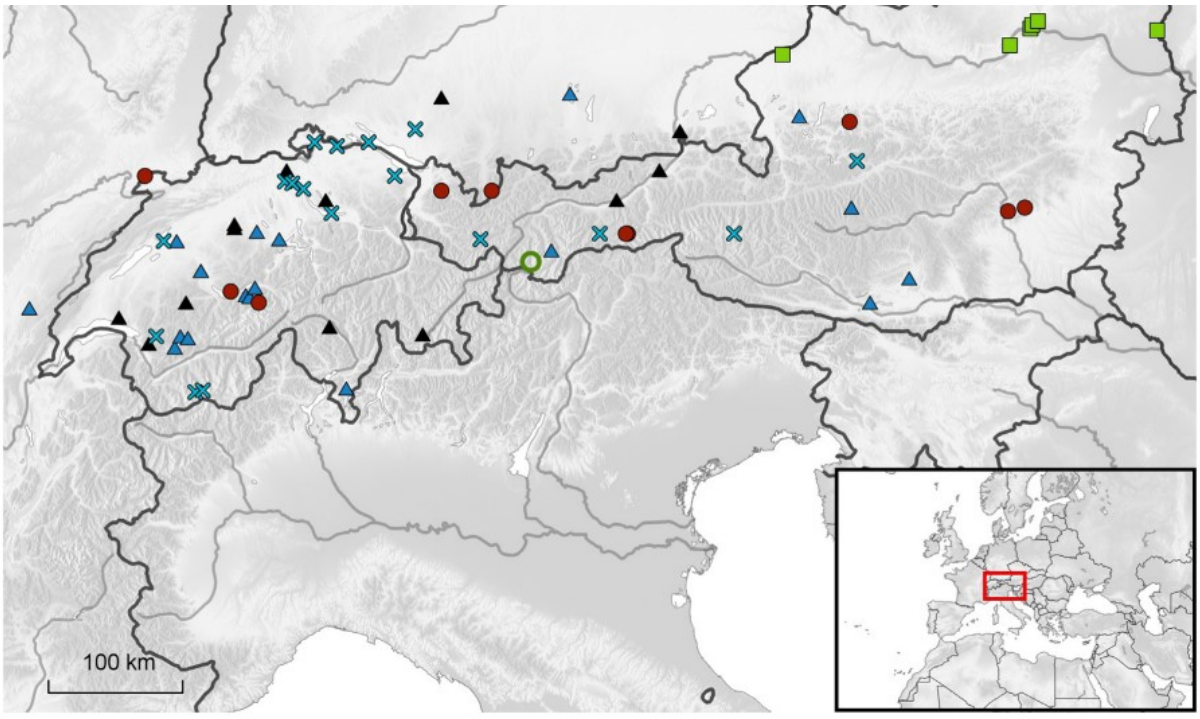
Tabulka 2: *Středoevropské lokality pseudomorfóz s vybranými základními charakteristikami. Číslo lokality odpovídá oblastem v předchozí mapě (Obrázek 11). Zdroje: č. 1-11: Vandenberghe et al. 1998; č. 12-13: Ewertowski et al. 2017; č. 14: Nyplová a Křížek 2010; č. 15-16, 18: Budek at el. 2013; č. 16-17: Fábián 2013.*

č.	lokalita	typ	nadm. výška [m n. m.]	geomorfologická poloha / charakteristika reliéfu	geologický substrát ve kterém je forma nelezena	složení výplně	datování [ka]	rozměry klínů: hloubka, šířka [m]	délka hlavní osy [m]
1	Německo, Leimen-Heidelberg	ledová	107	fluviální terasa, hornorýnský zlom	jemnozrnný eolický silt	-	37	4; 1	10
2	Německo, Ramsdorf	ledová	-	náplavový kužel (sandr)	jemnozrnný eolický silt	-	40	6; 2	15
3	Německo, Ariendorf	písčitá	130	fluviální terasa	hrubozrnný fluviální sediment	-	35.9	2.9; 1.4	3
4	Německo, Jasmund-Rügen	ledová	-	plochý reliéf viselského zalednění	jemnozrnný eolický silt	-	43.3	3; 1	15
5	Německo, Goldenen Meile	písčitá	-	fluviální terasa	hrubozrnný fluviální sediment	-	19.4	3; 1.9	30
6	Německo, Bitterfeld	ledová	-	fluviální terasa	jemnozrnný	-	21.6	3.5; 1.5	15
7	Polsko, Kepno	písčitá	173	fluviální plošina	jemnozrnný	-	36.8	2.1; 0.5	15
8	Polsko, Lublinek	složená	165	fluviální terasa	hrubozrnný	-	41.6	1.4; 0.7	10
9	Polsko, Lewice	ledová	-	náplavový kužel (sandr)	jemnozrnný eolický silt	-	32.9	1.2; 0.8	20
10	Polsko, Lodz-Teofilów	ledová	-	plochý reliéf sálského zalednění	jemnozrnný eolický silt	-	51.9	3; 0.4	20
11	Polsko, Poledno	ledová	-	glacifluviální morénová plošina	jemnozrnný eolický silt	-	32	2; 1	20
12	Polsko, Kaszcor	složená	80	fluviální terasa	subglaciální till	písek a štěrk	17.5-18.6	3; <2.5	5-20
13	Polsko, Włoszakowice	písčitá	110	fluviální terasa	subglaciální till	jemnozrnný písek	14.6-14.9	1.8-3; 0.1-0.3	5-30
14	Česko, Kostomlaty pod Řípem	ledová	270	fluviální terasa	fluv. písky a štěrky, spraš	jemnozrnný písek	30.1-46.5	0.5-6; 4	3-25
15	Slovensko, Trenčianska Turná	ledová	270	fluviální terasa	písčitý jíl, silt	písek a spraš	16.7	<1.2; <0.7	-
16	Maďarsko, Mogyoród	písčitá	255	fluviální terasa, mírně zvlněný reliéf	štěrkopísky	písek a spraš	15.7-22.2	1.5-3; 0.25-0.6	2-5
17	Maďarsko, Csiperek	písčitá	230	fluviální terasa, plochý až mírně zvlněný reliéf	aluviální štěrky	písek	15.7-22.2	2-3; 1	10
18	Maďarsko, Eger	ledová	126-480	erodovaný kopec při okraji údolí	jílovitopísčité koluvium	spraš, sprašová hlína	28-30	- ; <1	-

3 Klimaticko-geomorfologický vývoj území Rakouska od posledního zalednění do začátku holocénu

3.1 Porovnání paleoklimatických modelů s proxy záznamy a jejich význam pro popis prostředí permafrostu

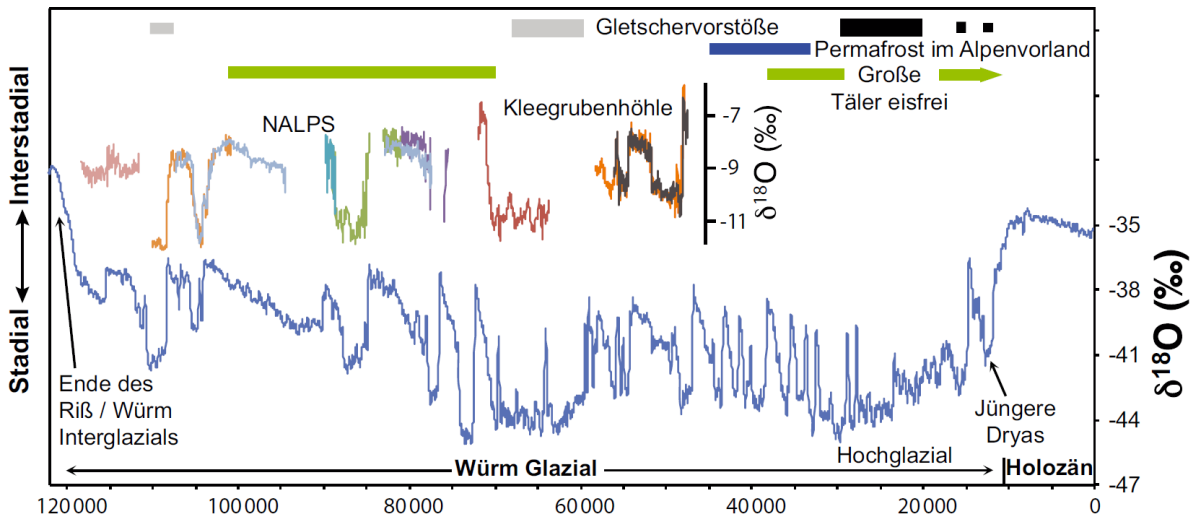
Charakteristika časoprostorového vývoje permafrostu v Rakousku pouze pohledem přímé geomorfologické evidence je ze současných záznamů nedostatečná. Formy přímo spjaté s pleistocenním permafrostem jsou na rakouském území zmapovány velmi sporadicky. Z tohoto důvodu je vhodné doplnit popis vývoje pleistocenní periglaciální krajiny o další přírodní archivy s nepřímými záznamy jako jsou spraše, jezerní sedimenty či jeskynní speleotémy (*Multi-proxy analysis;* Obrázek 12, Obrázek 13). Využití multi-proxy přístupu navíc umožňuje mnohem komplexnější interpretaci paleoenvironmentální rekonstrukce prostředí svrchně pleistocenního permafrostu. Kromě výpovědní hodnoty tradičně užívané biologické, litologické či geomorfologické evidence se lze opřít také o moderní simulace paleoklimatických modelů, jejichž vstupy jsou na kombinaci těchto proxy dat běžně založeny (Lowe a Walker 2015).



Obrázek 12: *Ukázka vybraných lokalit nejvýznamnějších paleoklimatických proxy archivů posledního glaciálu v alpském regionu a přilehlých oblastech. Zelené čtverce: spraše, červené kruhy: spelotémy, modré křížky: ledovce a morény, zelené kruhy: letokruhy stromů, modré trojúhelníky: jezera, černé trojúhelníky: plošiny paleojezer a rašelina (Heiri et al. 2014).*

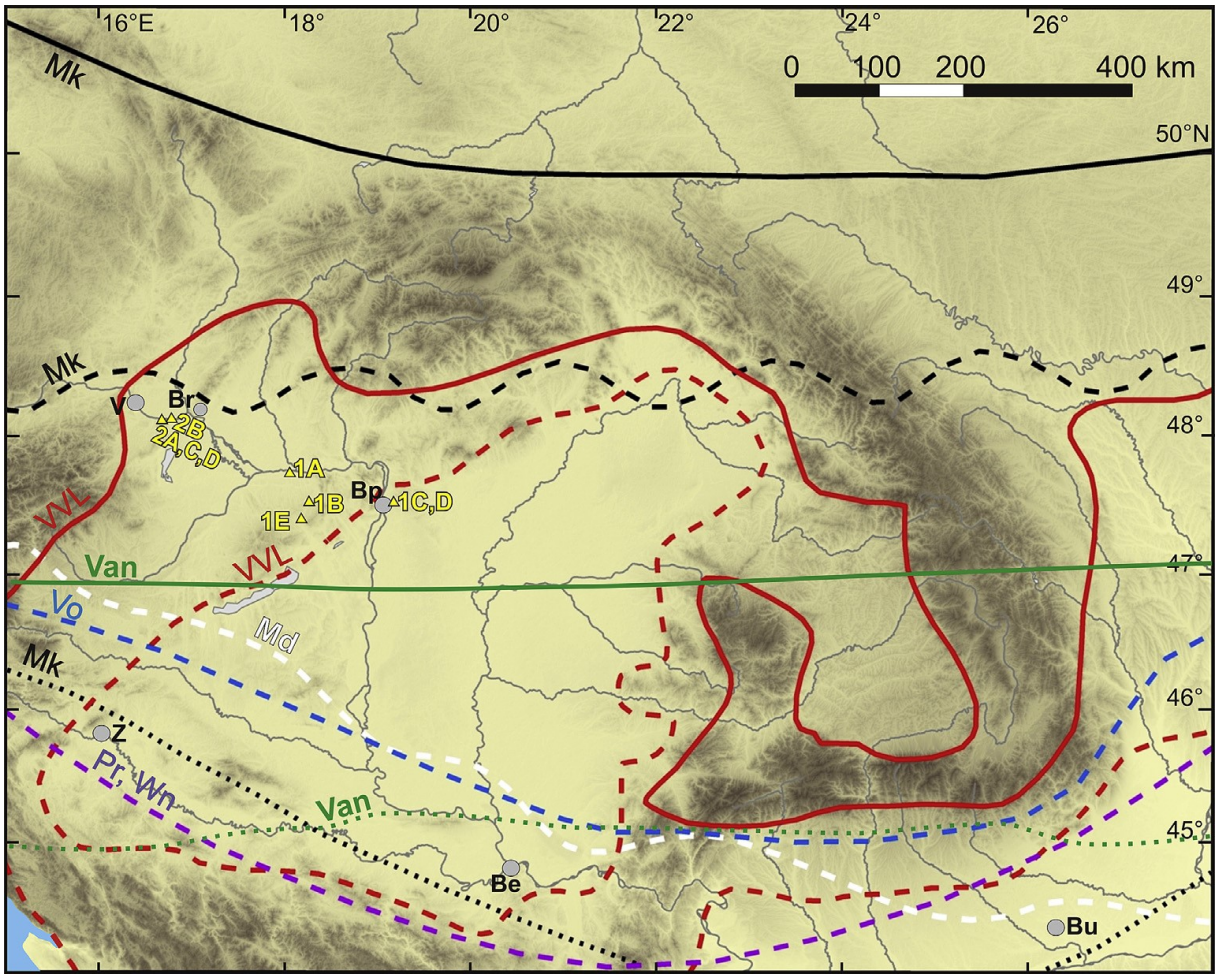
Model PERICLIMv1.0 založený na empirických vztazích mezi paleoklimatem a dřívější mocností činné vrstvy, umožňuje odhadnout paleoteploty vzduchu (Uxa et al. 2021). Výsledky modelu předpokládají pro období LGM na jižní Moravě MAAT mezi −6,6±2,7 až −3,3±2,0 °C. Nejextrémnější teploty v permafrostu střední Evropy obecně panovaly v blízkém předpolí ledovců a v kontinentálním klimatu (Bartlein et al. 2011). Centrální část Panonské pánve se vyznačovala vyšší kontinentalitou než západnější oblasti střední Evropy (Ludwig et al. 2016, Sebe et al. 2015). Potvrzují to nalezené a datované reliktní písčité klíny, které pro svůj vznik vyžadují chladnější a sušší podmínky (Fábián 2013). To je v přímém rozporu s pylovými záznamy, které v této oblasti předpokládají pro LGM MTWM 9-12 °C, MAAT 0±2 °C a MAP 300–490 mm (Magyari et al. 2016, Ruszkiczay-Rüdiger a Kern 2016, Sümegi a Krolopp 2002).

Globální klimatické modely EdGCM, CCSM4 či CLIMBER-2 interpolované pro vídeňskou pánev předpokládají podobné mírnější podmínky jako pylové záznamy, kdy MTCM během LGM rekonstruují pod -15 °C, zatímco MTWM během nejteplejší části roku až k 13 °C (Szuman a Czernecki 2011, Tallavaara et al. 2015). MAP pravděpodobně kolísaly okolo 450 mm, přičemž směrem na východ do oblasti Panonské pánve mírně klesaly společně s narůstající mírou kontinentality (Hijmans et al. 2005, Szuman a Czernecki 2011, Tallavaara et al. 2015). Pro oblast severovýchodního předpolí Alp jsou odhadovány MAAT o přibližně 10-12 °C nižší než v současnosti (Kuhlemann et al. 2008). Během chladného výkyvu v podobě mladšího dryasu se MTCM pohybovala již nad hranicí -10 °C (Tallavaara et al. 2015).



Obrázek 13: *Vývoj svrchně pleistocenního klimatu Rakouska pohledem různých záznamů korelovaný s izotopickým vývojem $\delta^{18}O$ v Grónském ledovci – modrá křivka (projekt NorthGRIP). Ostatní křivky představují shodný trend izotopického vývoje v sintrech severoalpských jeskynní. Černé pruhy značí spolehlivě prokazatelný rozvoj horského zalednění. Šedé pruhy poukazují na předpokládaný rozvoj horského zalednění. Modrý pruh značí období zásadního rozvoje permafrostu a hlavní fázi ukládání spraše v Dolních Rakousech. Zelené pruhy představují období, během kterých nebyla hlavní údolí a pánve východních Alp zaledněná (Auer et al. 2014).*

Pohledem některých globálních i regionálních paleoklimatických rekonstrukcí rozšíření permafrostu během LPM/LGM měl permafrost na severozápadním okraji Panonské pánve svou jižní hranici souvislého rozšíření, která území ohraničovala prostřednictvím masivu karpatského oblouku a směrem na jih do centrální části pánve souvislý permafrost rychle přecházel na nesouvislý a sporadický (Obrázek 14; van Vliet-Lanoë et al. 2004). Jiné rekonstrukce rozšíření permafrostu nerespektují specifickou topografickou polohu Panonské pánve ohraničení horskými masivy Alp a Karpat (Maruszczak 1987). Těmto výstupům opět výrazně rozporuje rozsáhlé množství nalezených pseudomorfóz ledových či písčitých klínů v centrálním Maďarsku, které jsou tradičně významnými geoindikátory souvislého rozšíření permafrostu (např. Fábián et al. 2009).



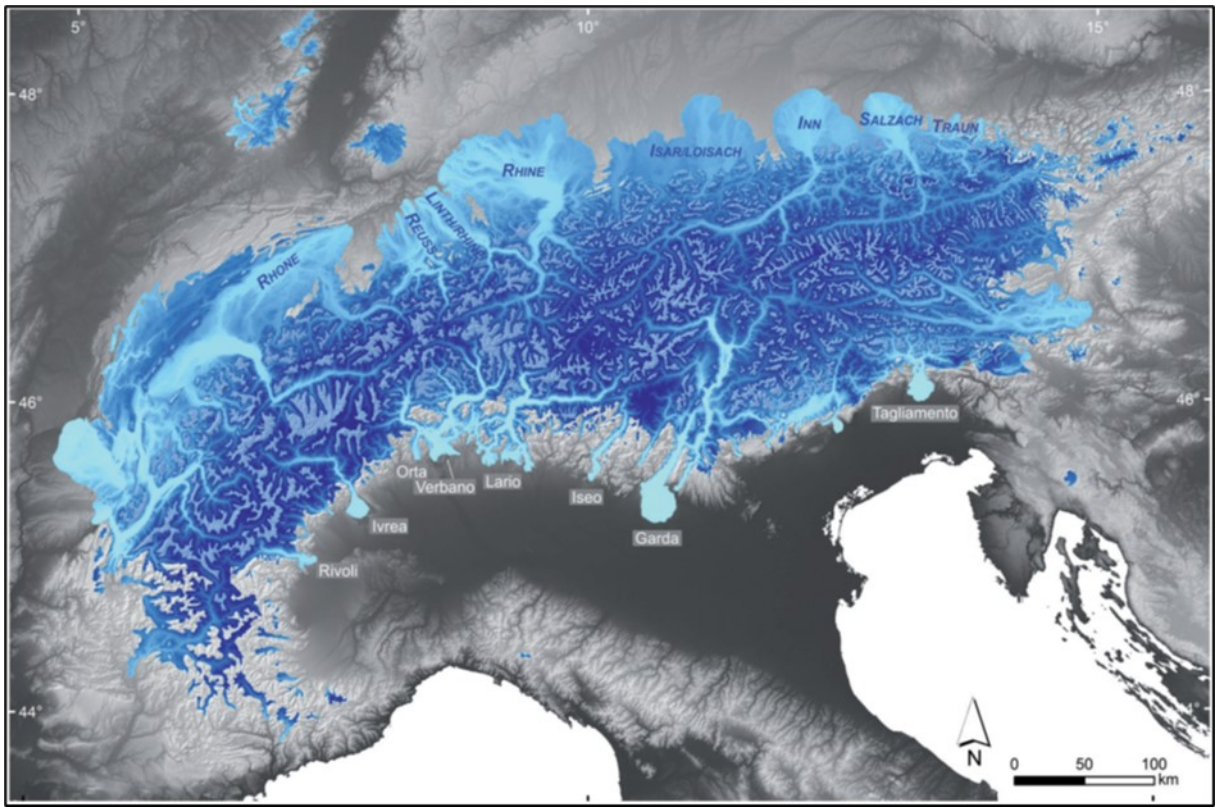
Obrázek 14: *Rekonstrukce nejasné jižní hranice středoevrospkého permafrostu na území Panonské pánve během LPM/LGM na základě různých zdrojů podle Ruszkiczay-Rüdiger a Kern (2016). Spojitou linií je vyjádřena hranice souvislého permafrostu, přerušovaná linie vyjadřuje jižní okraj nesouvislého permafrostu a tečkovaná linie hranici sporadického permafrostu. Md: Maarleveld (1976); Mk: Maruszczak (1987); Pr: Poser (1948); VVL: Van Vliet-Lanoë et al. (2004); Van: Vandenberghe et al. (2014); Vo: Velichko (1982); Wn: Washburn (1980). Někteří autoři (Md, Pr, Vo, Wn) mezi jednotlivými typy permafrostu nerozlišovali, zde vyjádřeno jako hranice nesouvislého permafrostu. V: Vídeň, Br: Bratislava, Bp: Budapešť, Z: Záhřeb, Be: Bělehrad, Bu: Bukurešť.*

3.2 Rozsah a vývoj alpského zalednění

První zásadní postup alpských ledovců v posledním glaciálu lze vymezit již do MIS 4 (71–57 ka), avšak doposud není známa přesnější podoba zalednění (Seguinot et al. 2018). Kromě vymezení plochy ledovců je zásadní především otázka, zdali došlo k jejich rozvoji i do hlavních alpských údolích. Hlavním důvodem nejistoty je absence ledovcově přemodelovaného reliéfu v důsledku pozdějšího mocnějšího zalednění během LGM. Výsledky nejnovějších výstupů modelů zalednění však naznačují, že rozloha alpského zalednění během spodního viselského pleniglaciálu mohla dosáhnout přibližně ze ¾ významu plochy v LGM (Seguinot et al. 2018).

Počátek rozvoje ledovců do maximálního objemu nastal již v závěru MIS 3 (~31 ka) a je v hlavních odvodňovacích systémech Severních vápencových Alp v základních rysech zaznamenán podobně, protože se všechny vyznačují obdobnými topografickými rysy v podobě dlouhých, podélných a mírně se svažujících údolí, zatímco vedlejší přítoková údolí jsou naopak výrazně kratší a strmější (Martinez-Lamas et al. 2020, van Husen 1997). Během této iniciální fáze začalo nejprve docházet k rozvoji zalednění v kratších strmých údolích vnitřních Alp, poté se začalo zalednění rozvíjet i v mírnějších hlavních údolích až došlo k jejich propojení a v závěrečné fázi se spojené ledovce společně rozšířily hlavním údolím a ve formě rozsáhlého výtokového piedmontu se dostaly hluboko do předpolí, kde při ústupu zanechaly 20-40 m vysoké morénové akumulace (van Husen 2011).

Během LGM, kterou lze pro Východní Alpy vymezit okolo 26,5-20 ka, se alpské klima vyznačovalo zesíleným severojižním gradientem teploty a srážek (Obrázek 15; Auer et al. 2014, Reitner 2013). Evidentní byl také západovýchodní gradient, který byl typický silným nárůstem kontinentality. Dobrým důkazem je velký úbytek ledovců na svazích nejvýchodnějších částí Alp, kdy přibližně od východní poloviny hřebenu Nízkých Taur bylo horské zalednění již jen sporadického charakteru (Ivy-Ochs 2015). Úroveň ELA byla v závislosti na lokálním klimatu až o 1200-1500 m níže, než je tomu dnes, ale současně asi o 100 m výše než během rozsáhlejšího zalednění předešlého rissu (Auer et al. 2014, Penck a Brückner 1909, Reitner 2013, van Husen 1997). Např. Benz (2003) na základě GIS simulací odhaduje pokles ELA ledovce Schaffhausen v LGM vůči LIA o 1400 m a letní teploty v alpském předhůří v Curychu kolem 3,2 °C. Maximální mocnosti, kterých rozsáhlé zalednění v hlavních tunelových údolích dosahovalo se odhadují na 1500–2000 m (Benz 2003). Celková plocha soustavy rozlehlého zalednění alpského orogénu a jeho předpolí je na základě paleorekonstrukcí vymezena na ~126000 km^2 (Fitzsimons a Veit 2001).

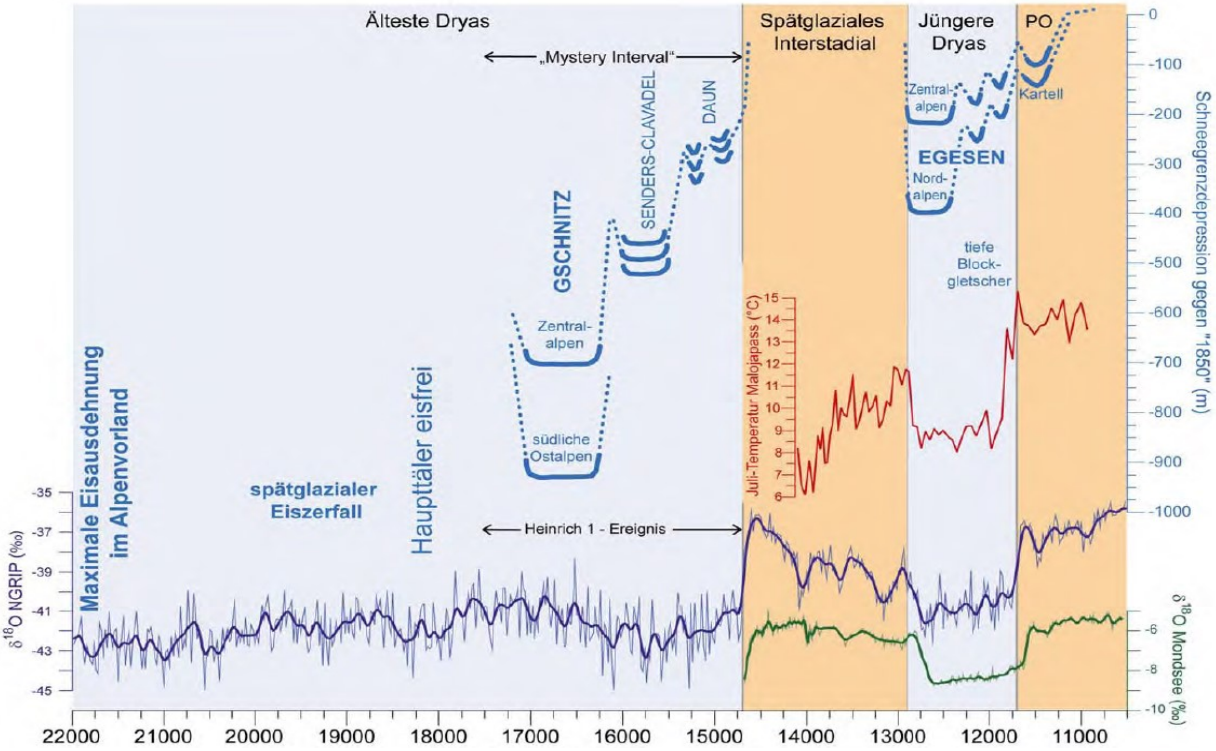


Obrázek 15: *Soustava horského zalednění Alp během LGM s vyznačenými hlavními piedmontními ledovci (Ivy-Ochs 2015).*

Evropsky tradičně užívané dělení následného pozdního glaciálu do několika chladnějších a teplejších fází (nejstarší dryas, bølling, starší dryas, allerød a mladší dryas) má v Alpách vlastní terminologii – bühl, steinach, gschnitz, daun a egesen (Ivy-Ochs 2015). Význam každého z těchto dílčích období pozdního glaciálu je detailně popsán v jednotlivých referenčních oblastech polohou a morfologií morén, které indikují krátkodobé chladnější stadiální podmínky a klimaticky citlivou ELA, která je porovnávána s polohou pro období LIA, jenž představuje iniciální fázi moderní doby (Obrázek 16; Ivy-Ochs 2015).

Období pozdního glaciálu (ca 19-11,7 ka) je v obecném trendu spojené s masivní deglaciací, degradací horského permafrostu a postupně také s postupným spuštěním aktivity kamenných ledovců. Extrémní intenzitu deglaciace popisují Ivy-Ochs et al. (2008), kteří odhadují, že již do 18 ka došlo ke ztrátě až 80 % objemu ledu oproti stavu v LGM. Nejzásadnějším stadiálem pozdního glaciálu je období mladšího dryasu (fáze Egesen, 13,5-12 ka; Ivy-Ochs 2015). V nejchladnější fázi stadiálu Egesen panovalo kontinentální suché klima se srážkami oproti současnosti nižšími asi o 30 % a teplota byla o přibližně 2,5-4 °C nižší (van Husen 2011). V závislosti na lokálním klimatu je udáván pokles ELA v rozmezí 300-500 m vůči LIA, což je až přibližně třetinový pokles než během LGM (Auer et al. 2014).

Nižší hodnoty poklesu ELA se vztahují k částem Alp s kontinentálnějším a sušším podnebím, naopak nejvýraznější pokles nastal zejména v severozápadních částech horského systému a v jižní středomořské části Alp, které byly více dotovány vlhkostí ze středomoří (Kerschner 1981). Hranice horského permafrostu během nejchladnější fáze mladšího dryasu mohla být níže až o 600 m (Auer et al. 2014).

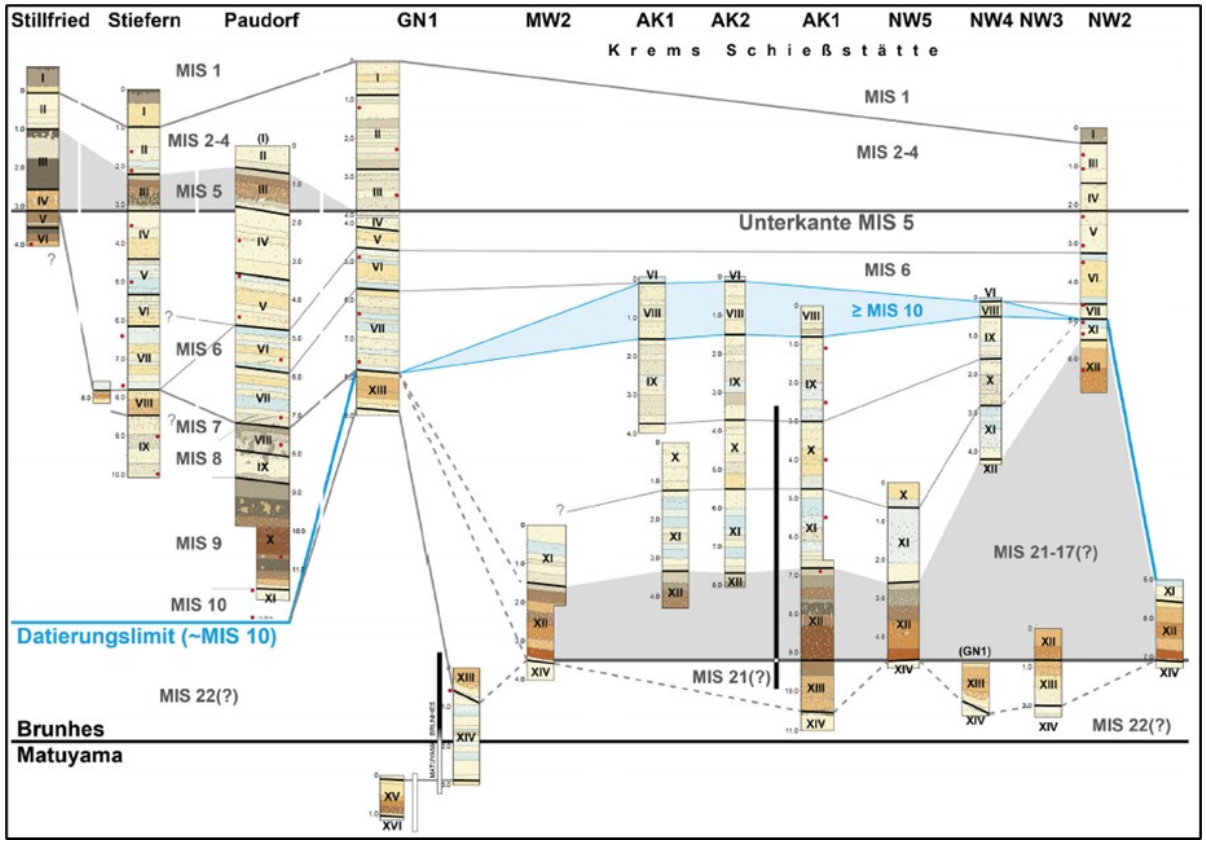


Obrázek 16: *Komplexní pohled na vývoj klimatu a zalednění Rakouska od konce LGM do mladšího dryasu. Modrá křivka: Vývoj procentuálního zastoupení $\delta^{18}O$ ve vrtném ledovcovém jádru NorthGRIP v Grónském ledovci (ostatní údaje jsou s tímto záznamem korelované). Zelená křivka: Izotopický vývoj $\delta^{18}O$ ve vápenatých schránkách lasturnatek v dnových sedimentech jezera Mondsee. Červená křivka: Vývoj červencové teploty v Malojském průsmyku ve Švýcarsku.„Modré misky" poukazují na velikost snížení linie rovnovážné sněhové bilance oproti roku 1850 (vrchol LIA) pro základní alpské regiony, přerušovanou čárou je vyjádřena nejistota (Auer et al. 2014).*

3.3 Charakteristika prostředí permafrostu

3.3.1 Popis vývoje glaciálního klimatu na základě studia spraší

Sprašové horizonty představují komplexní pohled na vývoj klimatu a sedimentace Rakouska již od báze středního pleistocénu (Obrázek 17). Přibližně 90 % rozlohy rakouské sprašové krajiny je na území Horních a Dolních Rakous (Obrázek 18A; Rungaldier 1960). Terhorst et al. (2015) zmiňují velký význam velmi detailně zmapovaného západovýchodního transektu sprašového pásu ve směru Gunderding – Krems – Stillfried jako nejvhodnější příklad nárustu kontinentality a poklesu vlhkosti od Atlantiku směrem na východ do Panonské pánve v období chladných pleniglaciálů během fází ukládání spraše.



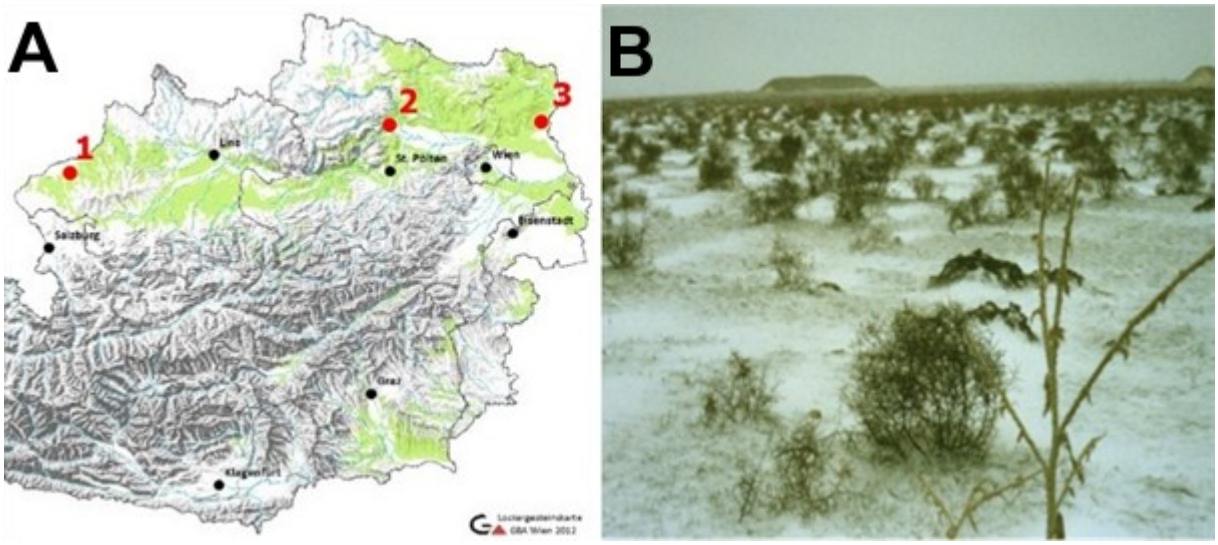
Obrázek 17: *Nákres dochovaných sprašových sérií s organickými horizonty paleopůdy v okolí Kremže zachycuje vývoj kvartérního klimatu Rakouska v podobě střídání chladných/aridních a teplých/humidních podmínek od báze středního pleistocénu. Tmavší horizonty jsou převážně zbytky fosilních černozemí a hnědozemí, které poukazují na pedogenezi v období kdy panovaly mírnější interglaciální nebo případně interstadiální podmínky. Naopak světle žluté horizonty představují samotný eolický sprašovový sediment bohatý na $CaCO_3$ akumulující se během chladných pleniglaciálů. Světlé šedé/modré horizonty jsou převážně charakteristické půdní typy tundry – kryosoly a glejsoly a z uvedených horizontů mají klimaticky nejblíže k podmínkám permafrostu. Římskými číslicemi jsou označeny konrétní souvrství pedokomplexů, jejichž skladba je odrazen specifického vývoje klimatických a lokálních sedimentárních podmínek v dané době. Tyto půdní komplexy jsou vzájemně korelovány s jejich časovými protějšky z jiných rakouských lokalit a s danými MIS (Sprafke 2016).*

Během spodního viselského pleniglaciálu (MIS 4) zřejmě nedocházelo k tak výrazné akumulaci spraše jako během MIS 2. Litostratigrafický hiát ve sprašových profilech známé lokality Stillfried mezi 106-57 ka (MIS 5c-4) pravděpodobně odkazuje na fázi glaciálu se slabším eolickým transportem v dané oblasti (Terhorst et al. 2011). V některých horizontech v centru Panonské pánve sprašová souvrství z této doby nejsou přítomná (Thiel et al. 2014).

Na západním okraji rakouských spraší je zachycen v interstadiálních částech profilů (MIS 3) projev pedogeneze v podobě dobře vyvinutého kambického horizontu, zatímco v časově odpovídající části pedokomplexu na okraji Panonské pánve tento horizont téměř chybí. To je kromě rozdílných klimatických podmínek způsobeno také vyšší mírou sedimentace spraše na východě sprašového pásu. V přechodné oblasti Kremže (Stratzing a Langlenlois) jsou obsaženy také horizonty tundrových glejů z MIS 3 (Thiel et al. 2011). Prostorová charakteristika profilů vzniklých v průběhu MIS 3 naznačuje výraznou oscilaci klimatických podmínek umožňujících pedogenezi, která byla během 2. pol. MIS 3 několikrát narušena vývojem permafrostu (Heiri et al. 2014). Mírněji chladné a mírněji vlhčí klima dokládá např. horizont Stillfried B (interstadiál Dekamp, 30-28 ka; Buch a Zöller 1990). Naopak období MIS 2 je vlivem chladnějšího a aridnějšího klimatu ve všech studovaných lokalitách specifické souvrstvími tundrových glejů, kryosolů a spraší s nepříhodnými podmínkami pro vývoj půdy (Heiri et al. 2014).

Za hlavní fázi ukládání rakouských spraší během posledního glaciálu lze zřejmě považovat období glaciální stepi mezi závěrečnou fází interstadiálu MIS 3 a vrcholem LGM (~40-22 ka, Obrázek 18B; Auer et al. 2014, Heiri et al. 2014). Během období spjatého s maximální lesifikací a intenzivním mechanickým zvětráváním hornin, se ve sprašové krajině permafrostu efektivně uplatňovala silná eolická modelace reliéfu, která také umožňovala vznik tvarů, jakými jsou obří jardangy (Sebe et al. 2015). K významnému ukládaní sprašového materiálu docházelo při zeslabení transportní činnosti větru v závětrných partiích svahů a v oblastech ve směru na jih až jihovýchod jako je centrální část Panonské pánve (Ruszkiczay-Rüdiger a Kern 2016, Újvári et al. 2010).

Výrazný eolický transport a ukládání sprašových zrn pokračoval ještě během závěrečného glaciálu (~14-13 ka), avšak nedosahoval intenzity z vrcholné glaciální fáze (Gábris et al. 2002, Hošek et al. 2020). O vývoji intenzity eolické aktivity a převládajících směrech dřívějšího proudění svědčí například velikost a orientace písečných paleo dun při severním okraji vídeňské pánve (Hošek et al. 2017, 2020). Morfologie těchto forem s převládající S-J a SZ-JV orientací poukazuje na několik různých generací dun, které jsou pravděpodobně odrazem změn ve směru převládajícího proudění v důsledku kolísání rozlohy kontinentálního a alpského zalednění (Hošek et al. 2020).



Obrázek 18: A: *Rozšíření spraší na území Rakouska. Lokality 1, 2 a 3 představují referenční oblasti konrétního typu sprašové krajiny: 1 - Gunderding (vlhká), 2 - Kremže (přechodná) a 3 - Stillfried (suchá sprašová krajina; Pavuza a Plan 2013, upraveno na základě Terhorst et al. 2015).* ***B:*** *Pravděpodobná podoba středoevropské pleniglaciální sprašové stepi s klimaticky nenáročnými zástupci Artemisia a Chenopodiaceae (Birks 2011).*

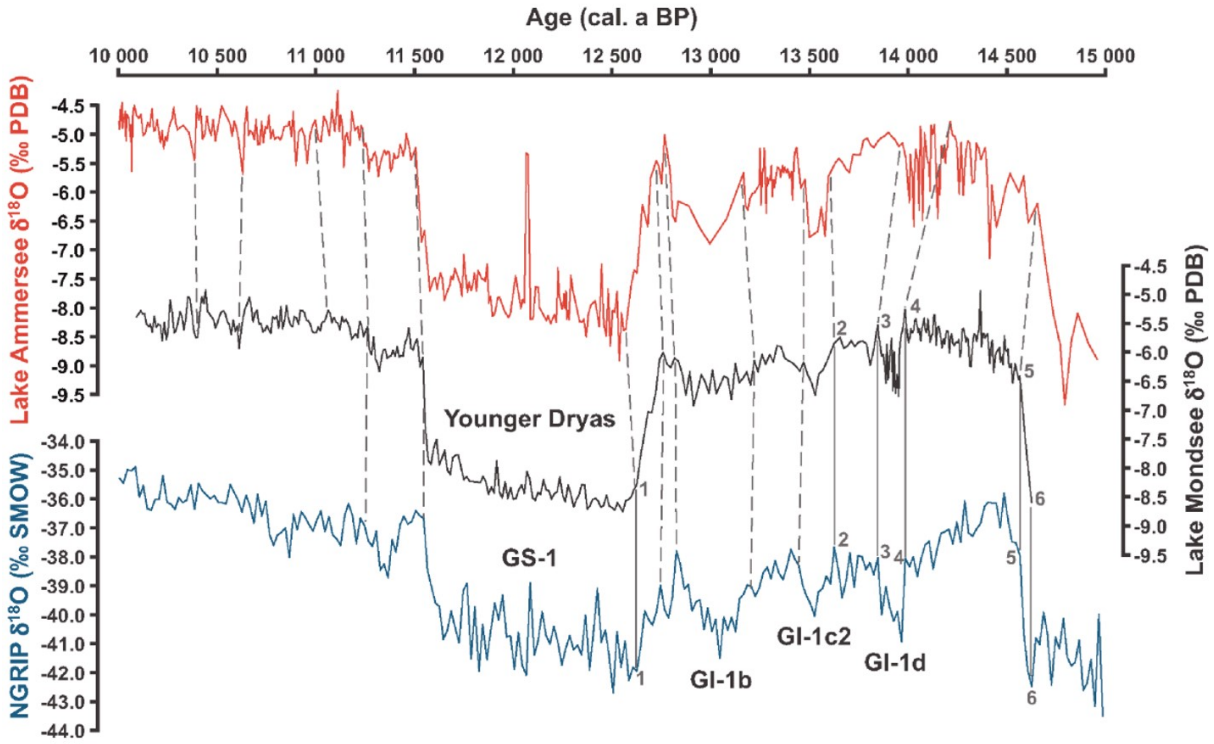
3.3.2 Rekonstrukce glaciálního klimatu pohledem bioindikátorů

Přesná podoba a složení bioty na pojednávaném území během poslední doby ledové není doposud zcela jasná. Jedním z hlavních důvodů je sporadická evidence bioindikátorů, pomocí nichž lze paleoenvironmentální rekonstrukce glaciální fauny a flóry vytvářet (Heiri et al. 2014). V Rakousku lze vymezit několik základních typů sedimentárního prostředí se specifickými druhy biologických záznamů, pokrývajících určité fáze posledního glaciálu.

Na jedné straně se jedná o aluviální sedimenty a sprašová souvrství, která dobře odráží změny sedimentárních a klimatických podmínek na straně druhé jsou to limnické sedimenty alpských jezer. Prvně jmenované přírodní archivy obsahují především vápenaté schránky malakofauny. Značný význam schránek měkkýšů spočívá ve zhodnocení jejich ekologické valence a zejména úzké vazbě na prostředí nálezu (Ložek 1983). Již Fink (1956) rozlišuje na rakouském území pro vrcholný pleniglaciál různé typy sprašových krajin na základě nálezů specifických druhů stepní malakofauny. Vlhčí sprašovou krajinu vymezuje do oblasti severního podhůří Alp na severozápadě země, a naopak typicky aridní spraš zařazuje k západním okrajům Panonské pánve na východě Dolních Rakous. Recentnější studie věnované výzkumu spraší západně od Lince potvrzují tento prostorový trend nálezy dalších klimaticky náročnějších druhů malakofauny (*Stagnicola palustris* či *Anisus leucostoma*) a na okolní kryoturbací promíchané horizonty, které poukazují na přítomnost dřívějšího vlhkého permafrostu a na mocnost činné vrstvy (Kohl 1999).

Poznatky o sporadickém vegetačním pokryvu nížin doplňují rozbory aluviálních sedimentů v různých částech vídeňské pánve jako je například plošina Mitterndorf, které v důsledku menšího zpevnění svahů vykazují během MIS 2 zvýšenou erozi a vyšší sedimentaci svahovin a mrazové drtě (Salcher a Wagreich 2010).

Výzkum limnických sedimentů alpských jezer přinesl pohledem různých bioindikátorů (pyl, ostrakody, chironomidy, perloočky či rozsivky) komplexní poznatky o vývoji sedimentace, srážek či okolní flóry a hmyzu. Nejdelší proxy záznamy pochází z vrtných jader jezera Mondsee, která obsahují souvrství od závěru eemského interglaciálu až do poloviny posledního glaciálu, kdy byla jezerní sedimentace dočasně ukončena a zachycují rovněž pozdně glaciální vývoj (Auer et al. 2014, Lauterbach et al. 2011; Obrázek 19). Paleoklimatické rekonstrukce založené na pozůstatcích společenstev pakomárovitých (chironomid) odhadují pro chladnější mladší fázi MIS 3 (~41,5 ka), která omezila jezerní sedimentaci a započala tvorbu spraše a rozvoj permafrostu, v alpském předpolí MTWM přibližně mezi 9-10 °C, což je asi o 7-8,5 °C méně než dnes (Ilyashuk et al. 2022).



Obrázek 19: *Korelace vývoje izotopického složení $d^{18}O$ z Grónského ledovce (modře), a ostrakod z jezer Mondsee (Horní Rakousy) a Ammersee (Bavorsko). Zachycené období představuje fázi pozdního glaciálu se zachyceným posledním chladným výkyvem v mladším dryasu. Období závěru glaciálu je spjato se závěrečnou degradací permafrostu a termokrasovou aktivitou ve vídeňské pánvi (Lauterbach et al. 2011).*

Pohledem biologických záznamů, lze vývoj vegetačního pokryvu mimo horské oblasti charakterizovat přechodem z boreálních lesů specifických pro mírnější interstadiál (>40 ka) přes stepní vegetaci v závěru MIS 3 (40-30 ka), ve které se začal objevovat permafrost až po tundru souvislého permafrostu se sporadickým vegetačním krytem během LGM (Sprafke 2016). Rovněž i nálezy stepní malakofauny zasazují nechladnější části glaciálu do krajiny rozsáhlého xerotermního bezlesí s řídkým vegetačním krytem (Kohl 1999). Z těchto charakteristik vyplývá velký rozdíl tehdejší bioty od současného mezofytika. Rozdílná situace však panovala vlivem nárůstu srážek v nezaledněných partiích podhůří Alp směrem do vyšších nadmořských výšek, kde se bylo možné odediněle setkat rovněž s některými zástupci vyšších rostlin alpínské tundry (Schönswetter et al. 2005). Nejvyšší druhová diverzita byla v jižních a jihovýchodních částech alpského orogénu mimo Rakousko, které představovaly glaciální refugia (Schönswetter et al. 2005, Tribsch a Schönswetter 2003).

3.3.3 Reakce speleotémů na glaciální klimatické oscilace

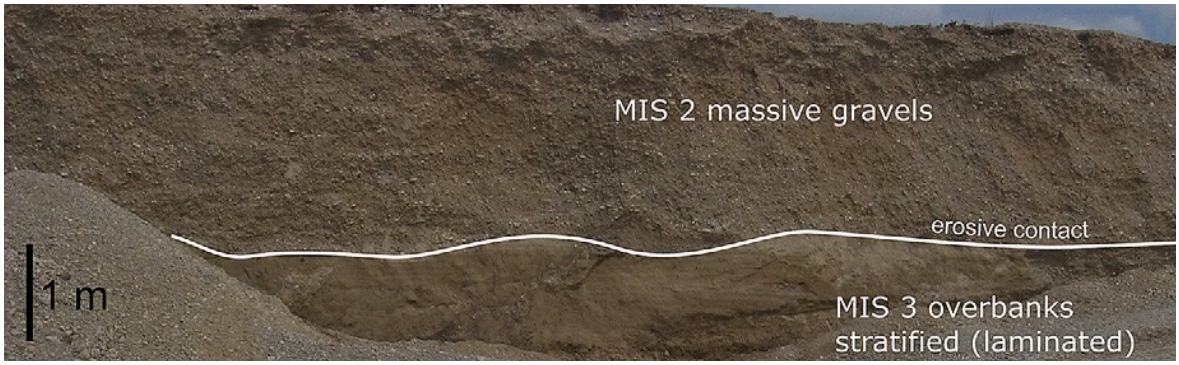
Vývoj izotopů $\delta^{18}O$ a $\delta^{13}C$ v jeskynním krasu, který je odrazem složení karbonátů a změn průměrných povrchových teplot, srážek či vegetačního složení v okolí, umožňuje vzhledem ke specificky teplotně a vlhkostně stabilnímu jeskynnímu prostředí rekonstrukci paleoklimatu (Lowe a Walker 2015). Většina zkoumaných speleotémů se však nachází v západních částech rakouských Alp a od zájmové oblasti jsou relativně vzdáleny (Heiri et al. 2014).

Korelace výstupů izotopových analýz speleotémů ve východoalpské jeskyni Kleegruben (2165 m n. m.) s $\delta^{18}O$ křivkou Grónského ledovce spolehlivě odráží výraznou změnu klimatických podmínek mezi viselskými stadiály a interstadiály (Obrázek 13; Spötl a Mangini 2002). Růst sintrových útvarů zachycený v době 58-48 ka odpovídá příhodnosti interstadiálního klimatu mezi Heinrichovy eventy 5 a 4 v podobě vyšších teplot a srážek (Heiri et al. 2014). Podobný vývoj izotopů je zachycen i v dalších rakouských speleotémech (Spötl et al. 2006). Naopak pro následné chladné období od 2. pol. MIS 3, jsou vzhledem k poloze většiny jeskynní pod dřívějším horským zaledněním nebo v zóně permafrostu, charakteristické velmi sporadické přírůstkové vrstvy jeskynního sintru až jejich úplná absence. Avšak pohledem specifické skupiny speleotémů – kryogenních jeskynních karbonátů, je odhadnuta minimální mocnost permafrostu během LGM na 65 m (Žák et al. 2012). Pokračování růstu speleotémů je na území severních východních Alp (bavorská jeskyně Hölloch) opět plně obnoveno až v pozdním glaciálu okolo 14 ka a prostřednictvím izotopového záznamu umožňuje detailní pohled reakce jeskynního prostředí na pozdně glaciální klimatické oscilace (Wurth et al., 2004).

3.3.4 Glaciální režim říčních koryt a terasový vývoj

Středoevropský říční režim lze během viselských pleniglaciálů charakterizovat v průměru nízkými průtoky vlivem nižšího úhrnu srážek a úzkou vazbou vodnosti na rozsáhlé zalednění (Mol et al. 2000). V nepravidelných širokých divočících korytech alpského předpolí současně převládala slabší míra hloubkové eroze a výrazná rozkolísanost průtoků vázaná především na epizodické zvyšování vodnosti a výrazné navýšení unášecí schopnosti během krátké teplé části roku. Za těchto podmínek docházelo k efektivní akumulaci velkého množství štěrku za vzniku četných štěrkových lavic a intenzivní sedimentace štěrků v nivě, čímž docházelo k vývoji tělesa budoucí fluviální terasy (Obrázek 20). Dostatek zdrojového materiálu byl podpořen také působením kongelifrakce či geliflukce na okolních svazích destabilizovaných sporadickým vegetačním krytem. Zcela nejefektivnější ukládání štěrků probíhalo v odvodňovacích systémech alpského zalednění v jeho severním podhůří, jehož hlavní směry představují řeky Salzach, Enns, Mur či Drau (van Husen 2011). Extrémní akumulaci glacifluviálního štěrkopísku potvrzují také výrazné mocnosti hlavní würmské terasy Niederterrasse, značně převažující mocnosti časově odpovídajících teras ve vídeňské pánvi (např. Praterterrasse; van Husen 1997). Při přechodu do holocénu řeky postupně změnily charakter svých koryt na meandrující tok o menší sezónní rozkolísanosti a mnohem výraznější hloubkové erozi, což postupně vedlo k dovršení současného profilu fluviální terasy (Mol et al. 2000).

Přirozený vývoj kvartérního klimatického cyklu nebyl zdaleka jediným činitelem, který se promítl do vývoje říčních koryt a teras, ale velký význam mají také pozdější erozní procesy (např. zvýšená povodňová aktivita) či kvartérní tektonika, které vzhled současných teras oproti jejich původní podobě značně pozměnily. Doposud aktivní tektonické zlomy ve vídeňské pánvi způsobily poklesy mnoha částí teras a tím i nezvykle velké zanoření v nich obsažených periglaciálních forem reliéfu (Salcher a Wagreich 2010).

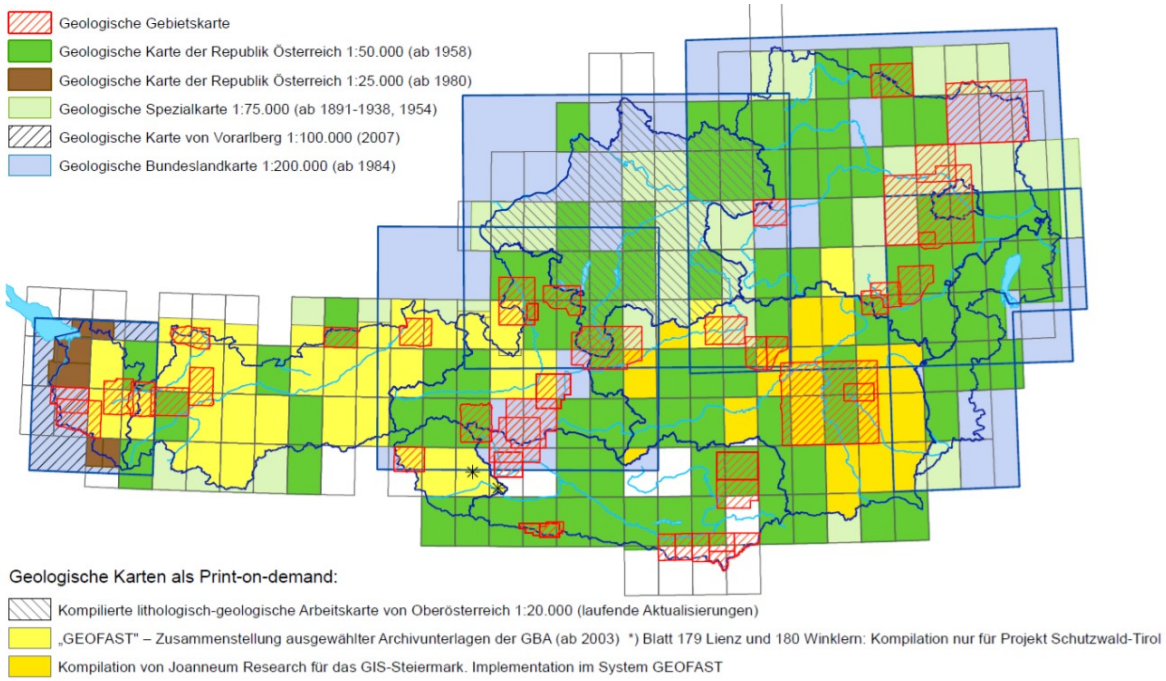


Obrázek 20: *Náplavový kužel řeky Piesting na západě vídeňské pánve odráží změnu erozně-sedimentačních podmínek mezi MIS 2 (hrubozrnné štěrky) a MIS 3 (jemnozrná laminace; Salcher a Wagreich 2010).*

4 Metodika

4.1 Vymezení pseudomorfóz mrazových klínů na základě literatury a informačních zdrojů

Vlastnímu vyhledávání lokalit s pseudomorfózami mrazových klínů či další evidencí vázanou na paleo-permafrost nejprve předcházela důkladná analýza všech volně přístupných zdrojů. Prohledávání se uskutečnilo zejména v databázích s odbornými články a v katalogu ročenky rakouské geologické služby (*Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*). Výsledky šetření zahrnují informace, zabývající se primárně kvartérní periglaciální geomorfologií, ale i výstupy archeologických průzkumů, které záznamy paleo-permafrostu evidují sekundárně či zprávy z náhodných nálezů během stavebních prací a výstupy z půdních sond. Dále byly analyzovány jednotlivé digitalizované listy geologické mapy Rakouska v měřítku 1 : 50 000, ve kterých jsou zaneseny bodové symboly vybraných forem (Obrázek 21; Geologische Bundesanstalt 2021). Pseudomorfózy mrazových klínů (*eiskeil*) a kryoturbace (*kryoturbation*) jsou v geologické mapě označeny pod stejným symbolem a nelze je rozlišit, případně jsou kryoturbace označeny samostatným symbolem (*froststauchung*). Pro každý záznam jsou zjištěny veškeré dostupné informace týkající se lokalizace, geomorfologické polohy, geologického substrátu, morfometrických charakteristik či některé paleoklimatické interpretace.



Obrázek 21: *Současné pokrytí území Rakouska geologickým mapováním. Pro symboly týkající se periglaciálních forem reliéfu byla využita mapa měřítka 1 : 50.000, která nepokrývá celé území a zejména chybí pokrytí severní části Moravského pole, kde je předpokládána vysoká četnost periglaciálních forem reliéfu (Kreynmar 2013).*

4.2 Identifikace sítí pseudomorfóz mrazových klínů s využitím metod DPZ.

4.2.1 Hodnocení kvality dostupných leteckých snímků a výběr vhodného zdroje

Úvodním krokem před prohledáváním leteckých snímků byl výběr jejich zdroje a zhodnocení kvality (dostatečné rozlišení, absence rušivých jevů atmosféry či roční období náletů) a kvantity (délka časových řad). Jako nejpříhodnější zdroje snímků byla vybrána historická ortofota z rakouských geoportálů a snímky dostupné v aplikaci *Google Earth Pro* (Google 2021).

Dostupnost leteckých snímků v rámci jediného zdroje pokrývajících souvisle celé území Rakouska byla zjištěna pouze prostřednictvím aplikace *Google Earth Pro*. V rámci rakouských geoportálů je kompletní pokrytí leteckými snímky možné procházet pouze prostřednictvím WMS služby dostupné na geoportálu *Open Data Österreich* (2021) či prohlížením ve webové mapové aplikaci na webu *geoland.at*. Prohlížení jediné časové řady je pro identifikaci zájmových polygonálních sítí ale zcela nedostatečné a z toho důvodu musela být hodnocena kvalita dostupných snímků pro jednotlivé spolkové země Rakouska zvlášť.

Nejvyšší nároky na kvalitu a kvantitu leteckých snímků byly pro spolkovou zemi Dolní Rakousy, protože z hlediska morfologie reliéfu, nadmořské výšky či geologických a krajinných podmínek je nejpříhodnější pro výskyt zájmových tvarů. Vlastní webová aplikace *NÖ Atlas* (Amt der NÖ Landesregierung 2021), ze které jsou historické letecké snímky Dolních Rakous dostupné, obsahovala výrazně kratší sérii snímků (5 časových horizontů) oproti *Google Earth Pro* (~20 časových horizontů).

Podle přírodně-kulturních predispozic je druhou nejpříhodnější spolkovou zemí Burgenland, avšak požadované časové série leteckých snímků nejsou na příslušném geoportálu *GeoDaten Burgenland* volně dostupné. Prohlížet lze pouze nejaktuálnější snímky.

Ve spolkových zemích Horní Rakousy a Štýrsko lze rovněž očekávat výskyt polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů. Celková plocha topograficky a geograficky příhodných lokalit je ale vzhledem k převaze horského reliéfu značně menšího rozsahu než u předešlých spolkových zemí. Dostupnost leteckých snímků je pro Horní Rakousy na geoportálu *Doris* a dosahuje podobné kvantity jako u Dolních Rakous (~5 časových horizontů). U spolkové země Štýrsko nebylo dohledáno více časových řad. Zjištěné velké rozdíly v kvantitě časových sérií leteckých snímků napříč rakouskými geoportály jednotlivých spolkových zemí jsou zcela zásadní.

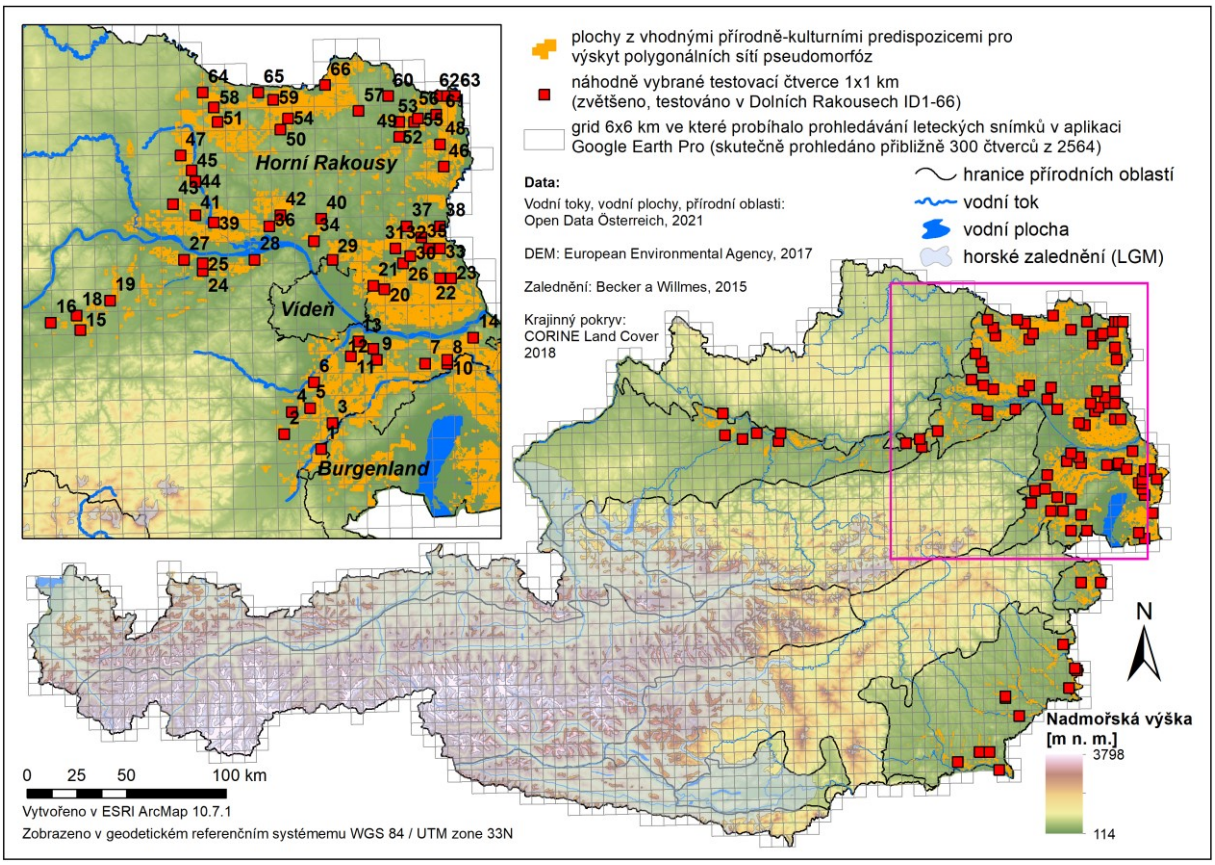
Výběr nejvhodnějšího cloudu byl dále detailněji hodnocen na základě celkové kvality snímků (ostrost, prostorové rozlišení pixelu, příhodná roční doba, absence různých rušivých prvků atmosféry, stínů apod), která je pro nalezení detailu polygonálních sítí rozhodující.

Pro tento účel proběhlo nezávislé testování kvality snímků mezi *Google Earth Pro* a mapovou aplikací pro Dolní Rakousy *NÖ Atlas* s cílem nalezení polygonálních sítí. Shrnutím poznatků o specifikách prostředí výskytu pseudomorfóz mrazových klínů na území Evropy (např. Andrieux et al. 2016, Ewertowski 2017, Ghysels a Heyse 2006) lze očekávat, že se nejčastěji nachází převážně v nižších rovinatých polohách až mírných svazích a na vhodném typu krajinného pokryvu, který je podstatný pro projev vegetačních příznaků rostlin. Aby mohly být tyto oblasti na území daných spolkových zemí vymezeny, došlo nejprve k provedení GIS analýzy s využitím rastru DEM o rozlišení pixelu 10 m (EEA 2017) a vektorové vrstvy CLC 2018 (EEA 2018). Prostorová analýza představovala vzájemný průnik lokalit s výškou <350 m n. m., sklonu <4° a lokalizaci ploch na orné půdě, což je důležité zejména pro odfiltrování zcela nevhodných typů krajinného pokryvu (Tabulka 3). Další důležitou proměnnou podmiňující výskyt polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů je geologický substrát, avšak na tuto informaci bylo nahlédnuto pouze doplňkově z geologické mapy v měřítku 1 : 500 000 (Donnini et al. 2019), protože přesnější verze geologické mapy ve volně editovatelném formátu nebyly dohledány a rovněž nejsou kompletní pro celé území Rakouska. Z uvedené geologické mapy malého měřítka byly do prostorové analýzy zohledněny vhodné a geneticky mladší geologické jednotky kvartérního až pozdně miocenního stáří (aluviální sedimenty říčních teras nížin či molasové sedimenty v předpolích orogénů).

Tabulka 3: *Orientační vhodnost přírodně-kulturních podmínek zájmových spolkových zemí pro distanční detekci polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů.*

	rozloha spolkové země [km²]	**průměrná nadmořská výška [m n. m.]**	**podíl rovin až mírných svahů nížin**	**podíl orné půdy (CLC 2018)**	**rozloha vhodných ploch [km²]**	**celkový podíl**	**počet náhodně vybraných testovacích čtverců**
Dolní Rakousy	19186	459	0.268	0.349	3412	0.658	66
Burgenland	3962	262	0.527	0.409	1178	0.227	23
Štýrsko	16401	959	0.036	0.067	354	0.068	7
Horní Rakousy	11980	610	0.043	0.232	241	0.047	5

V následném kroku došlo k vytvoření čtvercového pole 1x1 km nad průnikem vhodných ploch. Některé čtverce gridu se průniku vhodných oblastí dotýkaly pouze okrajově a aby došlo k jejich odfiltrování, byly vybrány pouze takové čtverce, které tyto plochy obsahovaly alespoň z 50 % (Obrázek 22). Celkové rozlohy čtverců představují významnost jednotlivých spolkových zemí z hlediska očekávaného výskytu polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů. Pokračování testování kvality snímků zahrnovalo vygenerování celkem 100 náhodně zvolených čtverců, přičemž podíl množství čtverců pro jednotlivé země odpovídá významnosti zjištěných predispozic, proto bylo 66 čtverců zvoleno na území Dolních Rakous (Obrázek 22). Tento postup byl zvolen pouze za účelem porovnání kvality zdrojů leteckých snímků.



Obrázek 22: *Území Rakouska s vyznačenými oblastmi příhodných přírodně-kulturních podmínek pro identifikaci polygonálních sítí pseudomorfóz (oranžově). Červené body představují 100 náhodně vygenerovaných čtverců 1x1 km (zvětšeno) v těchto příhodných oblastech. Testování kvality ortofot za účelem nálezu pseudomorfóz, proběhlo na území Dolních Rakous, které má nejvýhodnější přírodně-kulturní predispozice a více volně dostupných snímků v porovnání s jinými spolkovými zeměmi (66 čtverců ze 100). Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.*

V závěrečném kroku testu kvality a kvantity zdrojů byly manuálně procházeny všechny dostupné snímky v aplikacích *Google Earth Pro* a *NÖ Atlas* na území Dolních Rakous, které překrývaly náhodně vybrané čtverce. Pokud byla ve čtverci nalezena zájmová polygonální síť, byla danému čtverci přidělena kategorie vizuální kvality 1., 2., 3. nebo 5 (viz. Kapitola 4.2.3).

Ze 66 náhodně vygenerovaných čtverců byly prohledáváním v *Google Earth Pro* identifikovány zájmové polygony ve 12 z nich, v *NÖ Atlas* byly sítě nalezeny pouze v 7 čtvercích, avšak s výrazně nižší kvalitou snímků i samotných sítí (Tabulka 4).

***Tabulka 4**: Výsledky porovnání kvality zdrojů leteckých snímků pro spolkovou zemi Dolní Rakousy v 66 testovacích čtvercích ID 1-66. Ke každému čtverci doplněno, zdali došlo k nálezu sítí, jaká byla kategorie těchto sítí (viz. kap. 4.2.3), kolik je celkem dostupných snímků pro danou oblast, na kolika z těchto snímků lze tvary rozpoznat (v případě vícera vhodných snímků červeně vyznačen nejvhodnější snímek) a kvalita tohoto nejvhodnějšího snímku. Kvalita snímků byla na základě vlastního subjektivního posouzení řazena do dvou kategorií. Kategorie 1: Snímek je velmi kvalitní, ostrý a neobsahuje nežádoucí jevy (špatné světelné podmínky, oblačnost, stíny apod.). Kategorie 2: Zájmové tvary byly nalezeny, ale kvůli nižší kvalitě snímku nebo jiným rušivým vlivům nejsou zřetelně vidět.*

ID	Snímky z Google Earth Pro				
	tvary nalezeny	kategorie kvality sítí	počet dostupných snímků	data snímků nálezu	kvalita nejvhodnějšího snímku
2	1	3	16	4/2012, 4/2018, 4/2019	1
14	1	3	29	8/2015, 4/2019, 6/2019, 4/2021	1
22	1	1	23	4/2019, 4/2020	1
23	1	3	27	5/2014	2
26	1	1	22	4/2003, 2/2008, 3/2008, 4/2018, 4/2019	1
30	1	2	21	4/2018, 4/2019	1
33	1	3	27	5/2017, 4/2019	1
36	1	3	19	8/2015	1
52	1	3	9	5/2012, 5/2017	1
53	1	5	12	5/2012	1
54	1	3	11	5/2012	1
66	1	3	22	5/2021	1
ID	**Snímky z NÖ Atlas**				
	tvary nalezeny	**kategorie kvality sítí**	**počet dostupných snímků**	**data snímků nálezu**	**kvalita nejvhodnějšího snímku**
14	1	3	6	2000, 2019	2
22	1	3	5	2000, 2015	2
23	1	3	5	2000	2
31	1	3	5	2000	2
36	1	3	5	2015	1
52	1	3	5	2000, 2012	1
54	1	3	5	2012, 2015, 2018	1

Skutečnost, že vlastní rakouské série leteckých snímků nejsou volně dostupné v rámci jediného cloudu, ale na webových mapových aplikacích geoportolálů jednotlivých spolkových zemí, které je poskytují v rozdílné kvalitativní i kvantitativní podobě, jenž je navíc pro nalezení pseudomorfóz mnohdy nedostatečná, značně snižuje efektivitu jejich využití. Na základě jednoznačných výsledků provedeného porovnání byla vybrána aplikace *Google Earth Pro* jako referenční zdroj leteckých snímků a snímky z rakouských geoportálů nebyly dále využity.

Mapový software *Google Earth Pro* obsahuje rozsáhlé množství snímků všech měřítek s globálním pokrytím, poskytované od různých dodavatelů, přičemž na rakouském území jsou dodavateli snímků zejména *Landsat/Copernicus*, *Maxar Technologies* a *CNES/Airbus*. Snímky jsou průběžně aktualizované. Díky tomu nabízí *Google Earth Pro* možnost prohlížet série snímků z různých let a různých období roku s uvedením přesného data náletu. Shodný software byl pro stejný záměr použit již v dřívějších pracích. Na území Francie bylo prohledávání snímků z *Google Earth Pro* využito při vytváření databáze širšího spektra tvarů přímo souvisejících s pleistocenním permafrostem (*permafrost-related features*; Andrieux et al. 2016, Bertran et al. 2014). Výběr tohoto softwaru je podpořen pestrými možnostmi editace vrstev jako je například vytváření bodových, plošných a liniových znaků či měření výškových profilů, přičemž veškeré vektorové vrstvy je možné nejen nahrát a editovat, ale následně také vyexportovat ve formátu *kml* společně s podkladovým leteckým snímkem v rozlišení až 4800x2813 px.

4.2.2 Postup vymezení polygonálních sítí na leteckých snímcích

Pro zjednodušení celého procesu prohledávání velkého množství snímků byla zvážena automatizace detekce polygonů s využitím softwarů umožňujících klasifikaci a segmentaci obrazu jako je program *eCognition*. Tohoto postupu je běžně využíváno při detekci recentně aktivních strukturních půd v arktické tundře (např. Lara et al. 2018).

V tomto případě ale nemohlo být z několika důvodů využito stejné metodiky se stejnou efektivitou. Reliktní sítě pseudomorfóz mrazových klínů nejsou narozdíl od recentně aktivních polygonů v současném permafrostu srovnatelně dominantním krajinným prvkem a nejsou viditelné ani během celého roku, ale pouze v určitých částech vegetační sezony. Z toho důvodu není dopředu zřejmé, na kterém z desítek dostupných snímků budou polygony zřetelné.

Obsáhlé množství dat, omezený počet využitelných snímků a výrazná heterogenita zkoumaných tvarů společně s různorodostí povrchu kulturní krajiny byly hlavními důvody, proč pro pleistocenní polygonální sítě nebylo možné efektivně a v požadované přesnosti využít automatizované detekce. Z toho důvody došlo k výběru časově výrazně náročnějšího manuálního postupu.

Kvůli zvýšení systematizace, přehlednosti a míry efektivity bylo území Rakouska pokryto gridem o velikosti 6 x 6 km, což představuje 2546 kvadrantů pokrývajících celé území. Tyto kvadranty byly následně postupně detailně procházeny ve všech sériích snímků. Nicméně vzhledem ke značné převaze horského reliéfu bylo skutečně prohledáno pouze přibližně 350 kvadrantů, které představují především nížiny, ploché pahorkatiny, údolní nivy či říční terasy,

tedy takové typy reliéfu, které jsou potencionálně vhodné pro výskyt zkoumaných tvarů. Horské oblasti alpského orogénu byly z analýzy zcela vynechány. Z toho důvodu se vlastní analýza v rámci Rakouska zaměřila na spolkové země Burgenland, Horní a Dolní Rakousy a okrajové východní části Štýrska. Současně jako při prvotním testování kvality zdrojů snímků byly vypuštěny nevhodné typy krajinného pokryvu, jako jsou lesní porosty, vinice, chmelnice, sady, vodní plochy či zastavěná území, které svým charakterem neumožňují polygonální sítě identifikovat.

Kvůli předpokladu velikostí jednotlivých polygonů v sítích pseudomorfóz mrazových klínů z Evropy a Severní Ameriky, jejichž délky hlavních os se obecně pohybují okolo 5-50 m (Black 1976), bylo nezbytné zvolit ideální pozorovací výšku. Musela být zvolena taková pozorovací výška, ze které bude polygonální projev spolehlivě patrný, ale současně se kvůli časové náročnosti nesmělo jednat o příliš detailní pohled. Proto byla jako ideální pozorovací úroveň zvolena výšková hladina pohledu 400–850 m nad povrchem a vybírány pouze nejkvalitnější snímky, které neobsahují nežádoucí jevy. Vyšší rozmezí pozorovací hladiny bylo dáno širokým rozpětím velikostí hledaných tvarů s různými nároky na detailnost.

4.2.3 Kategorizace nalezených sítí

Pokud letecký snímek obsahoval tvar, který svým vizuálním projevem připomínal polygonální síť pseudomorfóz mrazových klínů či jeho část, došlo k jeho subjektivnímu zařazení do jedné z 6 následujících kategorií. Tato klasifikace vycházela z podobného hodnocení polygonálních sítí na území Česka (Uxa et al. 2018). V rámci zařazení do kategorie dostaly přednost vizuálně nejkvalitnější polygony (v případě společně nalezených polygonů s ostrými hranami i degradovaných a hůře viditelných, se klasifikace vztahovala pouze na první jmenované):

1. **Kategorie: Sítě k digitalizaci**

   Mají dobře ohraničené jednotlivé polygony a současně jich je v dané lokalitě více než 30, proto jsou vhodné ke statistickému zpracování a jsou zásadním objektem zájmu pro splnění cíle této práce.

2. **Kategorie: Sítě s nedostatkem vhodných polygonů**

   Mají dobře ohraničené jednotlivé polygony, ale v dané lokalitě je jich méně než 30 a proto nemohou být předmětem statistického zpracování.

3. Kategorie: Nedostatečně viditelné či silně erodované sítě

Jedná se o polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů, ale nejsou spolehlivě zřetelné („viditelné na 100 %“) nebo jsou dané polygony silně degradované či vrcholy klínů mohou být velmi široké a není tak možné jednoznačně vymezit jejich okraje.

4. Kategorie: Literární

Zde jde o mrazové klíny, které byly zjištěny na základě literární rešerše. Jedná se o lokality zmíněné v literatuře (případně v geologické mapě), ale tyto pseudomorfózy většinou nejsou zachyceny na ortofotech.

5. Kategorie: Síť nelze spolehlivě přisoudit pseudomorfózám m. k.

Prohledávání leteckých snímků často neumožňuje přesnou identifikaci lokalizovaného tvaru. Proto někdy nebylo možné určit, zda se jedná o polygonální sítě pseudomorfóz či nikoli. Může to být způsobeno nepříliš zřetelnou morfologií tvaru případně absencí kvalitnějšího snímku. Identifikace by v tomto případě byla možná s kvalitnějším ortofotem nebo provedením terénního průzkumu (ERT, půdní sonda apod.).

6. Kategorie: Další zajímavé tvary, které však nejsou pseudomorfózy m. k.

Existence mrazového klínu byla vyloučena. Do kategorie č. 6 jsou zaznamenány tvary jako erozní rýhy, fluviální nánosy, čarodějné kruhy, polygonální projevy růstu vegetace, které však nejsou pseudomorfózami či torza základů budov (Obrázek 23).

Obrázek 23: *Ukázka ze skupiny tvarů kategorie 6.* ***A:*** *Čarodějné kruhy ve vegetaci.* ***B:*** *Erozní rýhy způsobující degradaci orné půdy.* ***C:*** *Polygonální projev vegetace, který však nepředstavuje pseudomorfózy. Z dalších tvarů lze uvést torza základů zaniklých budov či fluviální nánosy. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).*

Za jednu lokalitu polygonální sítě se považovala všechna místa s vizuálním projevem polygonálních sítí v okruhu přibližně 450 m. V případě, že polygonální sítě byly nerovnoměrně rozmístěné, byl bodový znak vyznačení lokality zanesen do přibližného geografického středu oblasti. Dále byl brán ohled na reprezentativnost kategorie pro zmíněnou oblast. Primárně byly na 1. kategorii kladeny vyšší nároky, avšak v oblastech, kde byly tyto statisticky zpracovatelné sítě vzácné, došlo k zařazení i těch tvarů, které se reálně nacházely spíše mezi prvními dvěma kategoriemi. Hlavním důvodem pro toto rozhodnutí je, aby následná vlastní morfometrická analýza zahrnovala údaje z rozsáhlejšího území.

Kromě samotných zájmových polygonálních sítí bylo nacházeno více jiných sítí či tvarů, které sice nejsou tvořeny reliktními mrazovými klíny, avšak mohou mít rovněž periglaciální původ a tím odkazovat na specifické environmentální podmínky permafrostu v době jejich vzniku. Pro jejich identifikaci platila stejná pravidla jako pro vymezení polygonálních sítí. Vzhledem k vegetačním příznakům rostlin jsou identifikovatelné pouze v některých částech roku (zejména jaro a podzim), avšak většinou nepředstavují tak nápadné struktury. S ohledem na splnění cíle práce jsou tyto tvary spíše vhodně doplňujícím vedlejším prvkem. Byly klasifikovány podle samostatné kategorizace na:

- Tříděné strukturní pruhy
- Tříděné strukturní sítě
- Termokrasové deprese

Identifikace souvisejících tvarů s permafrostem (*permafrost-related features*) je méně spolehlivá než pro tvarově nápadnější polygonální sítě. Avšak v některých případech, zejména za současné přítomnosti polygonálních sítí, lze poměrně spolehlivě předpokládat jejich periglaciální původ. Příkladem mohou být reliktní strukturní pruhy, které někdy doplňují polygonální sítě v místech svažitého terénu, kdy jsou protažené ve směru sklonu svahu (Andrieux et al. 2016, Bertran et al. 2014). Další charakteristickou situací je výskyt ping, jejichž dřívější vyklenutí může evidovat specifická morfologie okolních strukturních půd, které jsou k této původní elevaci orientované. Evidenci reliktního pinga lze pomocí distančních metod současně také předpokládat s využitím digitálního modelu reliéfu o dostatečně vysokém rozlišení, které umožňuje rozlišit charakteristický morfologický projev v podobě mělké deprese ohraničené okolním valem (*ramparted depressions*; Ross et al. 2011).

4.2.4 Vektorizace polygonů

V dalším postupu se pracovalo již pouze s polygonálními sítěmi kategorie 1, které jsou objektem statistického vyhodnocení. Nejprve byla stanovena vhodná pozorovací výška pro sledování sítí pseudomorfóz na úroveň 400-850 m. Do všech rohů snímků v každé lokalitě byl vytvořen georeferenční bod a následně proběhl export této bodové vrstvy pomocí nástroje *kml to layer* pro zobrazení v prostředí *ESRI ArcMap 10.7.1.*, kde byla provedena vektorizace polygonů. Připravený náhled snímku i s georeferenčními body byl exportován v komprimovaném formátu JPEG ve vysokém rozlišení 4K (3840x2160 pixelů). Aplikace *Google Earth Pro* pracuje v geodetickém systému WGS 1984, který lze globálně považovat za doporučený a referenční, proto se tohoto systému využilo i v prostředí GIS. Veškeré výsledné mapy území Rakouska či náhledy jednotlivých lokalit jsou zobrazeny v projekci pro WGS 1984 UTM Zone 33N.

Aby bylo možné rozlišit hrany polygonů, bylo v mnoha případech nezbytné upravit kvalitu snímků. Tento proces proběhl v programu *Zoner Photo Studio X (ZONER Software 2016)* a zahrnoval zúžení histogramu (zmenšení rozptylu hodnot za účelem zvýraznění rozdílů), úpravu barevných pásem a některé změny parametrů rychlých úprav expozice (zvýšení zřetelnosti a hodnoty bílého bodu, aby nebyl snímek příliš tmavý).

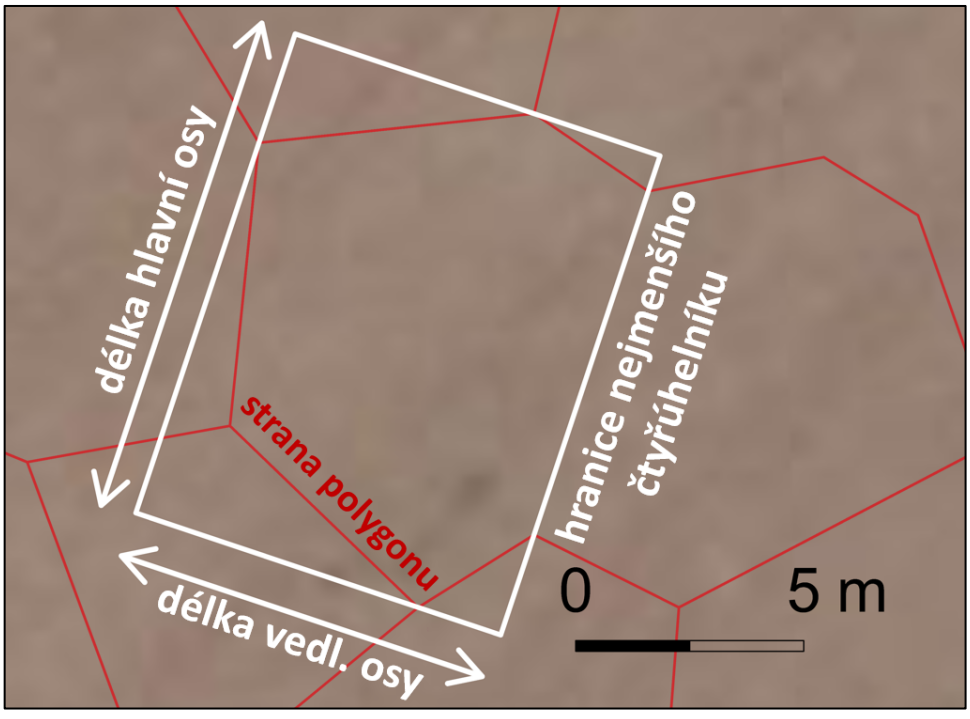
Upravené snímky byly importovány do prostředí GIS, kde proběhlo jejich georeferencování na základě vektorové vrstvy georeferenčních bodů a stejných bodů v rámci vyexportovaných snímků. Pro nulovou chybovou odchylku postačovaly díky povolenému *snappingu* již 3 georeferenční body. Vektorizace polygonů zahrnovala níže uvedená pravidla pro zachování korektnosti:

1. Vektorizovány byly pouze detailně viditelné hrany polygonů.
2. Drobné prohnutí stran mezi jednotlivými vrcholy polygonů bylo zanedbáno, protože lze předpokládat možnost ovlivnění linie hran polygonů během degradace ledových klínů (Harris a Murton 2005) a rovněž již polygony aktivních mrazových klínů mají někdy prohnutou hranu a v průběhu jejich vývoje může docházet ke změnám tvaru (Lachenbruch 1962, Plug a Werner 2002).
3. V případě větší šířky hrany polygonů byla linie vedena středem této hrany.
4. Byl umožněn „*snapping*“ pro zamezení vytvoření nežádoucích mezer mezi hranami polygonů.

4.2.5 Zpracování morfometrických charakteristik polygonů

Po vektorizaci polygonů proběhla analýza jejich morfometrických charakteristik. Do základní geometrie určující velikost a tvar polygonu byla zařazena délka hlavní a vedlejší osy, jejich poměr, počet stran, obvod, plocha a azimut protažení. Dále byla určena poloha polygonů odpovídající souřadnicím jejich centroidů, sklon polygonů, orientace vůči světovým stranám a nadmořská výška.

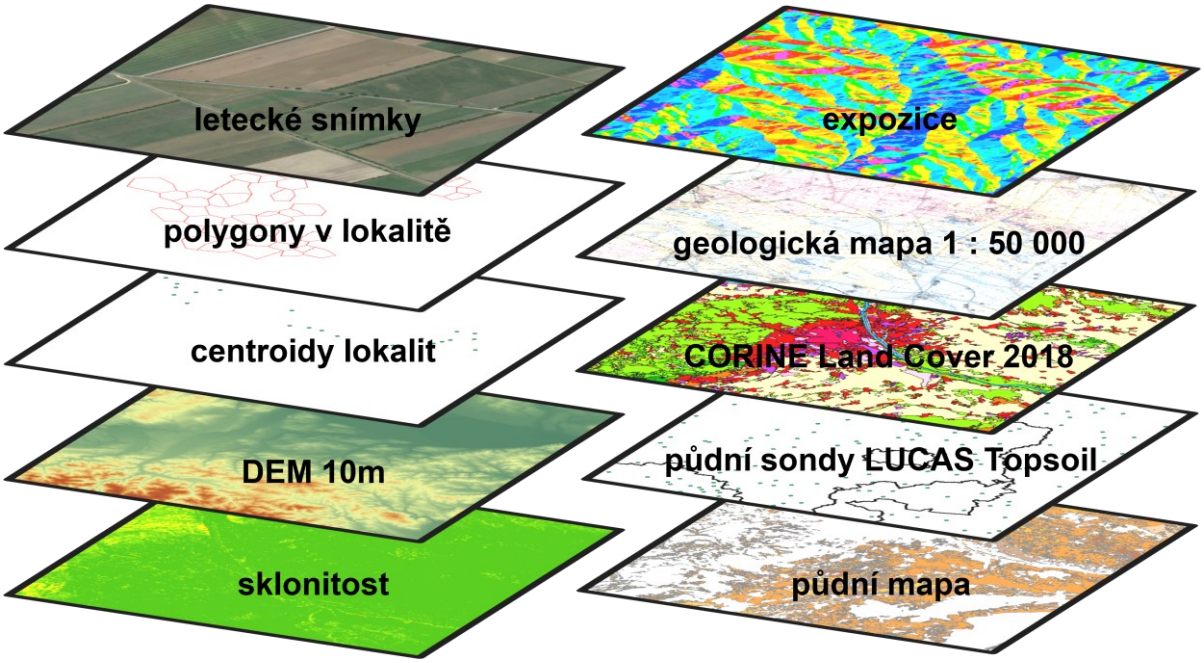
Výpočet hranice nejmenšího obdélníku kolem polygonu proběhl v prostředí *ESRI ArcMap 10.7.1.* s využitím nástroje *Minimum Bounding Geometry* (Obrázek 24). Delší strana tohoto obdélníku odpovídá délce hlavní osy a kratší strana představuje délku vedlejší osy polygonu. Směr protažení delší strany čtyřúhelníku odpovídá azimutu protažení polygonu. Stanovení prahové hodnoty oddělující symetrické a protažené polygony bylo převzato podle klasifikace polygonů recentně aktivních mrazových klínů na Svalbardu a polygonálních forem na Marsu dle Ulrich (2011). Tento postup byl využit již v dřívější tematicky obdobně zaměřené práci (Vohradský 2013). Na základě zvoleného postupu za protažené polygony byly považovány ty, u nichž byl poměr mezi délkou hlavní a vedlejší osy větší než 1.15. Dále byla hodnocena konfigurace sítí v každé lokalitě pohledem poměru mezi délkou hlavní osy největšího a nejmenšího polygonu (podle Mangold 2005). Pokud tento poměr převyšuje hodnotu 3, pak lze síť označit heterogenní, v opačném případě se jedná o homogenní síť.



Obrázek 24: *Hlavní proměnné určující morfologii polygonu. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.*

V následném postupu proběhlo zpracování morfometrické analýzy reliéfu a topografické polohy v okolí polygonálních sítí. Základním využitým podkladem pro toto hodnocení je DEM o horizontálním rozlišení 10 m (EEA 2017), z něhož byly dále v bufferu 500 m okolo centroidu každého z polygonů v prostředí GIS vytvořeny rastry sklonitosti a orientace svahů (Obrázek 25). Hodnoty sklonu svahu a expozice vůči světovým stranám (ve stupních) jsou uvedeny jako průměrné hodnoty pro každý polygon. Hodnoty expozice vůči světovým stranám odpovídají rozmezí od 0 do 360°, kdy S = 0°, V = 90°, J = 180° a Z = 270°. Aby bylo možné převést orientaci polygonu vůči světovým stranám na azimut protažení, byly hodnoty expozice převedeny na stupnici 0-180°, čehož se docílilo odečtením 180° od hodnot větších, než je tento úhel.

Vrstva vektorizovaných polygonů byla nahrána zpětně do *Google Earth Pro*. Po finálním exportu snímků do dokumentu musela být komprimována jejich velikost kvůli limitu aplikace *Microsoft Word*, kde je maximální velikost jednoho dokumentu omezena na 512 MB. Komprimace proběhla v *Zoner Photo Studio X* uložením snímku v 85 % původní kvality, což umožnilo zmenšení datové velikosti fotky přibližně o 40 %.



Obrázek 25: *Hlavní komponenty vstupující do výsledné databáze: Letecké snímky (vizualizace lokalit, vektorizace polygonů), polygony v lokalitách (zpracování geometrie a základních metrik), centroidy lokalit (vyznačení souřadnic lokality), DEM 10m (nadmořská výška, podklad pro morfometrickou analýzu reliéfu), sklonitost (sklon polygonů), expozice (expozice sklonu polygonů), geologická mapa (geologický podklad, geomorfologická poloha, bodové lokalizace mapových pseudomorfóz a kryoturbací), CLC 2018 (krajinný pokryv), půdní sondy LUCAS Topsoil (interpolace půdních informací, případné doplnění detailnějších půdních charakteristik v oblasti), půdní mapa 1 : 200 000 (dominantní půdní typ, hrubé měřítko).*

4.2.6 Statistické nástroje a software pro vyhodnocení dat

Jednotlivé atributy shapefilové vrstvy polygonů byly exportovány z prostředí GIS do tabulky v *Microsoft Excel*, kde proběhlo jejich dodatečné utřídění a formátování. Statistické analýzy a grafické výstupy byly provedeny v programech *RStudio* a *Microsoft Excel*.

Pro úvodní krok úpravy dat o rozměrech polygonů (délka hlavní a vedlejší osy, obvod a plocha) v podobě snížení počtu proměnných, byla vybrána metoda PCA. Hlavním účelem PCA zde bylo vyhodnocení, která z uvedených morfometrických rozměrových charakteristik nejlépe popisuje variabilitu velikosti polygonů. Základní statistické ukazatele, které byly využity pro vyhodnocení zonálních geometrických charakteristik jednotlivých polygonů jsou míry polohy a variability jako je aritmetický průměr, medián, variační rozpětí, minimální hodnota, maximální hodnota a směrodatná odchylka. Údaje byly zjištěny pro celý soubor i dílčí lokality.

Některé z předpokládaných racionálních vztahů mezi proměnnými charakteristikami skupin polygonů, byly dále vzájemně porovnávány. Pokud nebyl předpoklad normality dat zcela zřejmý, byl znázorněn grafem hustoty pravděpodobnosti a dodatečně ověřen Shapiro-Wilkovým testem. Zjednodušený předpoklad centrální limitní věty, podle které lze automaticky použít parametrické testy pro vzorky n>30 bez ohledu na distribuci dat, nebyl zohledněn. Signifikance rozdílů středních hodnot mezi skupinami polygonálních sítí pseudomorfóz se stejnou geomorfologickou polohou (různé fluviální terasy) či shodnou topografickou charakteristikou reliéfu (nadmořská výška a sklon) byla zjištěna pomocí Kruskal-Wallisova testu, který je neparametrickou variantou jednocestné ANOVA. Detailnější pohled na významnost rozdílů mezi páry skupin byl vyjádřen dvou výběrovým Wilcoxonovým testem.

Vybrané vztahy mezi skupinou dvou proměnných, u nichž je jedna závislá a druhá nezávislá, byly hodnoceny jednoduchou lineární regresí se zobrazením koeficientu determinace daného exponenciálního vztahu. Grafické výstupy jsou znázorněny prostřednictvím krabicových diagramů, histogramů četností třídních intervalů, sloupcových grafů či tabulek.

Před souhrnným hodnocením vzájemných vztahů pestré skupiny proměnných veličin prostřednictvím korelační matice se data standardizovala směrodatnou odchylkou podle vzorce:

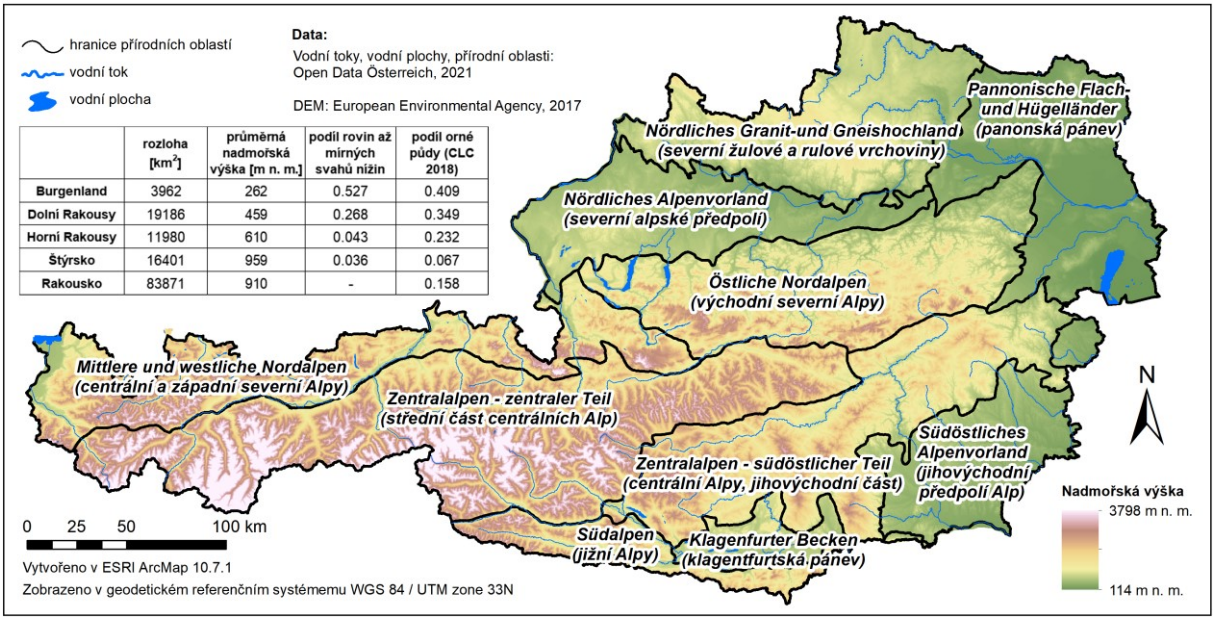
$$y_{ij} = z = \frac{x_{ij} = \bar{x}_j}{s_{jj}};\ y_{ij}(z) = standardizace, x_{ij} = hodnota, \bar{x}_j = aritm.\,průměr, s_{jj} = směr.\,ochylka$$

Datový soubor byl podroben t-testu na hladině významnosti p=0,05 a zjištěné vztahy mezi proměnnými byly vyjádřeny pomocí Personova korelačního koeficientu v korelační matici o velikosti 12 x 12 polí. Mezi znázorněné proměnné jednotlivých polygonů v korelační matici byly zařazeny: Obvod, plocha, délka hlavní a vedlejší osy, poměr os, azimut protažení, počet stran, sklon, nadmořská výška, orientace sklonu a souřadnice x, y.

5 Studované území

Rakousko je charakteristické značnou dominancí horského reliéfu převážně alpského orogénu, který zaujímá přibližně 2/3 plochy území (Obrázek 26). Necelá třetina území, zahrnující i oblasti alpského předpolí, se nachází v nadmořské výšce pod 500 m n. m. Pouhá čtvrtina plochy Rakouska připadá na pahorkatiny a nížiny, které jsou dominantně zastoupeny v rámci vídeňské pánve ve spolkových zemích Dolní Rakousy a Burgenland na severovýchodě země. Vývoj mrazových klínů je vázán na specifický typ nížinného rovinatého reliéfu s vyšší mocností nezpevněných kvartérních sedimentů, a proto lze horské a velehorské oblasti zcela vyloučit.

Hlavní zájmová oblast je vymezena z východní části převážně tokem Moravy a ze severu tokem Dyje, které představují přírodní hranice Rakouska. Ze západu až jihozápadu zasahuje k okrajům Vídně vídeňský les, jakožto nejvýchodnější zásah masivu východních severních Alp a zásadně přiškrcuje tok Dunaje při okraji pánve. Vídeňský les odděluje na pseudomorfózy bohatou vídeňskou pánev od výše položeného západního vnitrozemí. Na severozápadě oblast přechází do zvlněného až hornatého reliéfu Mlýnské čtvrti (*Mühlviertel*). Směrem na jih od Neziderského jezera je oblast zúžena souběhem jihovýchodního výběžku centrálních Alp a hranic s Maďarskem.



	rozloha [km²]	průměrná nadmořská výška [m n. m.]	podíl rovin až mírných svahů nížin	podíl orné půdy (CLC 2018)
Burgenland	3962	262	0.527	0.409
Dolní Rakousy	19186	459	0.268	0.349
Horní Rakousy	11980	610	0.043	0.232
Štýrsko	16401	959	0.036	0.067
Rakousko	83871	910	-	0.158

Obrázek 26: *Fyzickogeografická mapa Rakouska s vyznačenými přírodními regiony. Hlavním zájmovým regionem je zejména Panonská pánev (na území Rakouska její okrajová západní část – vídeňská pánev), částečně také jihovýchodní předpolí Alp, severní alpské předpolí a okrajově rovněž severní žulové a rulové vrchoviny Mlýnské čtvrti. Tyto regiony odpovídají spolkovým zemím Dolní Rakousy a Burgenland, Štýrsko a Horní Rakousy, jejichž základní fyzickogeografické podmínky jsou vyznačeny ve vložené tabulce.*

6 Výsledky

6.1 Prostorové rozmístění mrazových klínů a jejich sítí

6.1.1 Rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a další periglaciální evidence na základě literárních zdrojů

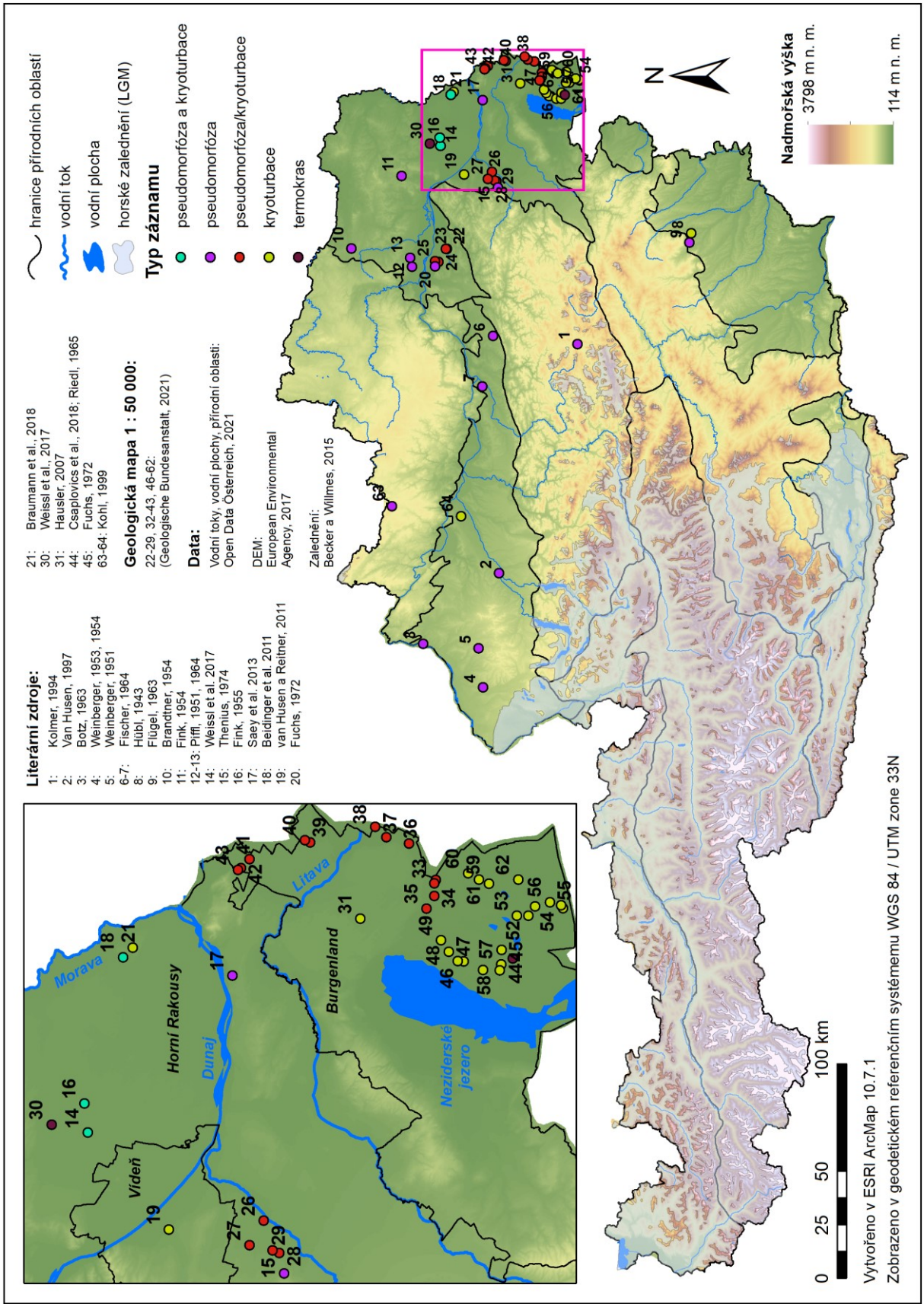
V rámci odborných článků z vědeckých databází a online katalogů knihoven bylo na území Rakouska zjištěno 15 lokalit výskytu pseudomorfóz mrazových klínů, 7 lokalit s kryoturbací, 3 oblasti společné evidence pseudomorfóz a kryoturbací a také 2 lokality s pravděpodobnými pozůstatky pleistocenních ping. Dále bylo v rámci geologické mapy 1 : 50 000 (Geologische Bundesanstalt 2021) nalezeno 20 bodových symbolů pseudomorfózy/kryoturbace a 17 bodových symbolů se zanesenou kryoturbací. Celkem bylo v literatuře a mapách zjištěno 64 záznamů periglaciální evidence pleistocenního permafrostu (pseudomorfózy, kryoturbace a možné pozůstatky ping), ze kterých lze pseudomorfózy (tzv. „literární“ kategorie 4) spolehlivě vymezit pouze v 18 případech (Tabulka 5, Obrázek 27).

Tabulka 5: *Základní údaje o rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a další periglaciální evidence na území Rakouska na základě informačních zdrojů (literatury a map). Údaje o geologickém substrátu a geomorfologické poloze byly doplněny ze samotných zdrojů a z geologické mapy 1:50 000 nebo 1:200 000. Informace o nadmořské výšce a poloze je převážně orientační a pokud nebyla obsažena v primárním zdroji je převzata z topografické mapy portálu mapy.cz. Primární údaj o nadmořské výšce je označen "*".*

č.	**lokalita**	**typ záznamu**	**geomorfologická poloha (období vývoje)**	**geologický substrát, *příp. materiál výplně***	**období vzniku forem**	**přibližná nadm. výška [m n. m.]**	**rozměry forem [m]**	**zdroj**
1	břeh Salzy, Gusswerk a Greith	pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa	štěrky, *písky*	würm	750	-	Kolmer, 1994
2	železniční tunel, Lambach	pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa	štěrk, *písek a sprašová hlína*	würm	350*	-	van Husen, 1997
3	pravý břeh Innu, Suben	pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa	štěrk	würm	310	hloubka: 3	Botz, 1963
4	bývalá cihelna Sonnleiten, Mauerkirchen	pseudomorfózy ledových žil	-	eichwaldský štěrk	-	450	hloubka: 1.4-3.3, šířka: <0.2	Weinberger 1953, 1954
5	Käfermühl	epigenetické pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa Ältere Deckenschotter (günz)	štěrk	-	500	-	Weinberger, 1951

č.	**lokalita**	**typ záznamu**	**geomorfologická poloha (období vývoje)**	**geologický substrát, *příp. materiál výplně***	**období vzniku forem**	**přibližná nadm. výška [m n. m.]**	**rozměry forem [m]**	**zdroj**
6	Wieselburg, Kilb a Mank	pseudomorfózy ledových žil	-	*světle šedá, blíže neurčená*	-	250-350	-	Fischer, 1964
7	Neumarkt an der Ybbs	pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa Hochterrasse (riss)	štěrk, překryto spraší	würm II	240	-	Fischer, 1964
8	cihelna Hartbeg	kryoturbace	-	sarmantské a subpanonské terciérní jíly	-	350	-	Hübl, 1943
9	Löffelbach, Flattendorf,	kryoturbace a epigenetické reliktní mrazové klíny	-	sarmantské a subpanonské terciérní jíly	-	340	hloubka: <1	Flügel, 1963
10	Zellerndorf	reliktní mrazové žíly	-	spraš, sprašová hlína	-	220	hloubka: <0.5	Brandtner, 1954
11	Weinsteig a Wetzleinsdorf	pseudomorfózy ledových klínů	-	-	-	230	-	Fink, 1954
12	Fels am Wagram	pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa Lehen (mindel)	štěrk, *spraš, sprašová hlína, písek*	würm	216*	hloubka: <2	Piffl, 1951, 1964
13	Engelmannsbrunn	pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa Lehen (mindel)	štěrk, *spraš, sprašová hlína, písek*	würm	218*	hloubka: <1	Piffl, 1951, 1964
14	Deutsch Wagram	pseudomorfózy ledových klínů a kryoturbace	fluviální terasa Gänserndorfer (riss)	štěrk, *písek*	würm	160*	hl. klínů: >2, š. klínů: 3, hl. kryoturbací: 3-4	Weissl et al., 2017
15	Wöllersdorf, Vídeňské Nové Město	pseudomorfózy ledových klínů	náplavový kužel (würm)	štěrk	-	290	hloubka: <1	Thenius, 1974
16	východně od Deutsch Wagram	syngenetické pseudomorfózy ledových klínů, kryoturbace	fluv. terasy Prater (würm) a Gänserndorfer (riss)	písek	-	160	-	Fink, 1955
17	Petronell-Carnuntum 1	pseudomorfózy ledových klínů	fluviální terasa (günz)	štěrk, *písek*	-	185	-	Saey et al., 2013
18	Petronell-Carnuntum 2	pseudomorfózy ledových klínů a kryoturbace	fluviální terasy Gänserndorfer a Schlosshof (riss)	štěrk, *písek*	riss, würm	164	hl. klínů: 2-3, š. klínů: 1	Beidinger et al., 2011
19	Vídeň	kryoturbace	fluviální terasa Arsenal (mindel)	štěrk	-	185	-	van Husen a Reitner, 2011

č.	lokalita	typ záznamu	geomorfologická poloha (období vývoje)	geologický substrát, *příp. materiál výplně*	období vzniku forem	přibližná nadm. výška [m n. m.]	rozměry forem [m]	zdroj
20	štěrkovna Gemeinlebarn	kryoturbace	fluviální terasa	štěrk	-	180	hloubka: 1	Fuchs, 1972
21	severně od Hainburg an der Donau, Moravské pole	kryoturbace	fluviální terasa Schlosshof (riss)	štěrk, písek	würm	170*	hloubkla: <3.5	Braumann et al., 2018
22 - 23	Michelhausen	pseudomorfózy ledových klínů / kryoturbace	fluviální terasa (riss)	štěrk, písek	-	190-195*	-	Geologická mapa 1 : 50 000
24 - 25	pískovna, Oberbierbaum	pseudomorfózy ledových klínů / kryoturbace	fluviální terasa (würm)	štěrk, písek, holocenní naplaveniny	würm	182*	-	Geologická mapa 1 : 50 000
26 - 27	Wiener Neudorf 1	pseudomorfózy ledových klínů / kryoturbace	fluviální terasa S. Ornding (mindel)	štěrk, písek, jíly	-	175-190*	-	Geologická mapa 1 : 50 000
28 - 29	Wiener Neudorf 2	pseudomorfózy ledových klínů / kryoturbace	fluviální terasa Hochterrasse (riss)	štěrk, písek, jíly	-	185*		Geologická mapa 1 : 50 000
30	Deutsch-Wagram, Bockfliess	tektonické pánve termokrasových jezer, možná pinga	fluviální terasa Gänserndorfer (riss)	štěrk, spraš	-	160*	-	Weissl et al., 2017
31	štěrkovna Friedrichshof	kryoturbace	plošina Parndorfer Platte (mindel)	štěrk	würm (mladší dryas)	160	hloubka: 1	Hausler 2007
32 - 43	Halbturn a okolí	pseudomorfózy ledových klínů / kryoturbace	fluviální terasa Gänserndorfer (riss)	štěrk	-	120-139*	-	Geologická mapa 1 : 50 000
44	Frauenkirchen a okolí 1	termokrasové deprese, možná pinga	jezerní plošina Seewinkel (würm)	štěrk	würm II	120	výška: 20-50, průměr: <1000	Riedl, 1956; Csaplovics et al. 2018
45	Frauenkirchen a okolí 2	kryoturbace	jezerní plošina Seewinkel (würm)	štěrk	würm II-III	120	hloubka: 0.5	Fuchs, 1972
46 - 62	Frauenkirchen a okolí 3	kryoturbace	jezerní plošina Seewinkel (würm)	štěrk	-	114-124*	hloubka: 0.5	Geologická mapa 1 : 50 000
63	Roßberg, Bad Leonfelden	pseudomorfózy ledových klínů	-	hlinitopísčitá půda, úlomky diluvií	-	700	hloubka: 1	Kohl, 1999
64	Weingartshof (okolí Lince)	kryoturbace	fluviální terasa Hochterrasse (riss)	štěrk, spraš	-	275	-	Kohl, 1999



Obrázek 27: *Rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a dalších periglaciálních forem reliéfu pleistocenního permafrostu na území Rakouska na základě literárních a mapových zdrojů. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.*

6.1.1.1 Severní vápencové Alpy (Nördliche Kalkalpen, Gebirgsketten, Gebirgsstöcke)

Na východním okraji Severních vápencových Alp v okolí obcí Gusswerk a Greith byly na písčitoštěrkovité terase severního a západního břehu Salzy (~750 m n. m.) identifikovány pseudomorfózy ledových klínů (Kolmer 1994; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 1).

6.1.1.2 Severní alpské předpolí (Nördliches Alpenvorland)

Van Husen (1997) pojednává o nálezu několika pseudomorfóz ledových klínů würmského stáří, které byly objeveny u města Lambach (Horní Rakousy) ve štěrcích severně položených teras řeky Traun při budování železničního tunelu (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 2). Téměř v celém transektu 1,41 km dlouhého tunelu zasahovaly tyto klínové formy vyplněné směsí štěrku, písku a sprašové hlíny do oblasti stropu 25-40 m pod povrchem. Mocné štěrkové těleso, v němž jsou reliktní ledové klíny ukryté poukazuje na významný transport glacifluviálního materiálu v odvodňovacím systému Traunu a současně na působení dřívější kongelifrakce. Oblast severního alpského předpolí se během LGM nacházela v blízkosti okrajové ablační zóny alpského zalednění.

Další lokalitu s výskytem okolo 3 m hlubokých pseudomorfóz ledových klínů ukrytých ve dvou horizontech, z nichž mladší pochází zřejmě z vrcholné fáze posledního glaciálu, vymezil Botz (1963) v oblasti Suben při pravém břehu Innu (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 3). Rovněž zde byla odhadnuta mocnost dřívější sezónně tající činné vrstvy až na 1-1,5 m.

Weinberger (1951, 1953, 1954) také popisuje několik lokalit nálezu pseudomorfóz v severním alpském předpolí. V jednom případě jsou zmíněny reliktní mrazové trhliny a fosilní ledové žíly v blízkosti bývalé cihelny Sonnleiten v okolí Mauerkirchenu (Weinberger 1953, 1954; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 4). Hloubka těchto spraží překrytých tvarů se pohybuje od 1,4 do 3,3 m, šířka nepřesahuje 20 cm.

Druhý záznam představuje epigenetické pseudomorfózy ledových klínů v lokalitě Käfermühl na vývojově starší günzské terase Ältere Deckenschotter (Weinberger 1951; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 5).

Dále je v rámci terénního průzkumu mapování půdy popsáno několik úzkých mrazových klínů také v okolí Wieselburg, Kilb a Mank (Fischer 1964; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 6). Jejich šířka je většinou pouze do 15 cm, blíže nespecifikovaná výplň má přibližně světle šedou barvu a je výrazně světlejší než okolní substrát, který se vyznačuje barvou šedohnědou.

Fischer (1964) se zmiňuje také o existenci dalších klínových forem ve štěrcích Hochterrasse překrytých svrchně pleistocenní spraší (Jüngeren Gleylöß, würm II) v blízkosti Neumarkt an der Ybbs a Ströblitz (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 7).

Rovněž je poukázáno na výskyt mnoha dalších pseudomorfóz v severním alpském předpolí, avšak již mimo rakouské území v rámci bavorského předpolí bývalého ledovce Salzach (Kohl 1999). Příkladem je štěrková terasa z risského období v okolí Trostberg a Mankham an der Alz či jihovýchodní břeh jezera Waginger See (Kohl 1999).

6.1.1.3 Jihovýchodní předpolí, hlavní údolí (*Südöstliches Vorland, Haupttäler*)

Již Hübl (1943) popisuje lokalitu Hartberg 50 km severovýchodně od Štýrského Hradce jako příhodnou oblast pro výskyt periglaciálních jevů paleopermafrostu. Autor jmenuje výskyt kryoturbací a drobných epigenetických klínů v sarmantských a subpanonských terciérních jílovitých sedimentech v blízkosti obcí Löffelbach a Flattendorf ve výšce 334-353 m n. m. (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 8).

O této oblasti dále pojednává Flügel (1963), který se však zmiňuje jen o rozsáhlých kryoturbacích v okolí bývalé cihelny asi 2 km jižně od Hartbergu (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 9).

6.1.1.4 Vinná čtvrť (*Weinviertel*)

V lokalitě Zellerndorf popisuje Brandtner (1954) výskyt několika mělkých fosilních mrazových žil (hloubka <0,5 m) ukrytých 3,5 m pod povrchem, které jsou překryty a vyplněny spraší (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 10).

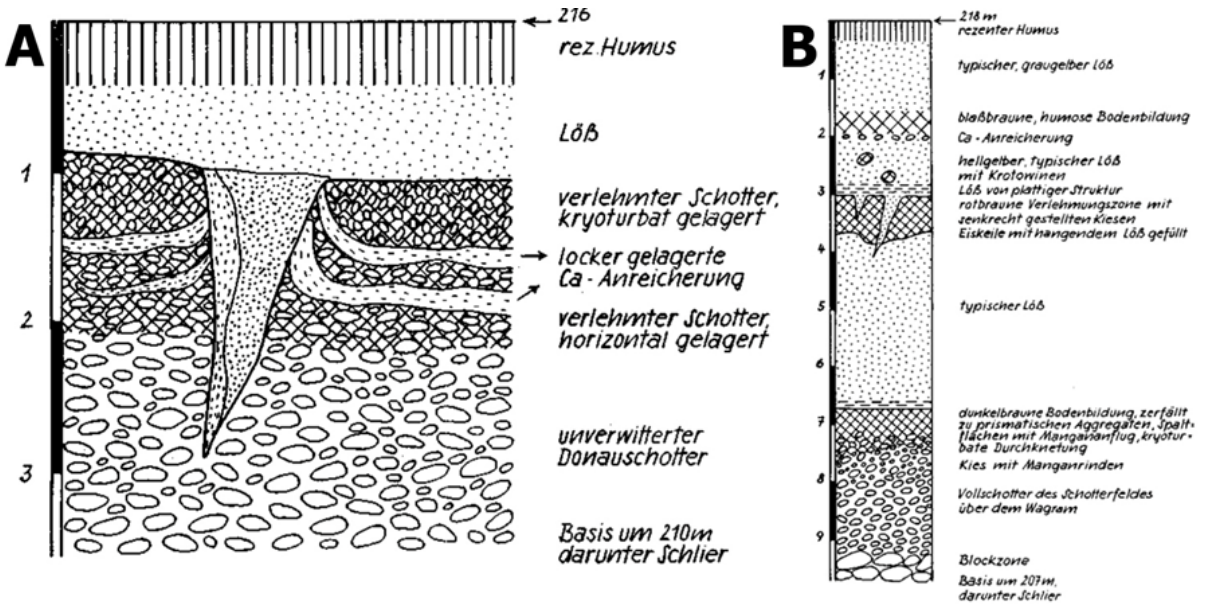
Fink (1954) zmiňuje jako oblasti nálezu pseudomorfóz ledových klínů také Weinsteig a Wetzleinsdorf (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 11).

6.1.1.5 Podunají a jižní vídeňská pánev (*Donauraum u. südl Wiener Backen*)

Piffl (1951, 1964) uvádí dvě lokality výskytu pseudomorfóz ledových klínů, dříve velmi často označovaných pouze jako ledové klíny (*eiskeil*) asi 15 km severozápadně od Tulln an der Donau.

První lokalita je na okraji Fels am Wagram (216 m n. m.) a nachází se zde až 2 m hluboké pseudomorfózy würmského stáří, které se střídají po 5-7 m (Obrázek 28A; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 12). Profily těchto forem byly odkryty při stavbě místního silničního obchvatu a jsou vyplněny nejen spraší, sprašovou hlínou a jemnozrnným pískem, ale i hrubšími štěrkovými frakcemi, spraše dominují jako překryvný sediment.

V rámci druhé lokality u obce Engelmannsbrunn byl v 218 m n. m. rovněž odkryt profil s klíny. Asi 3-4 m pod povrchem jsou zde dvě pseudomorfózy, z nichž větší je 1 m hluboká (Obrázek 28B; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 13). Podloží obou lokalit leží na fluviální terase Lehen z mindelu s asi 5 m mocným štěrkovým tělesem, jehož základna je 25–30 m nad současnou hladinou Dunaje.

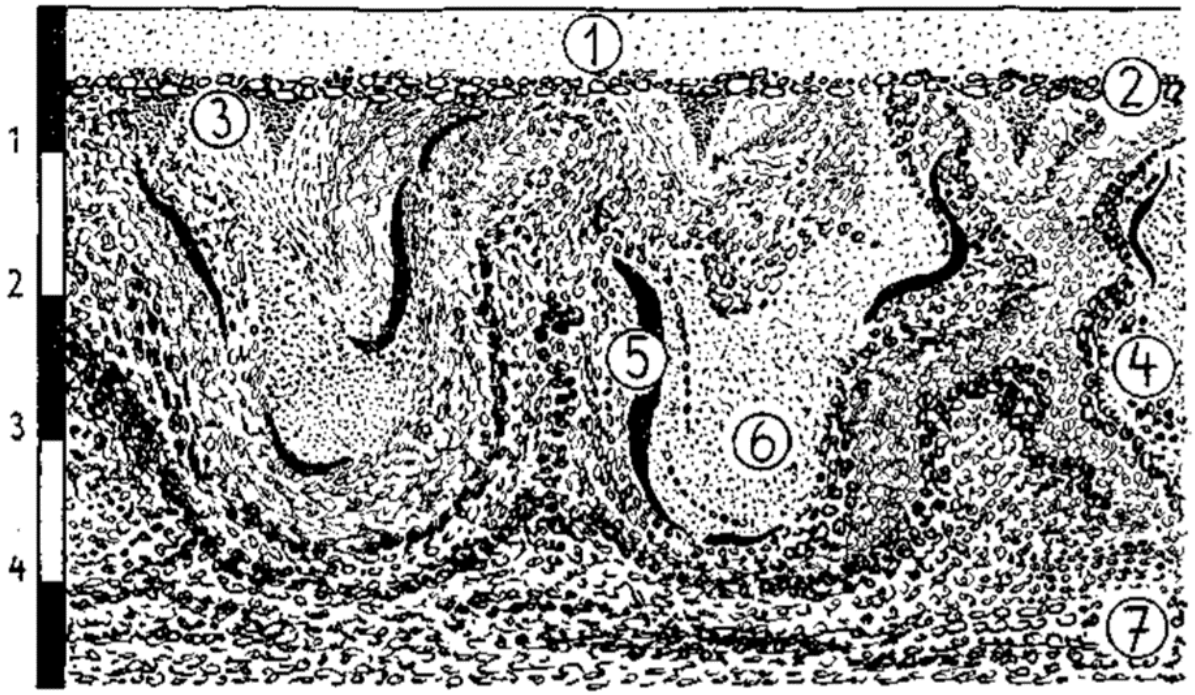


Obrázek 28: *Pseudomorfózy vložené do štěrkového materiálu terasy Lehen jsou překryty sprašovým sedimentem a nadložní vrstvou černozemních půd.* ***A:*** *Schématické znázornění profilu s pseudomorfózou ledového klínu v lokalitě Fels am Wagram.* ***B:*** *Profil dvou menších pseudomorfóz u Engelmannsbrunn (Piffl 1964).*

V okolí Deutsch Wagram jsou do fluviálních štěrků vloženy více než 2 m hluboké a až 3 m široké pseudomorfózy ledových klínů vyplněné směsí hnědého písku, které byly odhaleny při průzkumu tektonického zlomu Aderklaa-Bockflies (Weissl et al. 2017; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 14). Kromě toho je velká část svrchních horizontů až do hloubky 3-4 m modifikována silnou kryoturbací (Weissl et al. 2017).

Thenius (1974) pojednává o výskytu až 1 m hlubokých pseudomorfóz ledových klínů ve štěrkovém náplavovém kuželu v lokalitě Wöllersdorf poblíž Vídeňského Nového Města (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 15).

V oblasti Moravského pole na tektonicky pokleslých částech terasy Gänserndorfer východně od Deutsch-Wagram uvádí Fink (1955) několik lokalit výskytu pravděpodobně syngenetických pseudomorfóz ledových klínů a současně intenzivní kryoturbace (Obrázek 29; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 16).



Obrázek 29: *Terasa Gänserndorfer je v okolí Deutsch-Wagram protkána intenzivní kryoturbací. Na obrázku je znázorněn přibližně 3 m mocný kryoturbační horizont. 1: Nadložní materiál (převážně spraš či jemnozrný písek). 2: Horizontální štěrková vrstva. 3: Drobné klínové struktury, které nejsou pseudomorfózami. 4: Hlavní zóna kryoturbace. 5: Zbytky fosilní půdy modifikované kryoturbací. 6: Hnědý písek jako hlavní materiál výplně. 7: Bazální fluviální štěrk dané terasy (Fink 1955).*

Další literární záznam z Moravského pole, který pojednává o pseudomorfózách, se vztahuje ke známé archeologické lokalitě Petronell-Carnuntum (Saey et al. 2013; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 17). Při provádění distančního monitoringu kombinovaného s metodami měření magnetické susceptibility, elektrické konduktivity či georadaru za primárním účelem průzkumu základů staveb v okolí bývalé gladiátorské arény, zde byly nalezeny polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů. Tyto polygony lze jako jediné ověřit i z leteckého snímku. Oblast se nachází při jižním okraji Moravského pole v blízkosti slovenských hranic na starší štěrkové terase z günzského glaciálu při západním břehu přibližně 45 m nad hladinou Dunaje.

Beidinger et al. (2011) zmiňují pseudomorfózy ledových klínů s písčitou výplní a kryoturbace na terasách Schlosshof (MIS 10) a západnější Gänserndorfer (MIS 6; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 18). Klíny nebyly datovány, ale vzhledem ke geomorfologické poloze a mocnosti periglaciálního profilu je jejich vývoj odhadnut do období rissu až würmu. Reliktní klíny o hloubce 2-3 m a šířce horní části okolo 1 m náleží do tektonicky aktivní oblasti zlomového systému vídeňské pánve, a jejich původní morfologie byla silně tektonicky ovlivněna (Beidinger et al. 2011).

Výskyt kryoturbací v Podunají a ve vídeňské pánvi je obecně velmi častý jev. Již Fink a Majdan (1954) popsali desítky lokalit se zjištěnými kryoturbacemi v okolí Vídně, nelze je však přesněji lokalizovat. Většinou se nacházely v hloubkách alespoň 1,5 m pod horizonty spraší a nad nimi vyvinutých černozemí. Zcela nejdominantnější zastoupení těchto skupin kryoturbací má risská terasa Gänserndorfer, ale byly nalezeny rovněž ve starších terasách (např. Laaerberg), naopak ve svrchně pleistocenní nízko položené terase Prater nálezy kryoturbací téměř chyběly.

Kryoturbací modifikované horizonty byly odkryty například v 10-15 m mocných štěrkových nánosech mindelské terasy Arsenal v centru Vídně (van Husen a Reitner 2011; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 19).

Fuchs (1972) zmiňuje 1 m hluboké kryoturbace ve štěrkovně východně od Gemeinlebarn na svrchně pleistocenní fluviální terase západního břehu Dunaje (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 20).

Trojúhelníkový půdorys terasy Schlosshof, která leží izolovaně na východě Moravského pole 25–30 m nad dunajskou hladinou je ve svrchních sedimentech až do hloubky 3,5 m rovněž ovlivněna silnou kryoturbací (Braumann et al. 2018; Obrázek 30; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 21).

Obrázek 30: *Štěrková formace terasy Schlosshof, která byla odkryta na pravém břehu Moravy v blízkosti soutoku s Dunajem asi 5 km severně od Hainburg an der Donau na východním okraji Moravského pole. Ve svrchní části horizontu do hloubky 3,5 m je patrná intenzivní kryoturbace a míšení středně pleistocenních fluviálních štěrků se svrchně pleistocenními písky a spraší v pravé části snímku. Uvedené hodnoty exaktního stáří s příslušnou odchylkou byly pro jednotlivé vzorky zjištěny na základě metody OSL (Braumann et al. 2018).*

Další lokality pseudomorfóz nebo kryoturbací byly objeveny v geologické mapě měřítka 1 : 50 000 (Geologische Bundesanstalt 2021), avšak bez dohledání dodatečných detailnějších morfologických charakteristik. Jedná se o oblasti dunajských teras asi 13 km západně od města Tulln an der Donau.

První oblast zahrnuje dvě reliktní formy na západě Michelhausenu, které náleží do akumulačních fluviálních štěrkopísků středně pleistocenní terasy asi 5–25 m nad úrovní současného toku (Tabulka 5, Obrázek 27, lokality č. 22-23). V rámci blízkého okolí jsou dva mrazové klíny/kryoturbace nalezeny také v oblastech zatopených lomů jižně od obce Oberbierbaum, ty se však řadí již do mladší písčitoštěrkovité dolní dunajské terasy ze svrchního pleistocénu, která je částečně kryta holocenními jílovitohlinitými nivními sedimenty (Tabulka 5, Obrázek 27, lokality č. 24-25).

Další čtyři pseudomorfózy/kryoturbace byly zjištěny v jižní části vídeňské pánve východně od Wiener Neudorf. Dvě z nich se nachází na fluviálních štěrcích terasy S Ornding (mindel) s místy obnaženými jílovitými opukami a písky vnitřního alpského terciéru (Tabulka 5, Obrázek 27, lokality č. 26-27) a zbylé pseudomorfózy lze nalézt ve štěrcích tektonicky pokleslé terasy Hochterrasse (Tabulka 5, Obrázek 27, lokality č. 28-29).

Cenným paleoenvironmentálním pozůstatkem s ohledem na existenci dřívějšího termokrasu je velké množství oválných depresí ve vídeňské pánvi na terase Gänserndorfer, jejíž vzhled a výška je výrazně ovlivněna kvartérní tektonikou (Weissl et al. 2017; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 30). Právě přítomnost tektonických zlomů mohla být zásadním faktorem umožňujícím přínos vody a tím i růst ledové čočky a vývoj ping.

6.1.1.6 Severní Burgenland (*Nordburgenland*)

V této oblasti jsou reliktní mrazové klíny a kryoturbace zjištěny pouze prostřednictvím geologických map. V oblasti štěrkové plošiny Parndorfer Platte severně od Neziderského jezera (štěrkovna Friedrichshof), jejíž vznik je vázán na fluviální akumulace paleokoryt Dunaje a Litavy jsou nalezeny kryoturbací modifikované horizonty mindelských štěrků, přičemž samotné kryoturbace zde mají mocnost okolo 1 m (Häusler 2007; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 31).

Východně od Neziderského jezera v blízkosti maďarské hranice (obec Halbturn) se nacházejí 4 záznamy kryoturbace v rámci tektonicky pokleslé fluviální terasy Gänserndorfer. 8 lokalit s výskytem pseudomorfóz je zjištěno směrem na sever blíže k Dunaji podél státní hranice, přičemž stěrkový geologický podklad je zde shodný jako u předešlé oblasti (Tabulka 5, Obrázek 27, lokality č. 32-43).

Existují doposud nezodpovězené hypotézy, které v jezerní oblasti Seewinkel východně od Neziderského jezera předpokládají pozůstatky po 20-50 m vysokých hydraulických pingách z pozdního glaciálu, jejichž růst ledového jádra mohl být vázán na přítomné tektonické poruchy (Riedl 1965, Csaplovics et al. 2018; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 44).

Přítomnost svrchně pleistocenního permafrostu v jezerní oblasti je podpořena také dalšími periglaciálními jevy jako jsou mělké (0,5 m) kryoturbace či involuce z mladšího dryasu (Fuchs 1972; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 45). Kryoturbace jsou potvrzeny i v geologické mapě, kde se lokalitě jezerní plošiny Seewinkel identifikovalo celkem 17 roztroušených výskytů (Tabulka 5, Obrázek 27, lokality č. 46-62).

6.1.1.7 Mlýnská čtvrť (Feucht-kühler Westen/Mühlviertel u. Hochlagen)

Kohl (1999) popisuje pseudomorfózu ledového klínu ve vyšší nadmořské výšce (>700 m n. m.) v lokalitě Rossberg blízko českých hranic, asi 4,5 km severozápadně od obce Bad Leonfeld (Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 63). Tato pseudomorfóza je asi 1 m hluboká a nachází se v hlinitopísčitých půdách se zvětralými úlomky diluvií se znaky dřívější geliflukce.

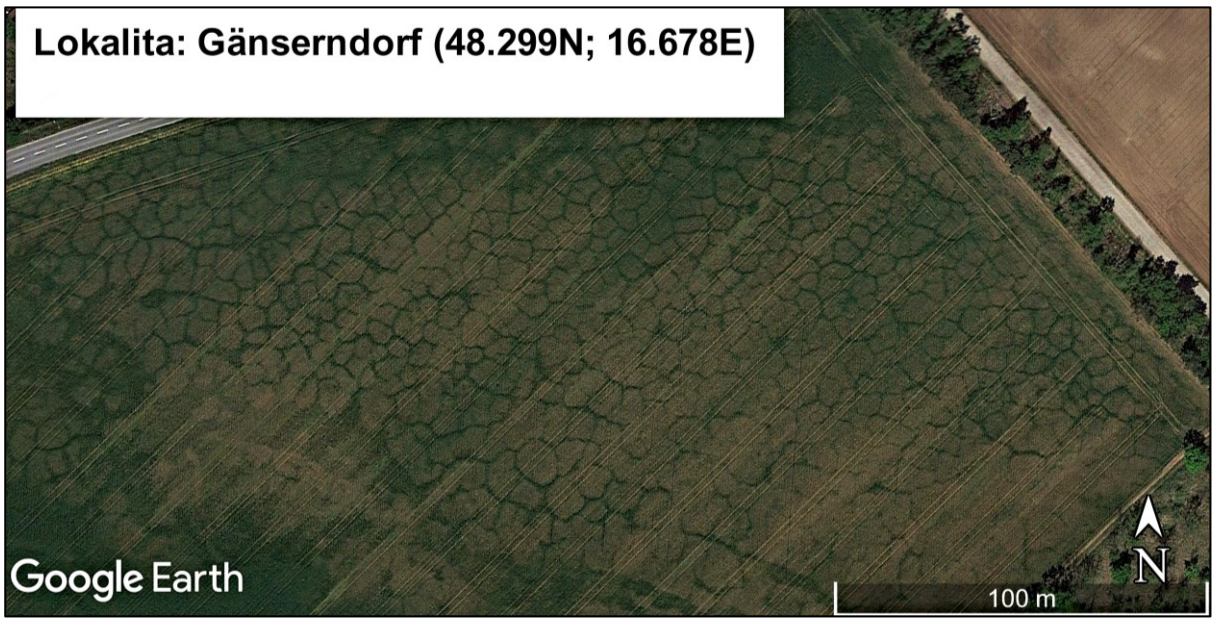
V profilu Weingartshof (okolí Lince) došlo k nálezu několika morfologicky pestrých kryoturbací, které zasahují skrz sprašové profily do štěrkového tělesa risské terasy Hochterrasse (Kohl 1999; Tabulka 5, Obrázek 27, lokalita č. 64).

6.1.2 Prostorové rozšíření pseudomorfóz určených z leteckých snímků a jejich klasifikace

V rámci prohledání dostupných leteckých snímků pokrývajících území Horních a Dolních Rakous, Burgenlandu a Štýrska došlo k vymezení celkem 534 lokalit s výskytem polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů a dalších 348 nalezených lokalit představuje polygonální sítě s nejednoznačným původem, který nelze s pomocí použité metodiky ověřit (Obrázek 35).

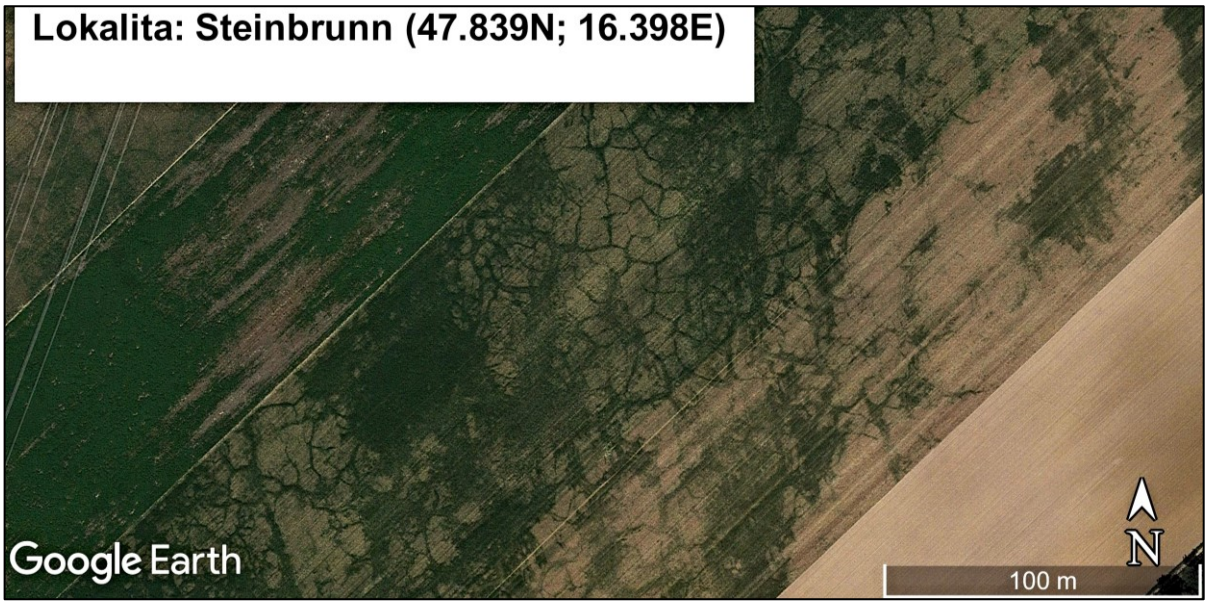
Pseudomorfózy kategorie 1-3 jsou topograficky rozmístěny od nejníže položených lokalit Rakouska ve východní části jezerní plošiny Seewinkel (116 m n. m.) až po oblasti plochých pahorkatin v Mlýnské čtvrti (419 m n. m.). Topografická charakteristika reliéfu v okolí pseudomorfóz kategorie 3 je pestřejší, než pro pseudomorfózy kategorií 1 a 2, neboť jsou nalezeny na rozsáhlejším území, ve větším rozmezí nadmořských výšek a jejich rozmístění je pravidelnější, avšak trend prostorového výskytu se zásadně neodlišuje.

Do kategorie 1, která představuje vizuálně nejkvalitnější sítě (Obrázek 31, Obrázek 35), je zařazeno 55 lokalit s 2560 vymezenými polygony, které byly dále podrobeny statistickému vyhodnocení jejich morfometrických charakteristik (Příloha 2-167). Snímky s nejkvalitněji zřetelnými polygonálními projevy vegetace na 55 vymezených lokalitách pocházejí zejména z úvodní části vegetační sezony v rozmezí měsíců březen až červen, kdy zásadně převažují dubnové snímky (n=37). Ty jsou následovány snímky z května (n=12) a několik pseudomorfóz je identifikováno také na červnových snímcích (n= 5) a na snímku z března (n=1).



Obrázek 31: *Ukázka polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1, jejíž polygony byly součástí souboru určeného ke statistickému zpracování. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).*

Do kategorie 2, představující sítě kvalitně zřetelných polygonů, se zařadilo 97 lokalit. Morfometrie těchto polygonů není statisticky vyhodnocena, protože jich je v daných lokalitách možné spolehlivě vymezit méně než 30. Polygonální sítě kategorie 2 se často nacházely v okolí polygonálních sítí kategorie 1 (Obrázek 32, Obrázek 35).

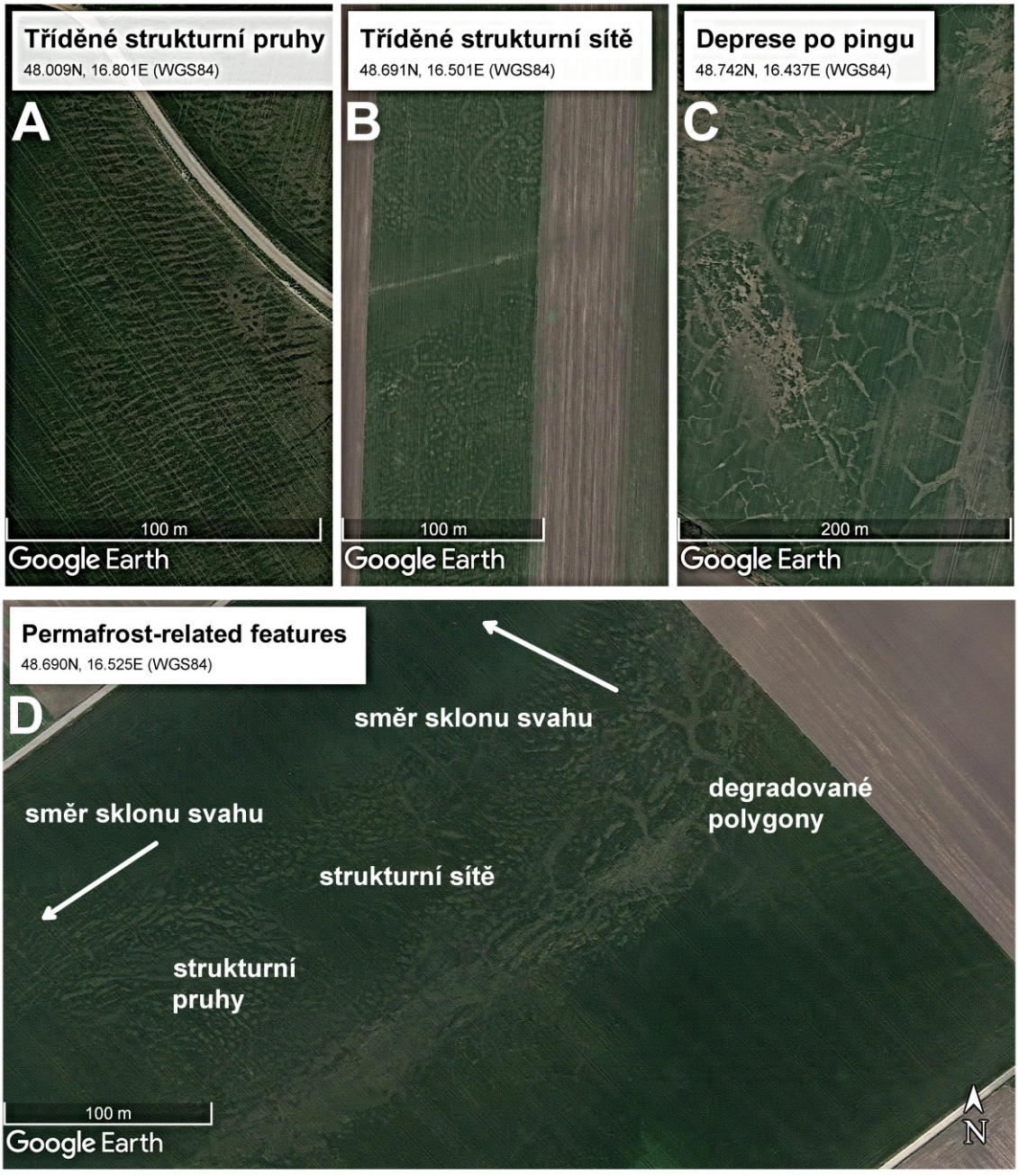


Obrázek 32: *Ukázka polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 2, jejíž polygony nemohly být z důvodu malého počtu součástí polygonů určených ke statistickému zpracování. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).*

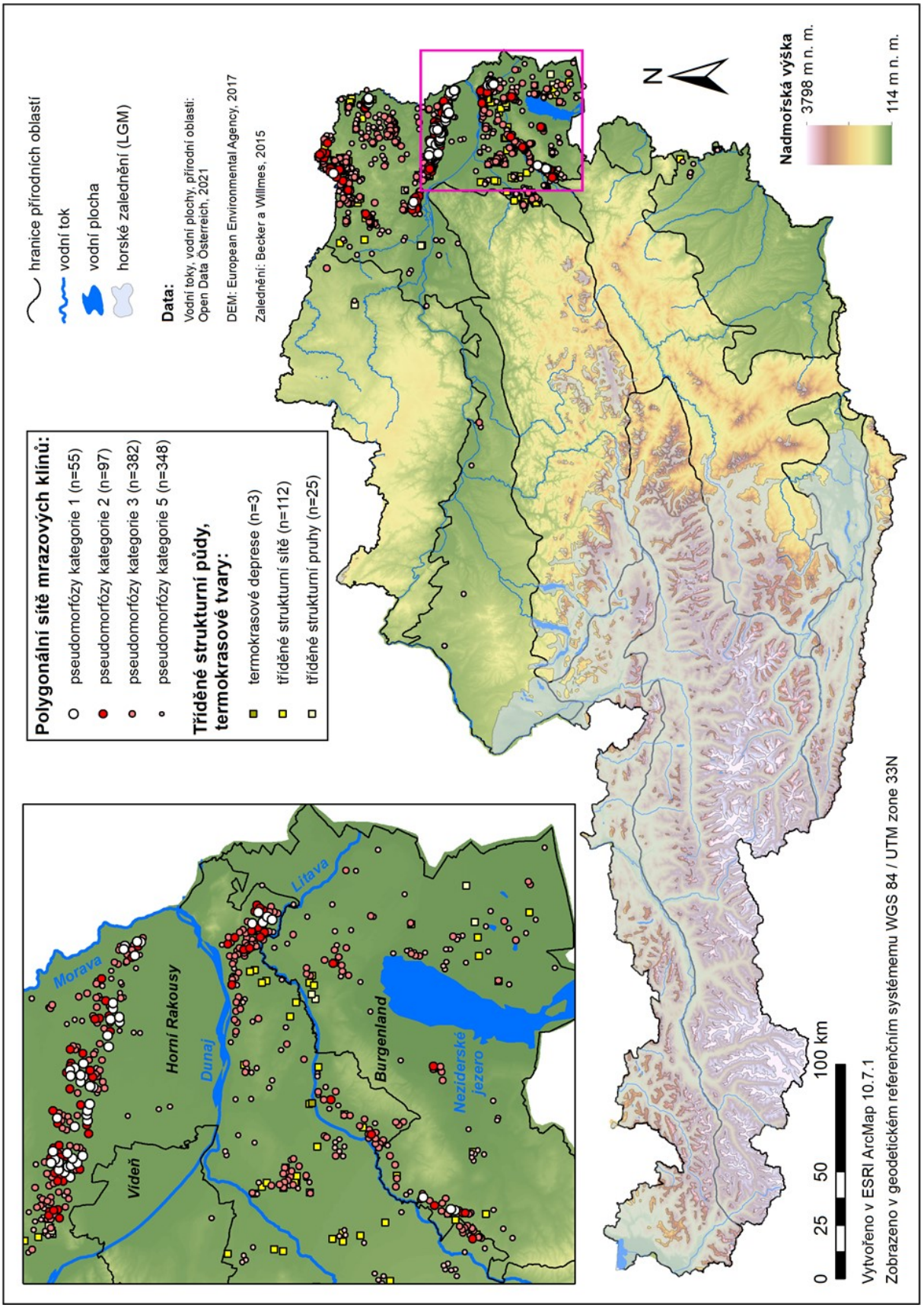
Kategorie 3, představující degradované či nespolehlivě zřetelné polygonální sítě, obsahuje 382 lokalit, což je nejvyšší množství ze všech kategorií (Obrázek 33, Obrázek 35).

Obrázek 33: *Ukázka polygonální sítě degradovaných nebo hůře viditelných pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 3. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).*

Kromě zájmových polygonů jsou nalezeny dalších jevy, u nichž lze předpokládat periglaciální původ (Obrázek 34D, Obrázek 35). Jedná se o 25 lokalit s nálezy strukturních pruhů (Obrázek 34A), 112 lokalit strukturních kruhů a sítí (Obrázek 34B) a 3 lokalit s depresí možného termokrasového původu (termokrasová jezera, pinga, palsy, litalsy; Obrázek 34C). Původ mnoha nalezených forem z těchto 3 skupin nelze zcela spolehlivě potvrdit.



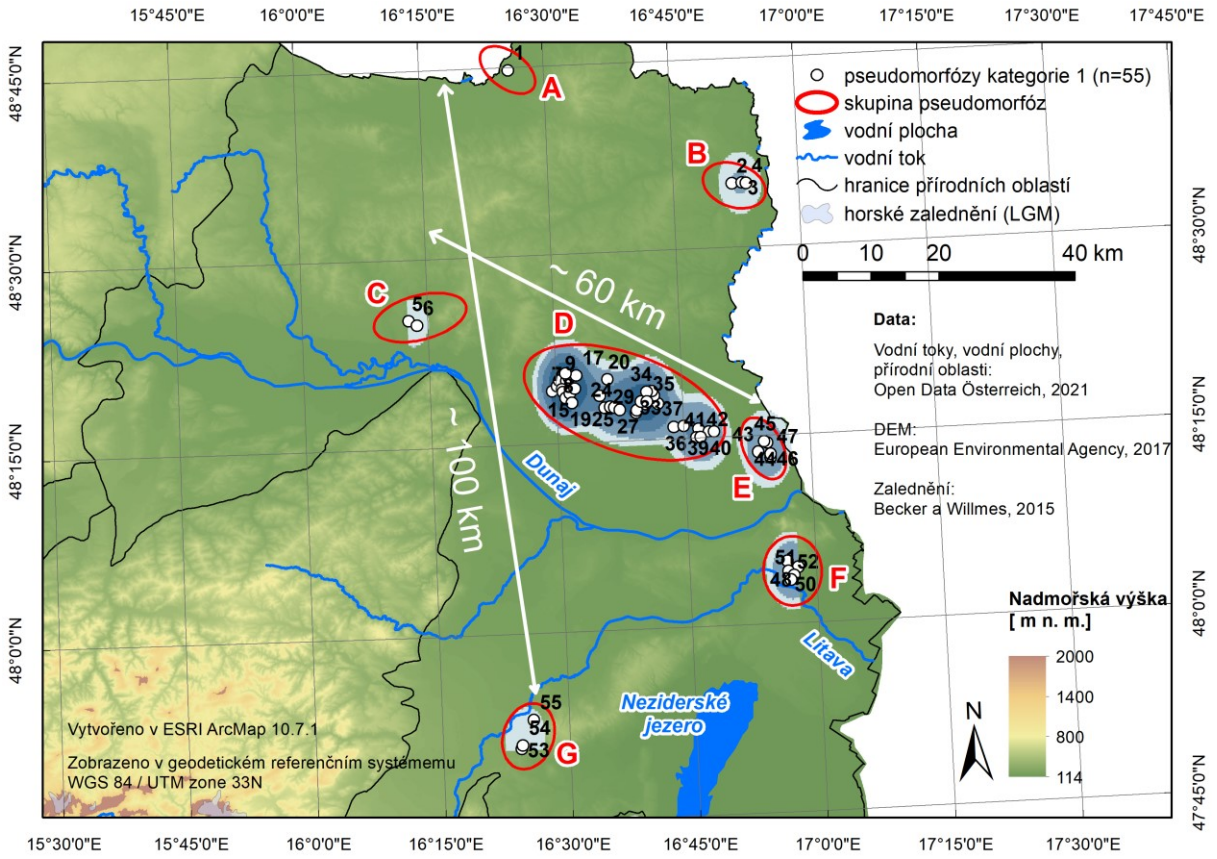
Obrázek 34: ***A:*** *Tříděné strukturní pruhy orientované ve směru sklonu svahu.* ***B:*** *Drobné tříděné strukturní sítě.* ***C:*** *Deprese potvrzená výškovým profilem a digitálním modelem reliéfu, která je pravděpodobně pozůstatkem po svrchněpleistocenním pingu. Důkazem je přítomnost vyvýšeného valu okolo deprese (ramparted depression) a morfologie okolních polygonů, které jsou k této depresi orientované. V blízkosti se nacházejí nejseverněji nalezené polygonální sítě kategorie 1.* ***D:*** *Mozaika dalších pleistocenních periglaciálních tvarů vázaných na permafrost (permafrost-related features) ovlivněná topografií. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).*



Obrázek 35: *Rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a dalších periglaciálních forem reliéfu pleistocenního permafrostu na území Rakouska na základě výsledků vlastního šetření. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.*

6.2 Poloha, charakteristika reliéfu a sedimentárního pokryvu pseudomorfóz sítí mrazových klínů kategorie 1

Území nálezu pseudomorfóz lze rovnoběžkově vymezit mezi 47,85° až 48,75° s. š. a poledníkově od 16,21° do 16,97° v. d. ve spolkových zemích Dolní Rakousy a Burgenland (Tabulka 6). Těžiště lokalit je v S-J směru protažené v délce 100 km a v SZ-JV směru okolo 60 km. Pomocí GIS nástroje *Kernel Density* je vymezeno 7 shluků označených písmeny A-G, které náleží konkrétní fluviální terase (Obrázek 36, Obrázek 40-43).

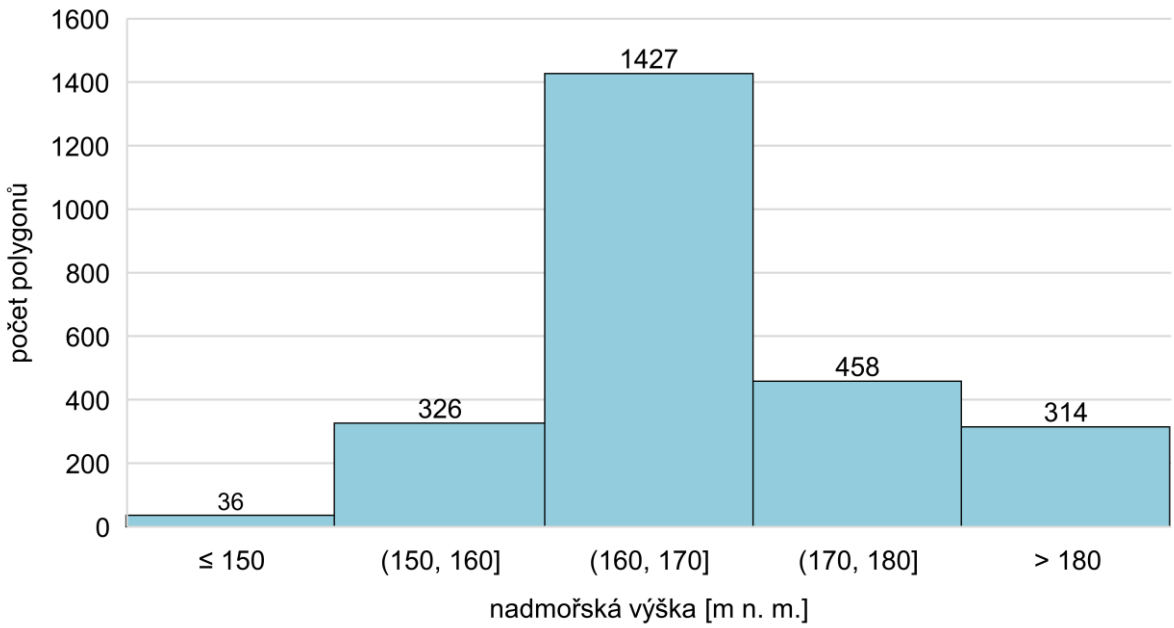


Obrázek 36: *Prostorové rozšíření pseudomorfóz kategorie 1 s vyznačenými shluky A-G (zjištěno nástrojem Kernel Density v ESRI ArcMap 10.7.1), jejichž umístění přímo odpovídá různým pleistocenním fluviálním terasám.*

Tabulka 6: *Geografické vymezení okrajových polygonů pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1.*

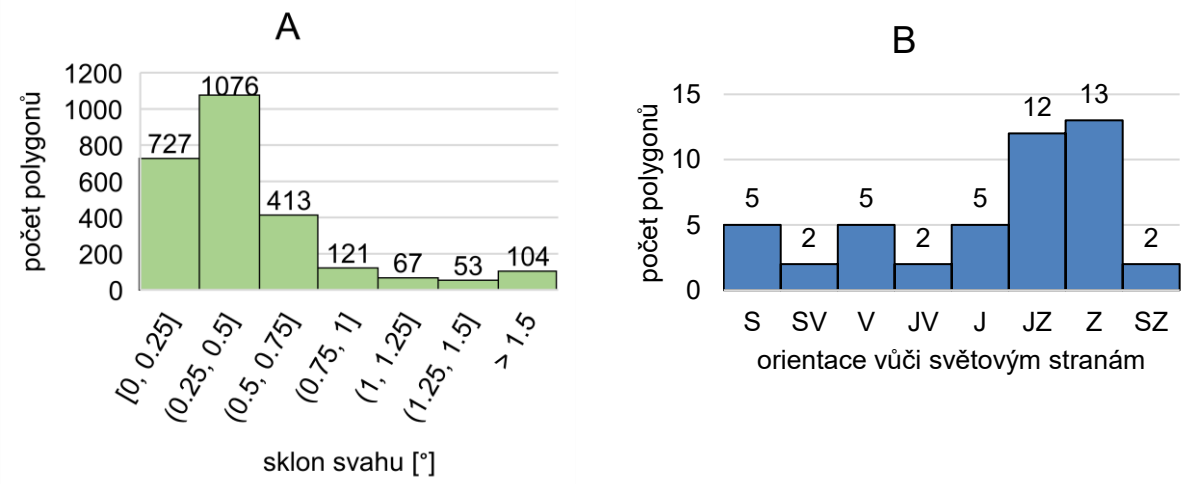
	souřadnice x (WGS84)	souřadnice y (WGS84)	č. lokality	skupina	název lokality
nejsevernější polygon	16.4275	48.7497	1	A	Rothenseehof
nejjižnější polygon	16.4019	47.8468	53	G	Neufeld an der Leitha 1
nejzápadnější polygon	16.2106	48.4209	5	C	Leitzersdorf 1
nejvýchodnější polygon	16.9669	48.075	48	F	Prellenkirchen 1

Polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1 se nacházejí v nížinných oblastech ve výškách ~150-250 m n. m. (Obrázek 37). Nejvyšší zastoupení polygonů je v rozmezí 160-170 m n. m, což představuje téměř 56 % z celku. Převažující náležitost polygonů do intervalu 160-170 m n. m. je především důsledkem pseudomorfóz skupiny D, které se vyznačují převážně podobnými topografickými rysy vlivem umístění na risské fluviální terase Gänserndorfer. Nadmořská výška skupiny nejníže položených pseudomorfóz (<150 m n. m.), které se nachází v lokalitě č. 36 (terasa Gänserndorfer; Příloha 107-109), se nápadně odlišuje od většiny ostatních lokalit na téže terase, které jsou nacházeny průměrně ve 161 m n. m. Rozdíl lze zřejmě vysvětlit umístěním těchto pseudomorfóz do tektonicky pokleslé části terasy (Weissl et al. 2017). Rovněž i ostatní lokality v této části terasy mají podprůměrnou nadmořskou výšku (např. lokality č. 38, 41 či 42). Nejvýše položené pseudomorfózy (skupina G) se vyskytují v nejjižnějších lokalitách č. 53-55 (Příloha 158-166).



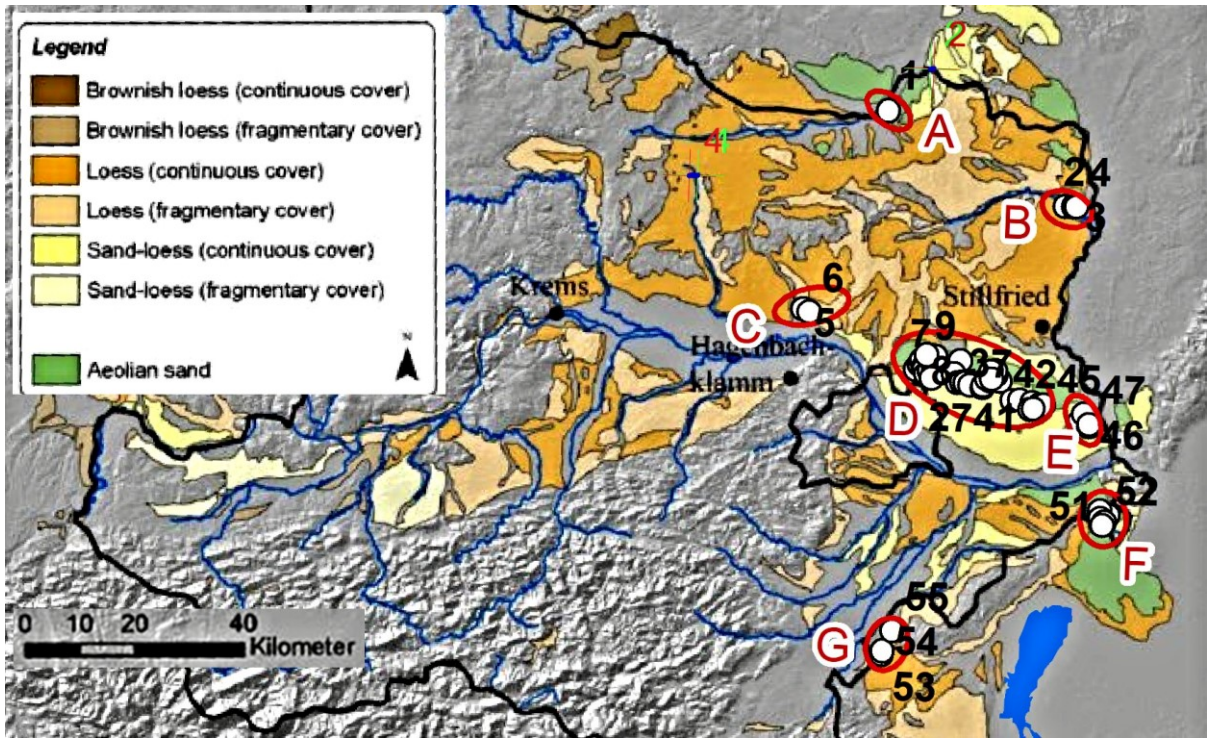
Obrázek 37: *Zastoupení polygonů podle nadmořské výšky. Minimální je 149 m n. m., maximální 256 m n. m.*

Území výskytu sítí mrazových klínů kategorie 1 mají charakter rovin (sklon do 2°) až velmi mírně ukloněných svahů (maximální sklon je 4,74°; Obrázek 38A). Do sklonu 2° se vyskytuje 2509 polygonů pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1. Na svazích (tj. plochy o sklonu větším než 2°) se vyskytuje pouze 51 polygonů (2 % z celkového množství polygonů kategorie 1). V malé skupině polygonů lokalizovaných na svažitém reliéfu dominují svahy orientované na západ a jihozápad (Obrázek 38B).



Obrázek 38: A: *Průměrný sklon polygonů.* ***B:*** *Orientace svahu polygonů vůči světovým stranám. Převážná většina polygonů náleží do rovin (98 %).*

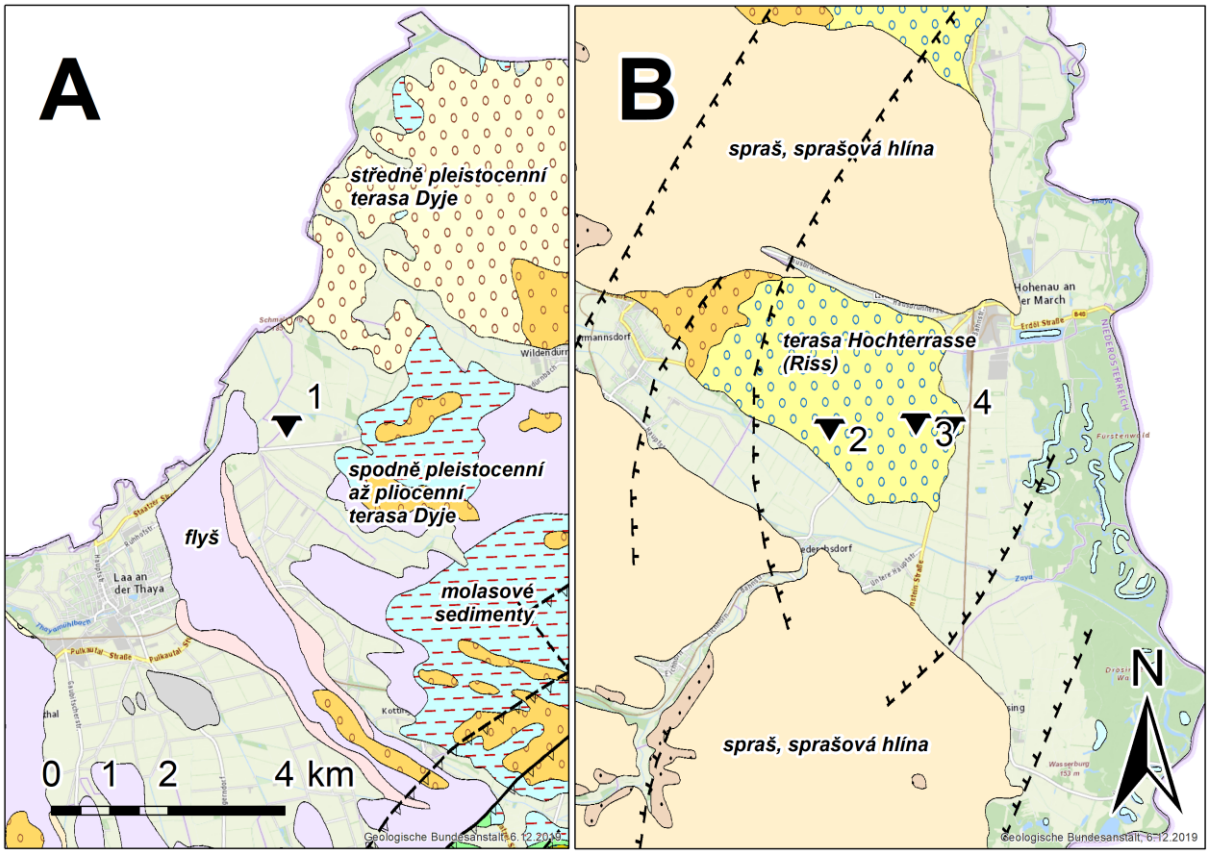
Většina lokalit s výskytem polygonálních sítí je na základě geologických map (1 : 50 000 nebo 1 : 200 000) přiřazena na středně pleistocenní fluviální terasy, které jsou pokryté spraší nebo eolickým pískem (Obrázek 39). Fluviální terasy v detailnějším pohledu přímo odpovídají vymezeným areálům skupin polygonů kategorie 1 A-G (Obrázek 40-43).



Obrázek 39: *Detailnější pohled na rozšíření typů sprašové krajiny na území Dolních Rakous a severní části Burgenlandu s vyznačenými skupinami pseudomorfóz mrazových klínů (georeferencováno nad podkladem Loishandl-Weisz a Peticzka 2005, upraveno).*

Pseudomorfózy skupiny A odpovídají nejseverněji položené osamocené lokalitě č. 1 (Příloha 2-4), která náleží pravděpodobně do středně pleistocenní fluviální terasy Dyje východně od příhraničního města Laa an der Thaya (Obrázek 40A). Okolí je pokryto eolickými písky a písčitou spraší a nachází se zde také flyš a molasové sedimenty karpatské předhlubně.

Skupinou B je shluk 3 lokalit (lokality č. 2-4; Obrázek 40B, Příloha 5-13) na severovýchodě země při pravém břehu Moravy v blízkosti Hohenau an der March. Tyto pseudomorfózy náleží do risské Hochterrasse, která je překryta převážně spraší a sprašovou hlínou.

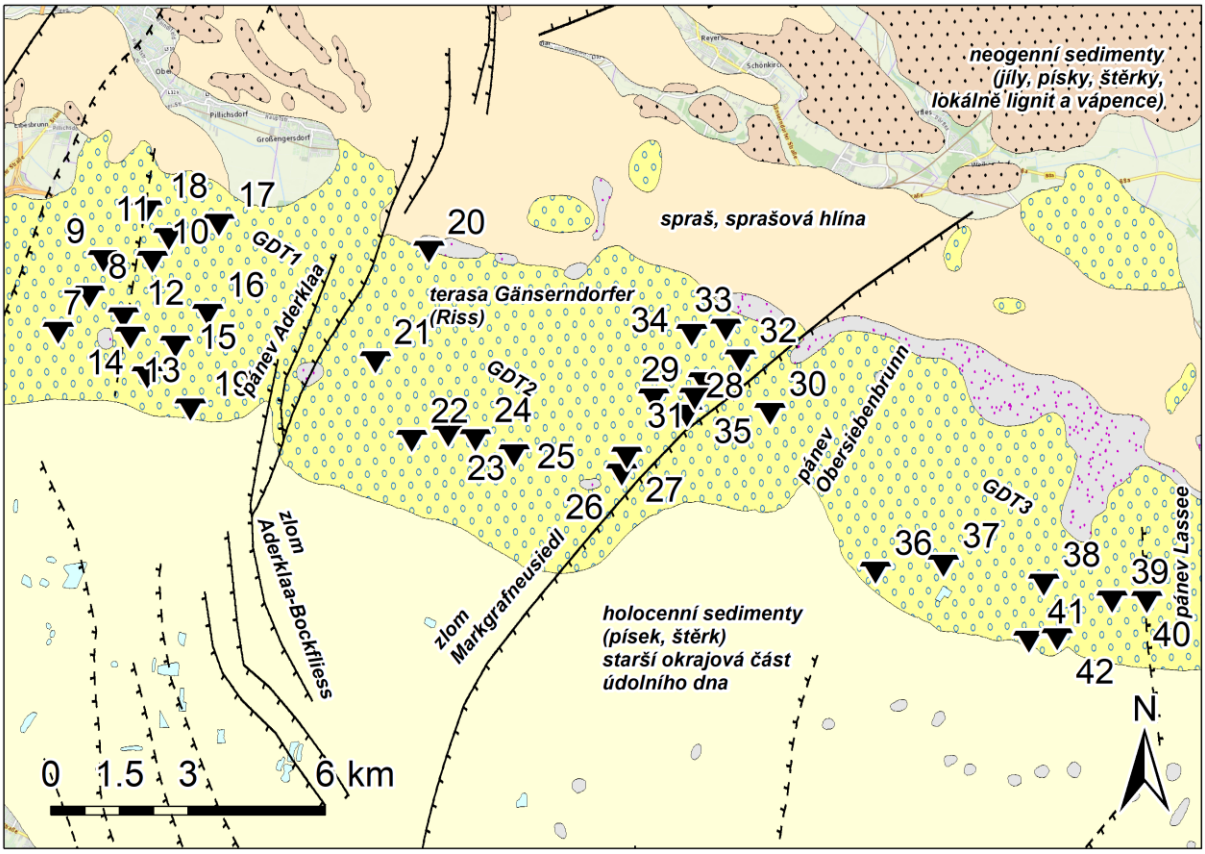


Obrázek 40: ***A:*** *Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny A.* ***B:*** *Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny B. Na obou mapách je doplněn popis okolních geologických poměrů. Lokalitu č. 1 nelze vzhledem k absenci pokrytí mapy zcela spolehlivě vymezit na fluviální terasu. Geologický substrát je pravděpodobně zastoupen štěrky, spraší a eolickými písky (Geologische Bundesanstalt 2021).*

Skupina pseudomorfóz C (lokality č. 5 a 6, Příloha 14-19) je v porovnání s předchozími pseudomorfózami výše nad úrovní hladiny Dunaje a z hlediska geomorfologické polohy ji lze vyčlenit na starší fluviální terasu Älterer Deckenschotter z günzského glaciálu (Obrázek 42A). Geologický substrát nad starým štěrkovým tělesem je tvořen převážně eolickým sprašovým sedimentem.

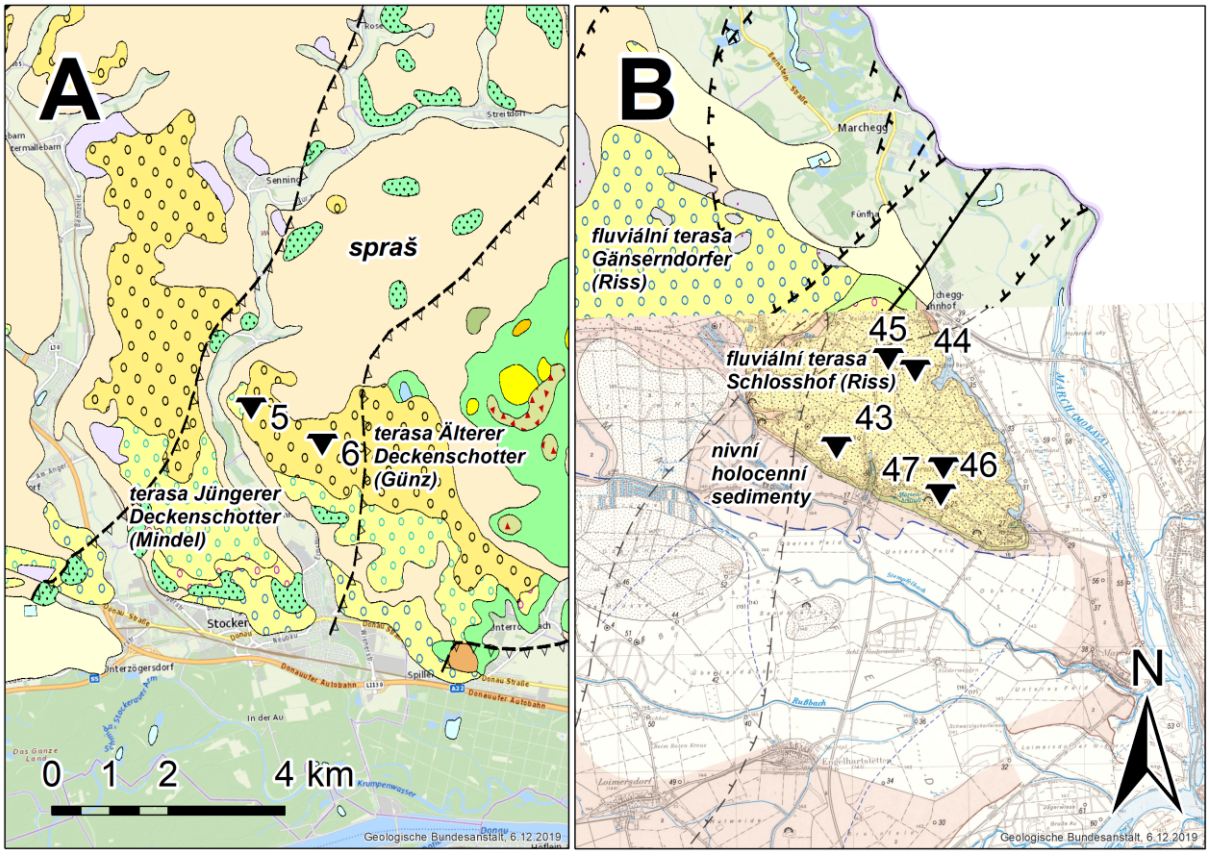
Zcela nejrozsáhlejší skupina pseudomorfóz D (lokality č. 7-42, Příloha 20-127) se nalézá v Moravském poli na rozsáhlé risské terase Gänserndorfer (Obrázek 41). Stěžejní oblast nálezu má podobu úzkého pásu protaženého ve směru Z-V až SZ-JV v délce asi 30 km, který probíhá rovnoběžně s tokem Dunaje, od něhož je vzdálen přibližně 15 km. Přestože se jedná o shodné štěrkové těleso, některé topografické charakteristiky jednotlivých lokalit se vzájemně odlišují. Příčinou je doposud aktivní tektonika ve střižném zlomovém systému vídeňské pánve. Na základě toho je možné rozdělit terasu na několik dílčích částí původní terasy (GDT1-3) a na tektonicky pokleslé pánve mezi nimi (Aderklaa, Obersiebenbrunn a Lassee; Weissl et al. 2017). Polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů jsou nalezeny ve většině z těchto úseků.

Poloha lokalit č. 7-19 (Příloha 20-58) spadá do první části terasy (GDT1), lokality č. 20-35 (Příloha 59-106) jsou převážně rovněž na tektonicky nepokleslé části původní terasy (GDT2) a zbytek (lokality č. 36-42, Příloha 107-127) je rozprostřen do úseku GDT3 a sousedních tektonicky pokleslých pánví.



Obrázek 41: *Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny D. Doplněn popis okolních geologických poměrů a označení hlavních tektonických střižných zlomů (Geologische Bundesanstalt 2021).*

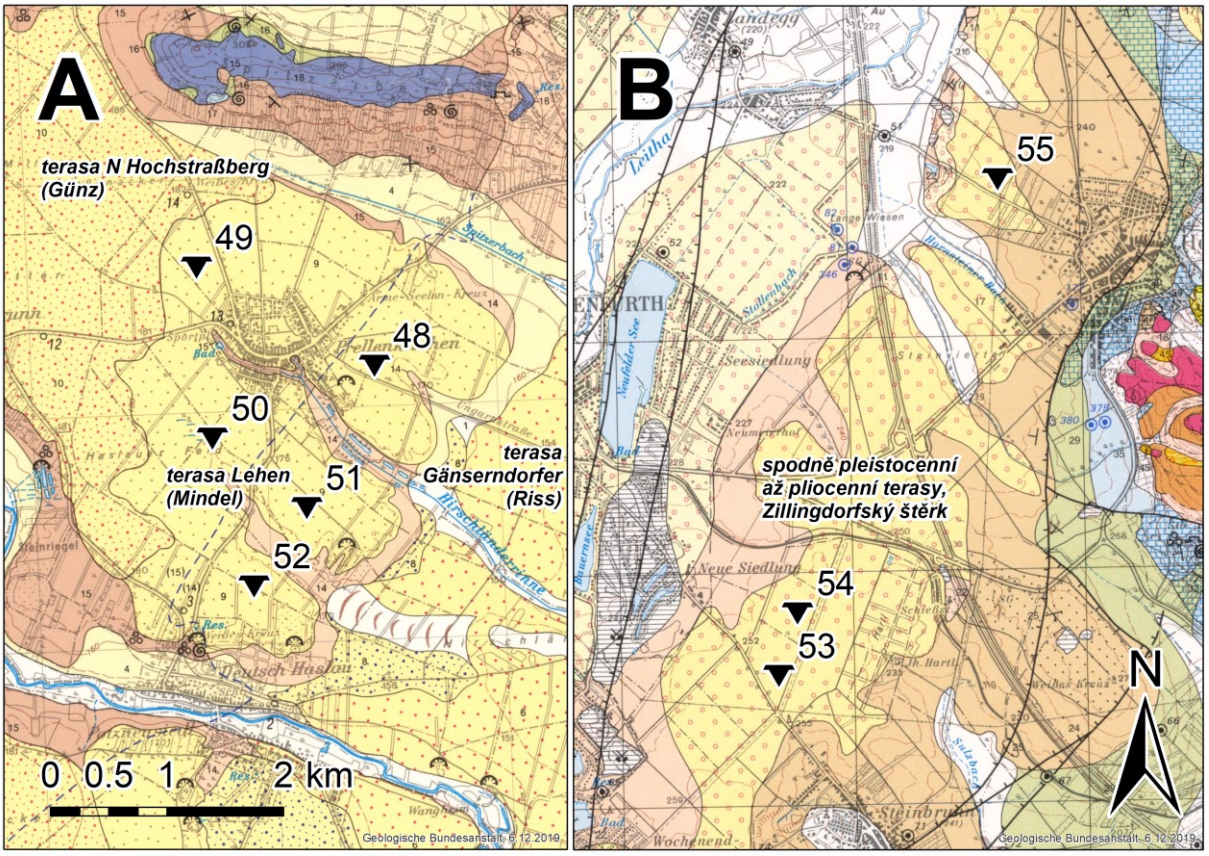
Skupina pseudomorfóz E (lokality č. 43-47, Příloha 128-142) se nachází v blízkosti soutoku Dunaje a Moravy u slovenských hranic a geograficky navazuje na předchozí skupinu (Obrázek 42B). Avšak geologický podklad představují štěrky izolovaného tělesa fluviální terasy Schlosshof akumulované ve starším rissu (štěrkové těleso datováno metodou OSL do MIS 10; Beidinger et al. 2011, Braumann et al., 2018). V obou zobrazených geologických mapách je však označena nesprávně jako terasa S Ornding formovaná již během mindelu. Příčinou je komplikovaný terasový systém silně ovlivněný tektonikou a z toho po dlouhou dobu vyplývající nejistota ohledně chronostratiografického zařazení. Nálezy uvedených pseudomorfóz jsou na této terase trojúhelníkového tvaru s malou rozlohou okolo 10 km^2 relativně rovnoměrně rozprostřeny.



Obrázek 42: A: *Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny C.* ***B:*** *Geologické mapy 1 : 50 000 a 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny E. Na obou mapách je doplněn popis okolních geologických poměrů (Geologische Bundesanstalt 2021).*

Geomorfologické vymezení pseudomorfóz skupiny F (lokality č. 48-52, Příloha 143-157) spadá kompletně na povrch mindelské terasy Lehen přibližně 25-30 m nad dunajskou hladinou (Obrázek 43A). Oblast se nachází při západním břehu Dunaje na okraji země jižně od města Hainburg an der Donau a je dominantně překryta zejména eolickými písky.

Geomorfologická poloha poslední skupiny pseudomorfóz G (lokality č. 53-55, Příloha 158-166) se od ostatních skupin v několika aspektech mírně odlišuje. Kromě vyšší nadmořské výšky náleží povrchu nejstarších blíže nespecifikovaných fluviálních teras ze spodního pleistocénu až svrchního pliocénu („zillingdorfský štěrk“, Obrázek 43B). Pokryvný sprašový sediment je shodný s předešlými lokalitami. Oblast se nachází při východním okraji úzkého údolního pásu řeky Litavy, sevřeném z východu výběžky Litavských vrchů (*Leithagebirge*) a Vídeňským lesem ze západu.



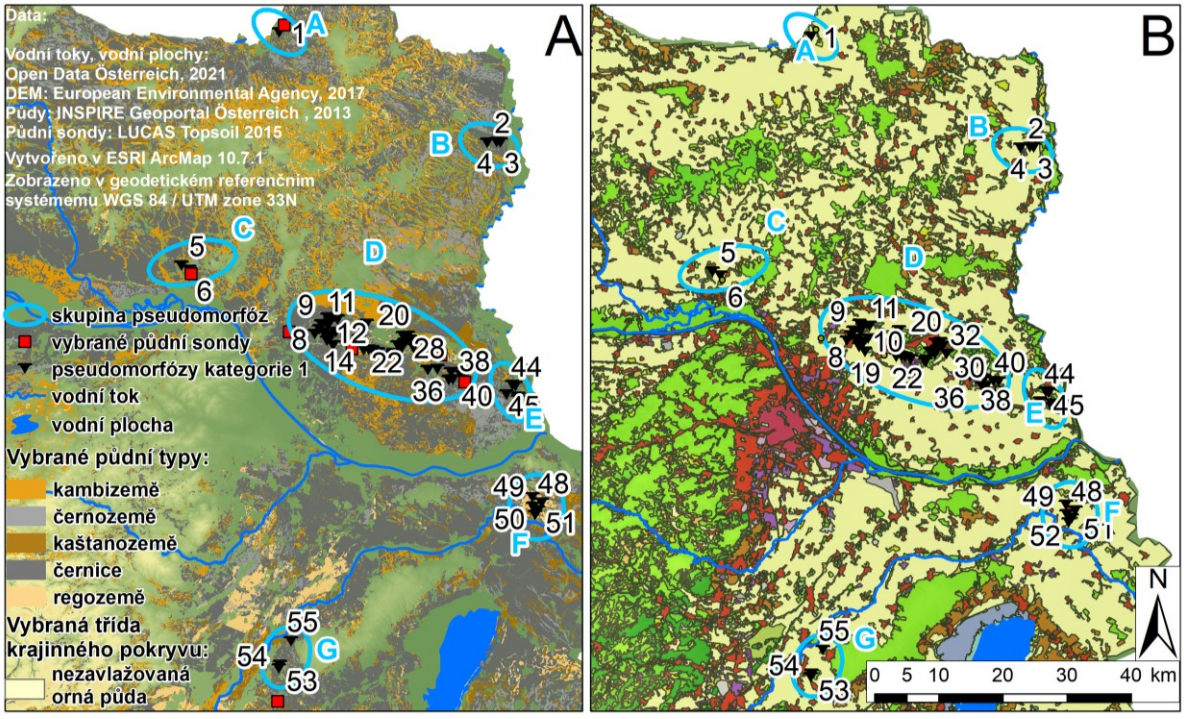
Obrázek 43: A: *Geologická mapa 1 : 50 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny F.* ***B:*** *Geologická mapa 1 : 50 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny G. Na obou mapách je doplněn popis okolních geologických poměrů (Geologische Bundesanstalt 2021).*

6.3 Půdní a vegetační poměry na lokalitách pseudomorfóz sítí mrazových klínů kategorie 1

Lokality výskytu pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1 se nacházejí na nezavlažované orné půdě s několika půdními typy bez možnosti detailnějšího vymezení do subtypů (Obrázek 44, Tabulka 7). Zcela nejdominantněji je okolí pseudomorfóz tvořeno černicí (Phaeozems), která zaujímá alespoň část půdního krytu v 54 lokalitách (mimo lokalitu č. 4). Černice představují typické půdy vyvinuté na sprašovém substrátu, jenž je v zájmových oblastech Dolních Rakous i Burgenlandu velmi hojně rozšířen.

Mezi další, avšak již méně zastoupené půdní typy lze zařadit také regozemě (Regosols) obsažené v 5 lokalitách (lokality č. 22, 23, 37, 49 a 51), které zde představují slabě vyvinuté půdy na sypkých eolických sedimentech (spraš, sprašová hlína) ale i na hrubším substrátu (písky, štěrky). Široká skupina půdního typu vývojově mladých kambizemí (Cambisols) je nalezena ve 4 lokalitách (lokality č. 1, 4, 39 a 40). Kaštanozemě (Kastanozems) jsou zjištěny v lokalitě č. 55 a černozemě (Chernozems) v lokalitě č. 52.

Z charakteristiky rozšíření půd je také zřejmé, že nejsou zastoupeny půdní typy nivních fluvizemí či koluvizemí, které se vyvíjí na recentních fluviálních sedimentech, což lze vysvětlit lokalizací pseudomorfóz na vyšších fluviálních terasách mimo dna současného údolí.



Obrázek 44: ***A:*** *Rozšíření vybraných půdních typů v půdní mapě 1 : 200 000 (INSPIRE Geoportal Österreich 2013) a půdních sond LUCAS Topsoil 2015 (ESDAC 2020) v zájmovém území Dolních Rakous a Burgenlandu.* ***B:*** *Krajinný pokryv v Dolních Rakousech a Burgenlandu s výraznou dominancí orné půdy – vyznačena žlutě (CLC 2018). Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.*

Jiný pohled na charakteristiku půd, než který naskýtá půdní mapa 1 : 200 000, nabízí rozbor chemických vlastností v některých lokalitách z dostupných půdních sond mapovacího projektu LUCAS Topsoil 2015 (ESDAC 2020). S výjimkou skupin B, E a F, v jejichž blízkém okolí nejsou žádné sondy, je vybráno 7 reprezentativních vzorků pro zbylé skupiny, které se nachází na stejných půdních typech. Zvoleny jsou 4 sondy pro pseudomorfózy skupiny D a po jedné sondě pro zbylé skupiny (Obrázek 44A).

Kromě chemismu však nejsou uvedeny jiné přínosnější parametry jako například rozbory zrnitosti a dalších fyzikálních vlastností půdy, které by mohly objasnit podmínky při mrazovém pukání. Z dostupných údajů vyplývá především poměrně vysoké zastoupení $CaCO_3$ v rozmezí 42–159 $g.kg^{-1}$ a obsah organických karbonátů kolísá mezi 1-2.3 %. Tato specifika dobře odráží půdy vyvinuté na spraších a sprašových hlínách s vysokým obsahem uhličitanů a s mírným až středním obsahem humusu. Kromě toho mají všechny vzorky neutrální pH okolo 7.

Tabulka 7: *Vybrané fyzickogeografické aspekty vymezených skupin pseudomorfóz (A-G) podle geologických map rakouského území 1 : 50 000 a 1 : 200 000 – geomorfologická poloha a geologický substrát (Geologische Bundesanstalt 2021), rakouské půdní mapy 1 : 200 000 (INSPIRE Geoportal Österreich 2013), a krajiného pokryvu (CLC 2018).*

skupina pseudomorfóz	č. lokalit	geomorfologická poloha	převažující geologický substrát	dominantně zastoupené půdní typy	krajinný pokryv
A	1	fluviální terasa (riss)	nejednoznačný, zřejmě štěrk a spraš	černice, kambizem	211
B	2-4	fluviální terasa (mladší riss)	štěrk, překryto písky, jíly a spraší	černice, kambizem	211
C	5-6	fluviální terasa (günz)	štěrk, překryto hlínou a spraší	černice	211
D *(příp. GDT1-3)*	7-42 *(příp. 7-19, 20-35, 36-42)*	fluviální terasa (mladší riss)	štěrk, překryto písky, jíly a spraší	černice, kambizem, regozem	211
E	43-47	fluviální terasa (starší riss)	štěrk, překryto písčitou spraší	černice	211
F	48-52	fluviální terasa (mindel)	štěrk, písek	černice, regozem, černozem	211
G	53-55	fluv. terasa (spodní pleistocén / pliocén)	štěrk, překryto spraší	černice, kaštanozem	211, okrajově 242

6.4 Morfometrické charakteristiky polygonálních sítí kategorie 1

6.4.1 Velikosti polygonů

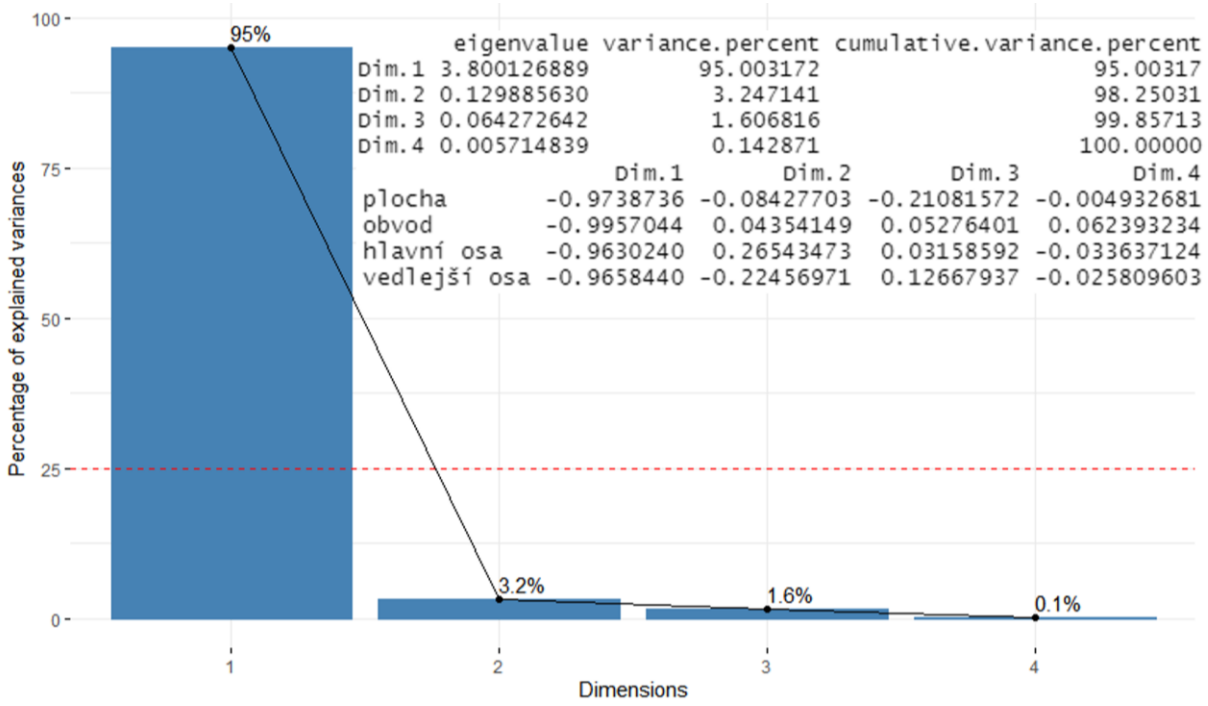
Z výsledků velikostních charakteristik polygonů pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1 (délka hlavní a vedlejší osy, obvod a plocha) vyplývá, že rozměry polygonů jsou velmi variabilní (Tabulka 8).

Zjištěné délky hlavních os se nejčastěji pohybují okolo 10 m (min: 3,57 m; max: 41,69 m). Do intervalu 10-11 m lze zařadit celkem 43,75 % všech polygonů. Druhý a třetí kvartil hodnot délek vedlejších os okolo mediánu má větší rozpětí a nachází se mezi hodnotami 6 až 9,5 m. Obvod polygonů se pohybuje v rozmezí 11,66 až 123,44 m. Průměrná plocha polygonů je 75,77 m^2, avšak velké variační rozpětí 878,77 poukazuje na výraznou proměnlivost ploch. Z 50 plošně nejrozsáhlejších polygonů se jich 30 vyskytuje v nejseverněji položené lokalitě Rothenseehof (lokalita č. 1, Příloha 2-4).

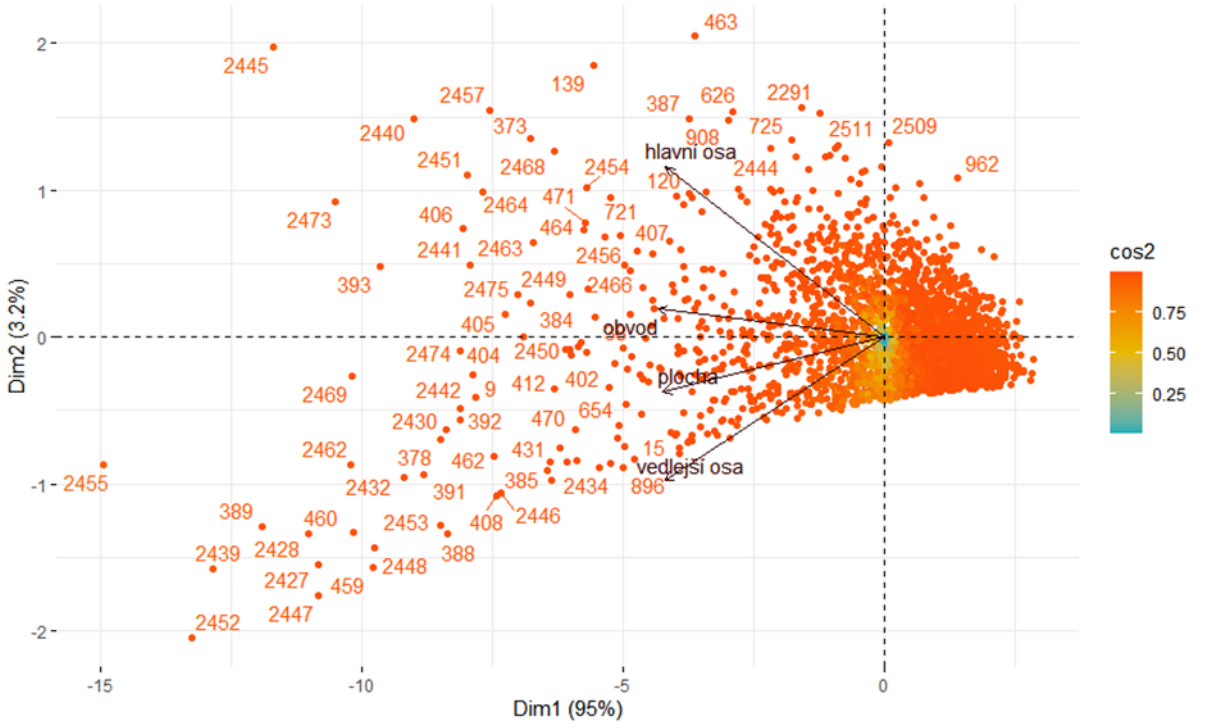
Tabulka 8: *Základní morfometrické ukazatele polygonů pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1 (n=2 560).*

	obvod [m]	plocha [m^2]	hlavní osa [m]	vedlejší osa [m]	poměr delší a kratší osy	počet stran
aritmetický průměr	32.18	75.77	10.77	8.22	1.33	5.83
medián	29.45	55.02	9.80	7.49	1.27	6.00
rozpětí	111.78	878.77	38.12	27.82	2.43	8.00
minimální hodnota	11.66	7.22	3.57	2.51	1.00	3.00
maximální hodnota	123.44	885.99	41.69	30.34	3.43	11.00
směrodatná odchylka	12.73	75.06	4.38	3.38	0.27	1.13

Z výsledků PCA analýzy je potvrzeno, že na popisu variability velikostních charakteristik polygonů, se jednotlivé metrické ukazatele podílí srovnatelně a již první hlavní komponenta je pro popis souboru zcela dostatečná (Obrázek 45, Obrázek 46). Na základě zjištění některých prací lze předpokládat zásadnější ovlivnění délky hlavní osy sklonem svahu (Křížek a Uxa 2013, Ulrich et al. 2011). Z tohoto důvodu je jako reprezentativní proměnná charakterizující rozměry polygonů zvolena délka vedlejší osy.

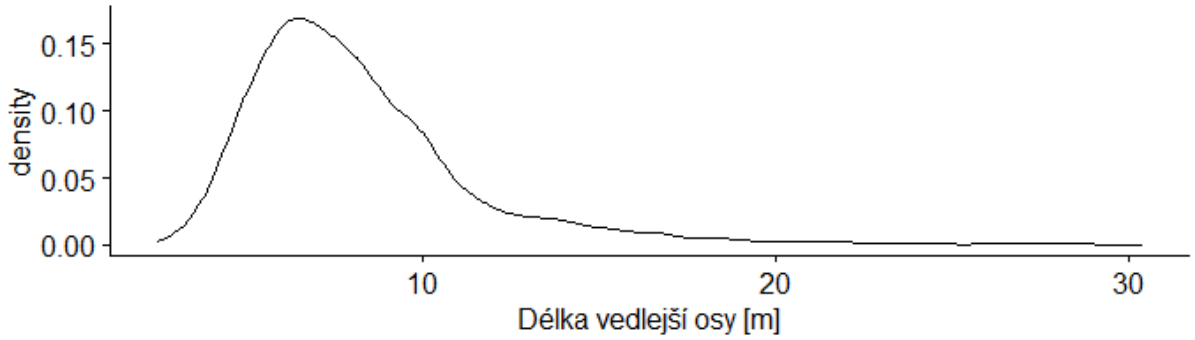


Obrázek 45: *Sloupcový diagram (screeplot) znazorňující vlastní čísla (eigenvalue) popisující variabilitu hlavních komponent. Je zřejmé, že jednotlivé proměnně se na popisu variability datového souboru rozměrových charakteristik podílejí přibližně stejnou měrou. První hlavní komponenta popisuje 95 % variability.*

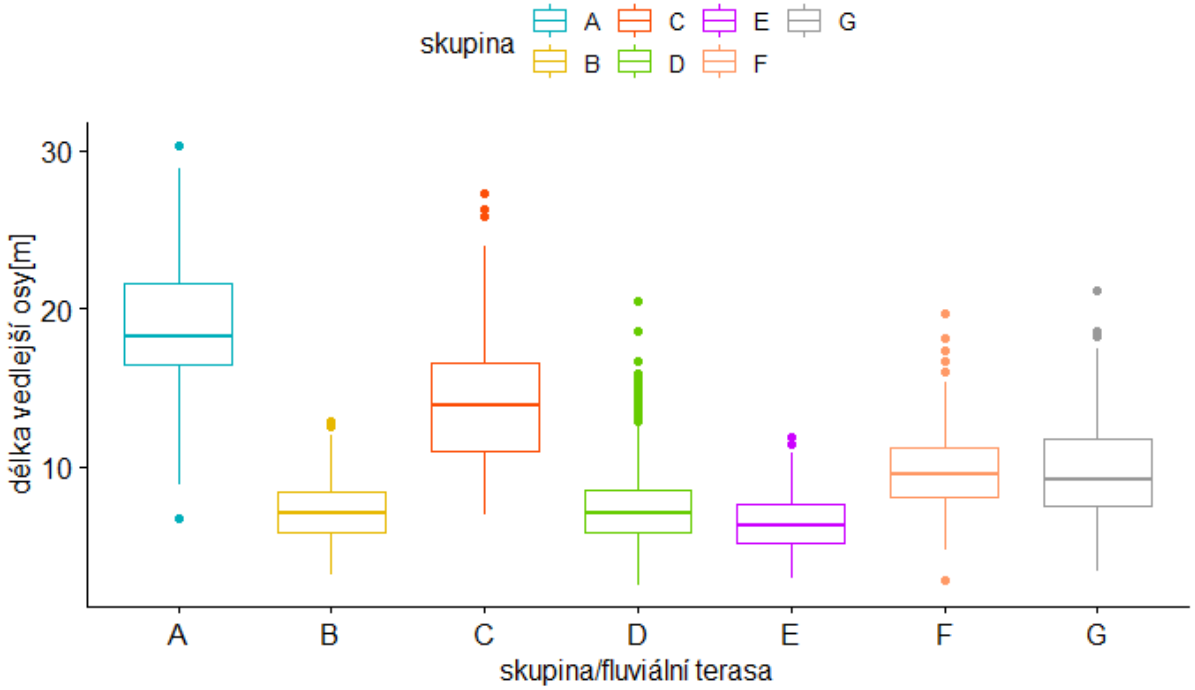


Obrázek 46: *Graf (biplot) zobrazující rozptyl hodnot a vektory jednotlivých proměnných prvních dvou hlavních komponent. První hlavní komponenta vykazuje velmi silný negativní vztah se všemi proměnnými a zejména s obvodem a plochou polygonů. Pozitivní (negativní) vztah mezi druhou komponentou a délkou hlavní (vedlejší osy) je vzhledem k nevýznamnosti této komponenty rovněž zcela zanedbatelný. Indiviudální hodnoty jsou vyobrazeny barevnou stupnicí, číslo označuje ID jednotlivých polygonů. Vektory zastupujících proměných jsou znázorněny černě.*

Při hodnocení distribuce dat délek vedlejších os polygonů pro jejich vzájemné porovnání napříč skupinami sítí pseudomorfóz kategorie 1 A-G, došlo k odhalení asymetrie rozdělení, kterou lze charakterizovat kladným koeficientem šikmosti, což potvrzuje i Shapirův-Wilkův test (Obrázek 47). Z uvedených důvodů lze vyloučit normalitu. Ke zjištění rozdílů středních hodnot délek vedlejších os je vybrán Kruskal-Wallisův test. Na základě provedeného testu je prokázána statisticky signifikantní diferenciace délek vedlejších os polygonů mezi jednotlivými skupinami pseudomorfóz A-G na různých fluviálních terasách (Obrázek 48).



Obrázek 47: *Graf hustoty pravděpodobnosti rozdělení hodnot délek vedlejších os vylučuje normalitu dat.*



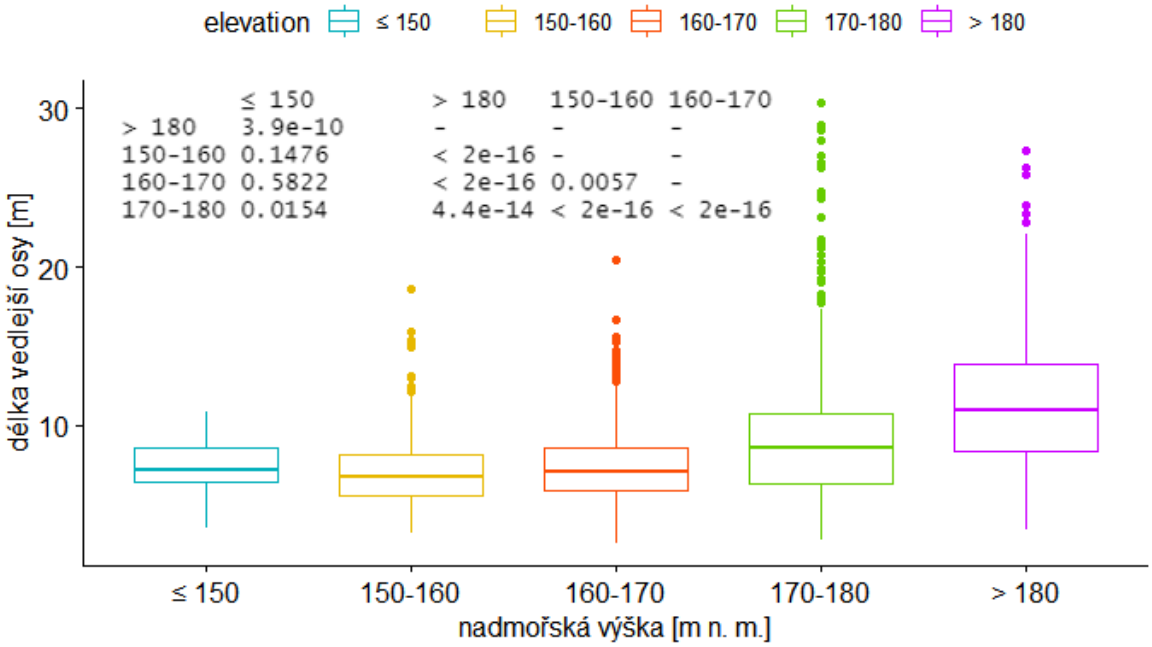
Obrázek 48: *Box plot rozložení hodnot délek vedlejších os polygonů v rámci skupin pseudomorfóz. Kruskal-Wallisův test vykazuje statisticky významný rozdíl mezi délkou vedlejších osy polygonů v rámci jednotlivých skupin pseudomorfóz/fluviálních teras A-G (p=2,2e-16).*

Dvouvýběrový párový Wilcoxonův test dále odhaluje, že rozdíly v délce vedlejších os jsou téměř mezi všemi skupinami (Tabulka 9). Nejzásadněji se odlišuje skupina A, kde jsou v jediné lokalitě nalezeny rozměrově zdaleka největší polygony. Naopak páry skupin B, D a F, G si jsou rozměry polygonů velmi podobné. Je vhodné zdůraznit, že pseudomorfózy skupin B a D náleží do vývojově stejně staré fluviální terasy Hochterrasse z rissu, která je ve vídeňské pánvi lokálně označená jako terasa Gänserndorfer.

Tabulka 9: *Výsledek dvouvýběrového Wilcoxonova testu přibližující rozdíl mezi páry skupin. Statisticky signifikantní rozdíly (s ohledem na p-hodnotu) mezi páry skupin jsou označeny červeně.*

skupina	A	B	C	D	E	F
B	< 2e-16	-	-	-	-	-
C	6.90E-07	< 2e-16	-	-	-	-
D	< 2e-16	0.6974	< 2E-16	-	-	-
E	< 2e-16	0.0062	< 2E-16	7.60E-07	-	-
F	< 2e-16	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	-
G	< 2E-16	1.20E-13	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	0.6387

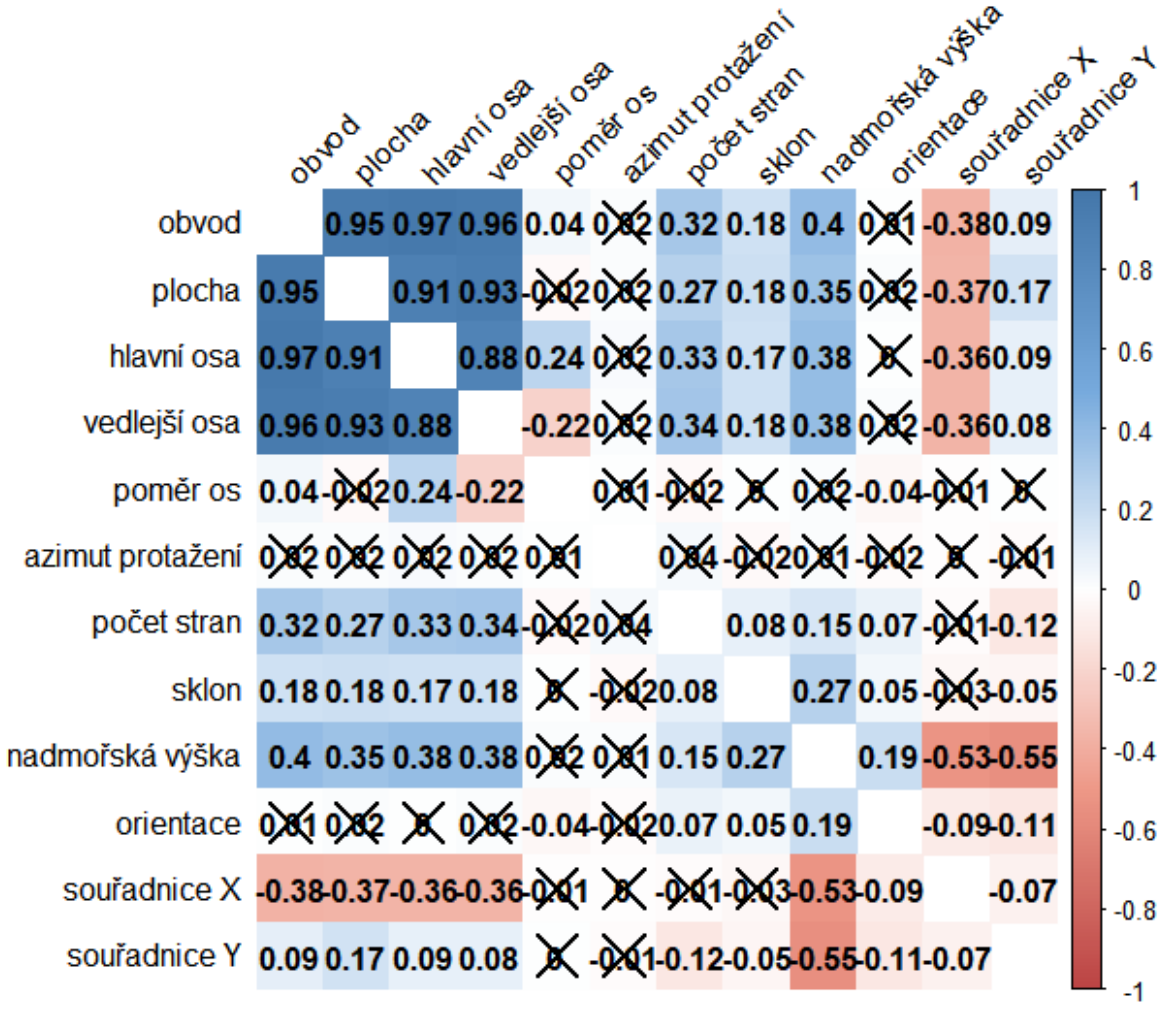
S využitím stejných testů je zjištěno také zvětšení délky vedlejších os s ohledem na zvyšující se nadmořskou výšku, avšak velikosti se do 170 m n. m. téměř neliší (Obrázek 49).



Obrázek 49: *Kruskal-Wallisův test prokazuje rozdíl ve velikosti polygonů s ohledem na nadmořskou výšku (p<0,05). Pohledem grafického znazornění a vloženého výsledku dvouvýběrového párového Wilcoxonova testu se ale délka vedlejších os do nadmořské výšky 170 m n. m. téměř nemění (p>0,05).*

Výstup korelační matice Pearsonova korelačního koeficientu potvrzuje některá zjištění a předpoklady o vztazích mezi vybranými morfometrickými parametry polygonů (Obrázek 50). Dle očekávání jsou údaje o rozměrových charakteristikách polygonů (obvodu, plochy, délky hlavní a vedlejší osy) vzájemně velmi úzce závislé, což spolehlivě dokládá vysoká hodnota $r \geq 0{,}88$. Rovněž lze konstatovat, že se vzrůstajícím počtem stran polygonů narůstá i jejich rozměr ($r \sim 0{,}3$).

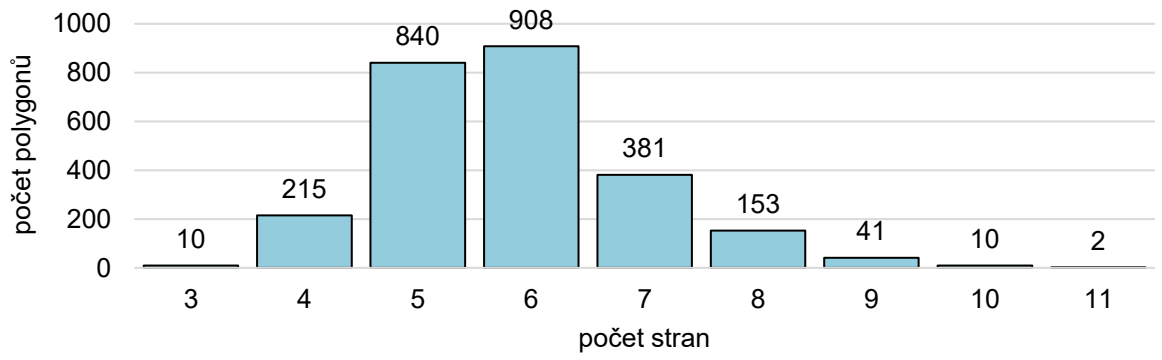
Kromě toho je potvrzena pozitivní korelace i mezi narůstající nadmořskou výškou lokalit polygonů a jejich rozměry. Naopak není odhalen žádný vztah velikosti protažení polygonů na zvyšujícím se sklonu svahu. K této charakteristice je však nezbytné zdůraznit velmi malou velikost souboru polygonů umístěných na svažitém reliéfu (n=51).



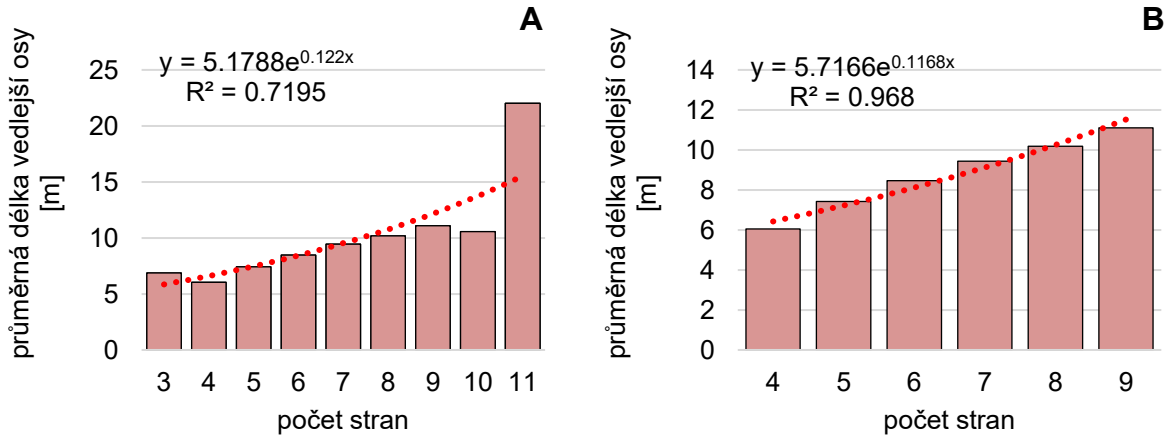
Obrázek 50: *Celková korelační matice zjišťovaných údajů o polygonech (n=2560, p=0,05). Jsou zahrnuty základní metriky (obvod, plocha, délka hlavní a vedlejší osy), tvarové charakteristiky (poměr os vyjadřující protažení polygonu, azimut protažení, počet stran) a údaje a geografické poloze a topografii reliéfu (souřadnice centroidů, orientace svahů vůči světovým stranám, sklon, nadmořská výška). Interpretace síly korelace: r<0,2 zanedbatelný vztah, 0,2<r<0,4 nepříliš těsný vztah, 0,4<r<0,7 středně těsný vztah, 0,7<r<0,9 velmi těsný vztah, r>0,9 extrémně těsný vztah). Statisticky nesignifikantní vztahy jsou přeškrtnuty.*

6.4.2 Počet stran polygonů

Počty stran analyzovaných polygonů se pohybují v rozmezí 3-11, přičemž nejčastěji lze dané sítě charakterizovat jako sítě hexagonální a pentagonální (Tabulka 8, Obrázek 51). Hexagonální polygony (n=908) představují jako jediné více než třetinu z celého počtu (35,47 %) a zaujímají největší část polygonů v 31 z 55 vymezených lokalit. Těsně na druhém pořadí se nachází polygony pentagonální (n=840, 32,81 %), které jsou dominantní v 19 lokalitách. Počty stran ostatních polygonů již představují méně než 15 % celku a v žádné lokalitě nepřevládají. Mezi ty, které mají více než 100 zástupců, lze zařadit také heptagonální (n=381; 14,88 %), tetragonální (n=215; 8,4 %) a oktogonální polygony (n=153; 5,98 %). Nejnižší zastoupení mají polygony nonagonální (n=41; 1,6 %) a především trojúhelníkovité (n=10; 0,39 %), dekagonální (n=10; 0,39 %) a polygony o 11 stranách (n=2; 0,08 %).



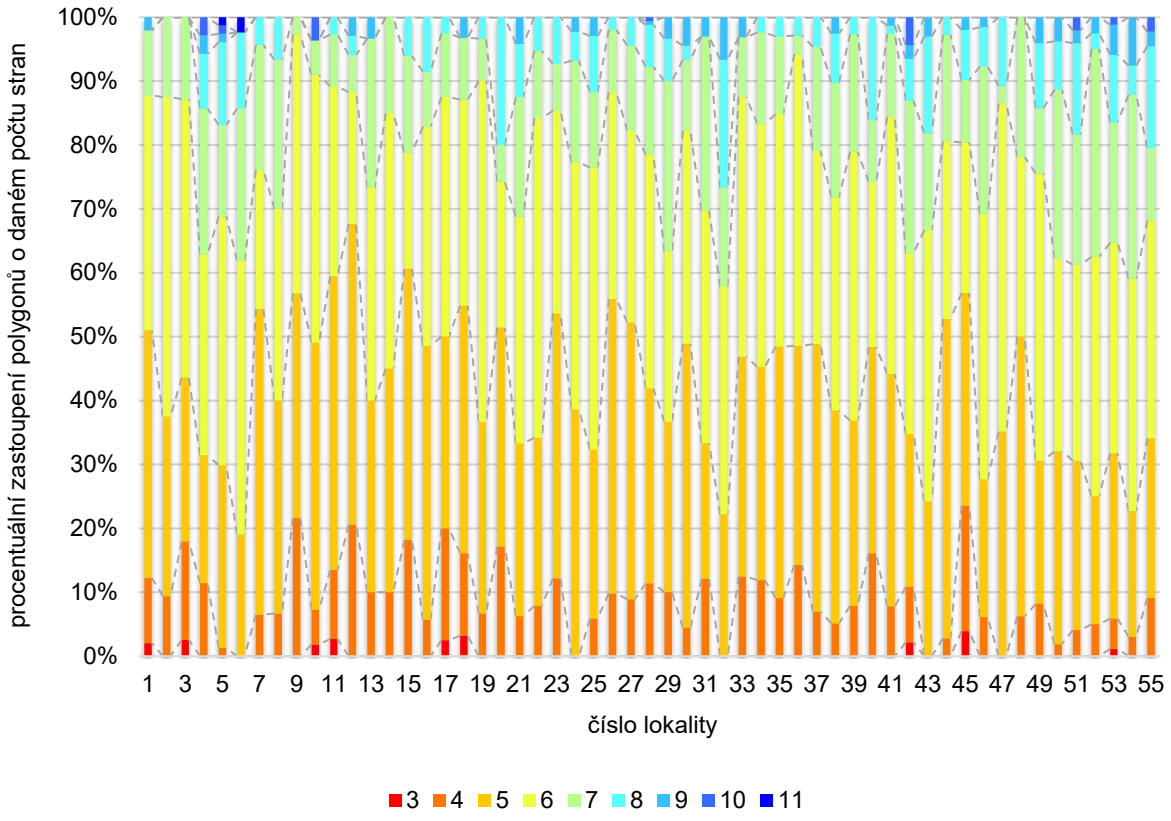
Obrázek 51: *Sloupcový graf znázorňující zastoupení polygonů podle počtu jejich stran. Zcela převládají hexagonální a pentagonální polygony. Naopak trojúhelníkové, dekagonální a polygony o 11 stranách dohromady představují pouze necelé 1 % souboru.*



Obrázek 52: *Exponenciální vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran.* ***A:*** *Mezi polygony celého souboru.* ***B:*** *Po odfiltrování polygonů o 3, 10 a 11 stranách, které obsahují odlehlé hodnoty a tvoří pouze 0,86 % z celku.*

Vztah mezi reprezentativní rozměrovou proměnnou v podobě průměrné délky vedlejší osy a rostoucím počtem stran polygonů je spolehlivě potvrzen nejen pro celý datový soubor (R^2=0,72; Obrázek 52A), ale rovněž i pro většinu lokalit (Příloha 2-166), kde se při proložení dat exponenciální křivkou koeficient determinace pohybuje převážně nad 0,8. Avšak v některých případech jsou odhaleny odlehlé hodnoty u okrajových kategorií polygonů o 3, 10 a zejména 11 stranách, což je zřejmé i z uvedeného grafu (Obrázek 52A). Naměření výrazně vyšších délek vedlejších os u trojúhelníkových polygonů či zásadně nižších délek u polygonů s 10 a 11 stranami vede k razantnímu snížení koeficientu determinace. Toho je dosaženo především v lokalitách č. 17 (R^2=0,018; Příloha 52), 18 (R^2=0,354; Příloha 55) a 50 (R^2=0,398; Příloha 151). Po odfiltrování těchto odlehlých hodnot, které představují pouze necelé 1 %, je dosaženo téměř ideální pozitivní závislosti (Obrázek 52B).

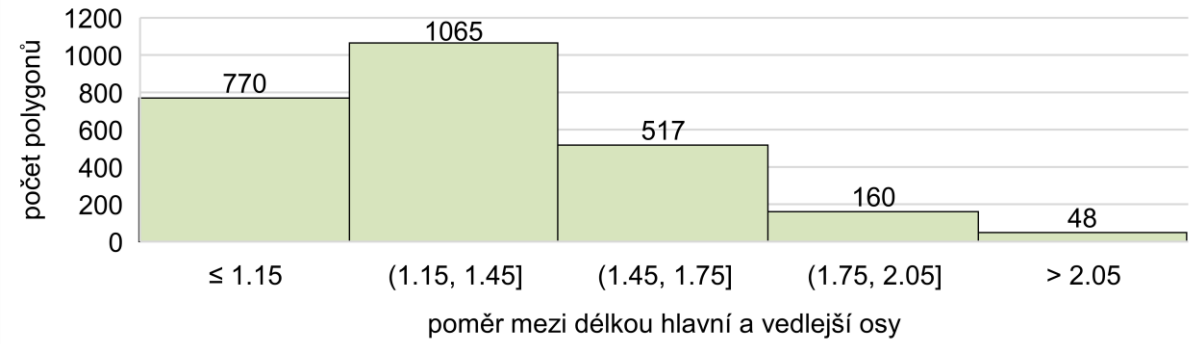
V žádné z 55 lokalit nejsou zjištěny polygony zastupující každou z kategorií počtu stran. Nejvyšší variabilitu počtu stran polygonů mají lokality č. 5, 42 a 53, kde je zastoupeno 8 skupin, naopak polygony lokalit č. 9, 14, 47 a 48 jsou z hlediska počtu stran nejméně diverzifikované (Obrázek 53). Všechny vymezené lokality se shodují ve společném zastoupení tří celkově nejpočetnějších skupin – pentagonálních, hexagonálních a heptagonálních polygonů.



Obrázek 53: *Zastoupení polygonů v jednotlivých lokalitách (lokality č. 1-55) podle počtu jejich stran (3-11).*

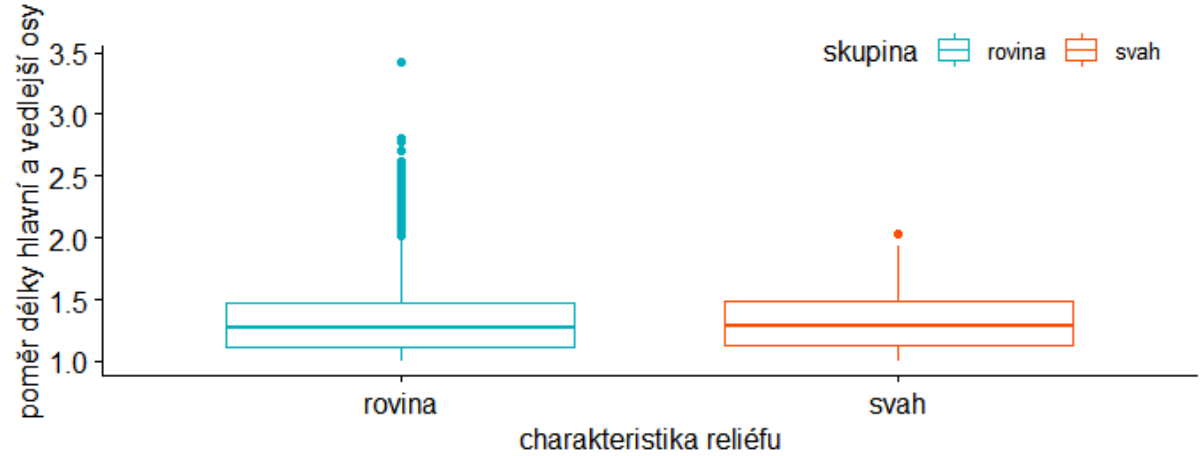
6.4.3 Míra protažení polygonů

Poměr délek hlavních a vedlejších os polygonů se pohybuje od 1, kdy je hlavní a vedlejší osa stejně dlouhá, až po hodnotu 3,43 v případě silně protažených polygonů (Obrázek 54, Tabulka 8). Podle zvolené prahové hodnoty 1,15 dle Ulrich et al. (2011) lze konstatovat, že zásadně převládají protažené polygony (69,92 %) a pouze necelá třetina souboru představuje polygony symetrické. Převládající zastoupení protažených polygonů dokazují rovněž hodnoty poměru os pohledem aritmetického průměru (1,33) či mediánu (1,27). Protažené polygony dominují v rámci všech lokalit. V průměru nejméně protažené polygony jsou v lokalitě č. 34 (průměr = 1,24; med = 1,21). Na opačné straně charakteristiky protažení polygonů je lokalita č. 43, jejíž délky hlavních os polygonů převažují délky kratších vedlejší os v průměru o 1,43 násobek.



Obrázek 54: *Histogram zastoupení třídních četností poměru délek hlavních a vedlejších os polygonů.*

Pohledem Kruskal–Wallisova testu není nad analyzovaným souborem prokazatelný rozdíl v protažení polygonů (poměru délky hlavní a vedlejší osy) mezi polygony situovanými na rovině a polygony na svazích (Obrázek 55).

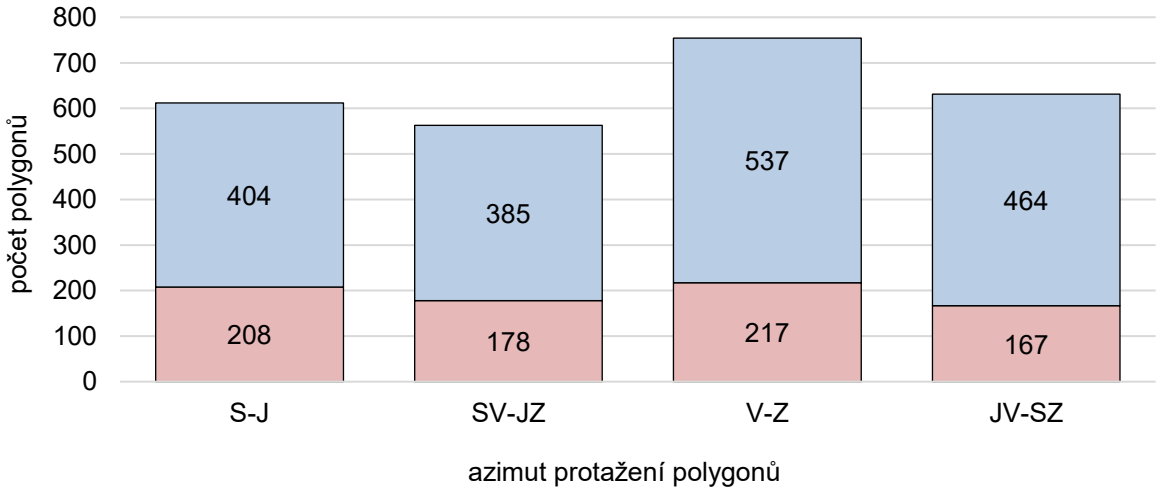


Obrázek 55: *Kruskal-Wallisův test neprokazuje rozdíl v protažení polygonů na rovině a na svazích (p>0,05).*

6.4.4 Azimut protažení polygonů

Na základě orientace hlavní osy polygonu lze odvodit azimut protažení, který je vymezen na S-J, SV-JZ, V-Z a JV-SZ. Kategorie azimutů odpovídají půlkruhu v intervalech úhlů: S-J: ⟨0°-22,5 °⟩ + (157,5°-180°⟩; SV-JZ: (22,5°-67,5°⟩; V-Z: (67,5°-112,5°⟩; JV-SZ: (112,5°-180°⟩.

Ve všech azimutech výrazně převládají protažené polygony. Největší dominance protažených polygonů nad symetrickými je v polygonech orientovanými ve směru JV-SZ, kde jsou zjištěny v poměru 2.78:1. Nejvíce jsou polygony protaženy ve směru V-Z, avšak žádný z azimutů protažení zcela nedominuje (Obrázek 56).



Obrázek 56: *Sloupcový graf znázorňující počet symetrických (červeně) a protažených polygonů (modře) podle prahové hodnoty poměru os 1,15 (dle Ulrich et al. 2011) na základě azimutu jejich protažení.*

6.4.5 Konfigurace sítí

Výsledky hodnocení konfigurace sítí (podle Mangold 2005), které popisují maximální rozdíly mezi délkami hlavních os polygonů v jednotlivých lokalitách, vykazují rovněž výraznou variabilitu. Nejužší rozpětí je v lokalitě č. 31 (Příloha 92-94), kde délka hlavní osy největšího polygonu převažuje délku hlavní osy nejmenšího polygonu o 2,06 násobek. Zcela opačná situace je odhalena v lokalitě č. 54 (Příloha 161-163). Zde je největší hlavní osa ve srovnání s nejkratší 5,37 krát delší. V jiných lokalitách tento poměr již nepřesahuje hodnotu 5. Velké rozdíly mezi polygony jsou nicméně zjištěny také v lokalitě č. 1 (4,25; Příloha 2-4), jejíž polygonu jsou v průměru zdaleka největší anebo v lokalitě č. 55 (4,36; Příloha 164-166). S ohledem na kritickou hodnotu 3, která je kritériem vymezení homogenní (<3) či heterogenní (≥3) konfigurace sítě lze konstatovat, že jsou v souboru rovnoměrně zastoupeny obě kategorie (tj. 27 homogenních sítí a 28 sítí s heterogenní konfigurací).

7 Diskuze

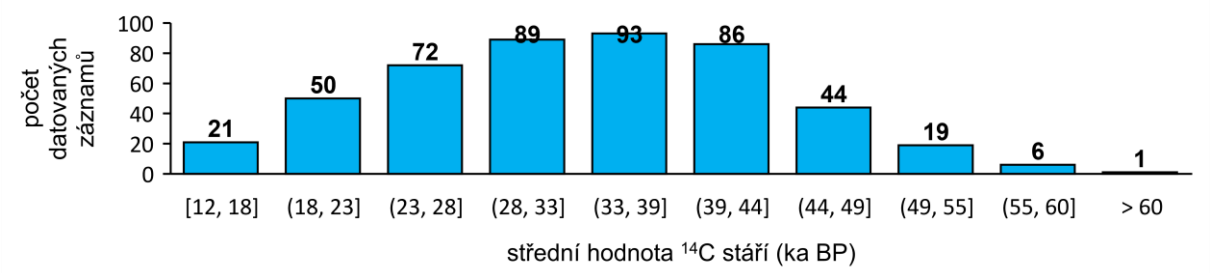
7.1 Paleoklimatická hodnota pseudomorfóz mrazových klínů a jejich časové zařazení

Recentně aktivní ledové klíny se vyvíjejí za specifických klimatických podmínek v periglaciální zóně souvislého permafrostu, kterou lze přibližně charakterizovat jižní izotermou MAAT -4 až -8 °C a MAP 50-500 mm (French 2007, Karte a Lidtke 1981, Lachenbruch 1962). Rozhodujícím faktorem jsou rychlé poklesy teploty vzduchu během nejchladnějších částí roku, při kterých efektivně dochází k mrazovému pukání svrchní části permafrostu a činné vrstvy (Allard a Kasper 1998, Lachenbruch 1962). Teplotní podmínky pro mrazové pukání a vývoj kontrakčních trhlin jsou obecně splněny při rychlém poklesu teploty vzduchu na méně než -20 °C a teploty povrchu pod -13 °C (Allard a Kasper 1998, Fortier a Allard 2005). Do těchto základních teplotních podmínek vývoje mrazových klínů ale zásadně vstupují lokální podmínky jako je složení geologického substrátu a jeho zpevnění, mocnost sezónně tající činné vrstvy a její hydrologický režim, půdní vlhkost či teplotně izolující sněhová pokrývka, které mohou původní klimatické předpoklady vývoje zcela pozměnit (French 2007).

Právě v podmínkách vývoje recentně aktivních mrazových klínů Arktidy lze hledat určitou analogii vzniku jejich reliktních forem v mírných zeměpisných šířkách pleistocenního permafrostu. Přestože během glaciálů panovaly ve středoevropském prostoru zcela nepochybně v průměru velmi podobně chladné a aridní podmínky, není možné celkovou podobu prostředí a klimatu ztotožnit. Lze to zjednodušeně vysvětlit zcela rozdílnou klimatogeografickou polohou, která předurčuje také rozdílnou výšku Slunce nad obzorem a tím podmiňuje odlišnou intenzitu solární insolace v průběhu roku.

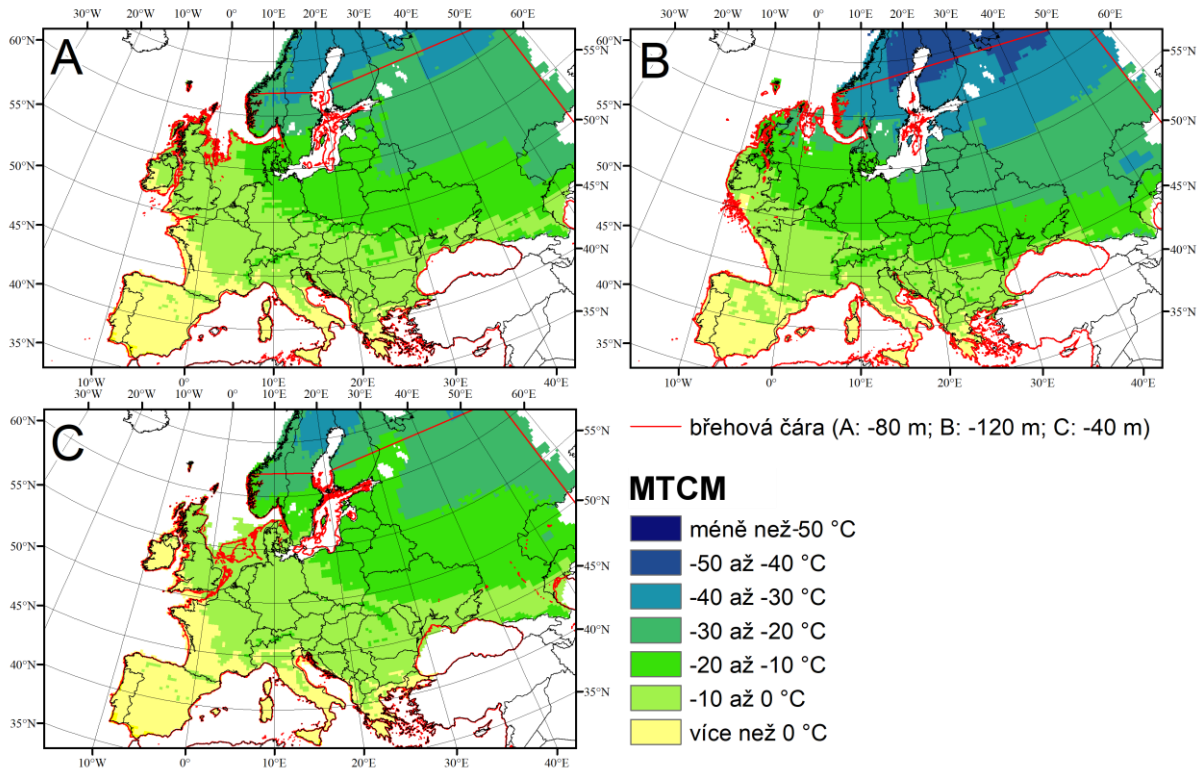
Zásadní význam pro paleoklimatické rekonstrukce má především sedimentologický rozbor profilu pseudomorfóz. To umožňuje poměrně spolehlivě rozlišit, zdali je daná forma pseudomorfózou ledového klínu s nepůvodní výplní, reliktním písčitým klínem s primárním eolickým sedimentem anebo obsahuje kombinaci různých znaků pro obě kategorie poukazující na střídání teplotně-vlhkostních podmínek (Black 1976). Hlavními znaky, které lze odhadnout z analýzy profilu, je kromě hloubky a šířky samotného klínu také stupeň degradace původního tvaru, směr a způsob uložení výplňového sedimentu, jeho složení a zrnitost (Ballantyne 2018, Black 1976, Harris a Murton 2005, Mackay 1974, Washburn 1979). Většinu zmíněných informací nelze získat při analýze horizontálního polygonálního projevu metodami DPZ.

Klimatická interpretace specifik vývoje současných forem znamená pro pleistocenní ekvivalenty z mírných zeměpisných šířek například to, že hlavní fáze jejich vývoje během glaciálů nemusela být zcela nezbytně spojena pouze s obdobím nejnižších MAAT a s maximální rozlohou permafrostu, ale zejména s těmi fázemi glaciálů, kdy docházelo k nejčastějším vpádům arktických vzduchových hmot do mírných šířek a tím i k rychlým poklesům teplot a její časté oscilaci okolo místní kritické hodnoty pro mrazové pukání (Allard a Kasper 1998, Fortier a Allard 2005, Junge et al. 2008). Tuto myšlenku částečně podporuje vymezení hlavního období vývoje ledových klínů v severní Francii, které pohledem datovaných forem není korelováno s obdobím LGM (26,5-19 ka), ale nastalo již dříve na počátku MIS 2 (31-24 ka, Andrieux et al. 2018, 2016). Podobné závěry jsou naznačeny i z dalších provedených datování pseudomorfóz ledových klínů v jiných zemích střední a západní Evropy (Obrázek 57).



Obrázek 57: *Datované záznamy (^{14}C) nížinné paleo-periglaciální evidence (n=481) svrchně pleistocenního permafrostu na území střední a západní Evropy. Velká část pseudomorfóz není přímo datována, ale pouze vymezena do určitého období (würm III-II, LGM, LPM, mladší dryas apod.), do grafu jsou zaneseny pouze datované vzorky, protože například období LGM spadá do širšího časového intervalu. Omezení spodního limitu ^{14}C datování na přibližně 50-60 ka neumožňuje datovat vzorky ze spodního viselského pleniglaciálu (Vandenberghe et al. 1998, upraveno).*

Počátek zásadní fáze vývoje středoevropských pseudomorfóz ve svrchním viselském pleniglaciálu je tedy spjat již s rozhraním středního pleniglaciálu v závěru MIS 3 a pokračoval dále v LGM (Obrázek 58). Tato dvě hlavní období spjatá s vývojem mrazových klínů se ale klimaticky odlišovala a umožňovala odlišný vývoj permafrostu. V závěru MIS 3 a počátku MIS 2 vládlo v Panonské pánvi chladné humidnější klima s převahou vývoje ledových klínů, avšak v pozdějším LGM byly klimatické podmínky výrazněji sušší a chladnější, což vedlo spíše ke vzniku písčitých klínů (Fábián et al. 2009). V Rakousku nejsou datovány žádné pseudomorfózy, ale jejich vývoj je podobně jako u převážné většiny evropských ekvivalentů zařazen do období MIS 4-2 (van Husen 1997, Kolmer 1999). Finální degradace permafrostu ve vídeňské pánvi nastala po mladším dryasu, ze kterého pochází také některé z nejmladších periglaciálních jevů – drobných kryoturbací a involucí (Fuchs 1972, Weissl et al. 2017).



Obrázek 58: *Orientační rekonstruovaná MTCM a poloha břehové čáry v Evropě v hlavních fázích svrchního a pozdního viselského glaciálu (Becker et al. 2016, 2015, Tallavaara et al. 2015, upraveno).* ***A:*** *Období před LGM (~30 ka).* ***B:*** *Vrchol LGM (~21 ka).* ***C:*** *Konec mladšího dryasu (~11 ka). Úroveň mořské hladiny: Závěr MIS 3 (-80 m), LGM (-120 m), mladší dryas (-60 m), preboreál (-40 m). Teploty jsou založeny na extrapolaci klimatických dat získaných statistickým downscalingem simulací klimatického modelu CLIMBER-2 a převedeny z tabulky do prostředí GIS. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1 v Lambertově kuželovém zobrazení pro oblast Evropy.*

7.2 Morfologické znaky polygonů mrazových klínů Rakouska a jejich paleoenvironmentální význam

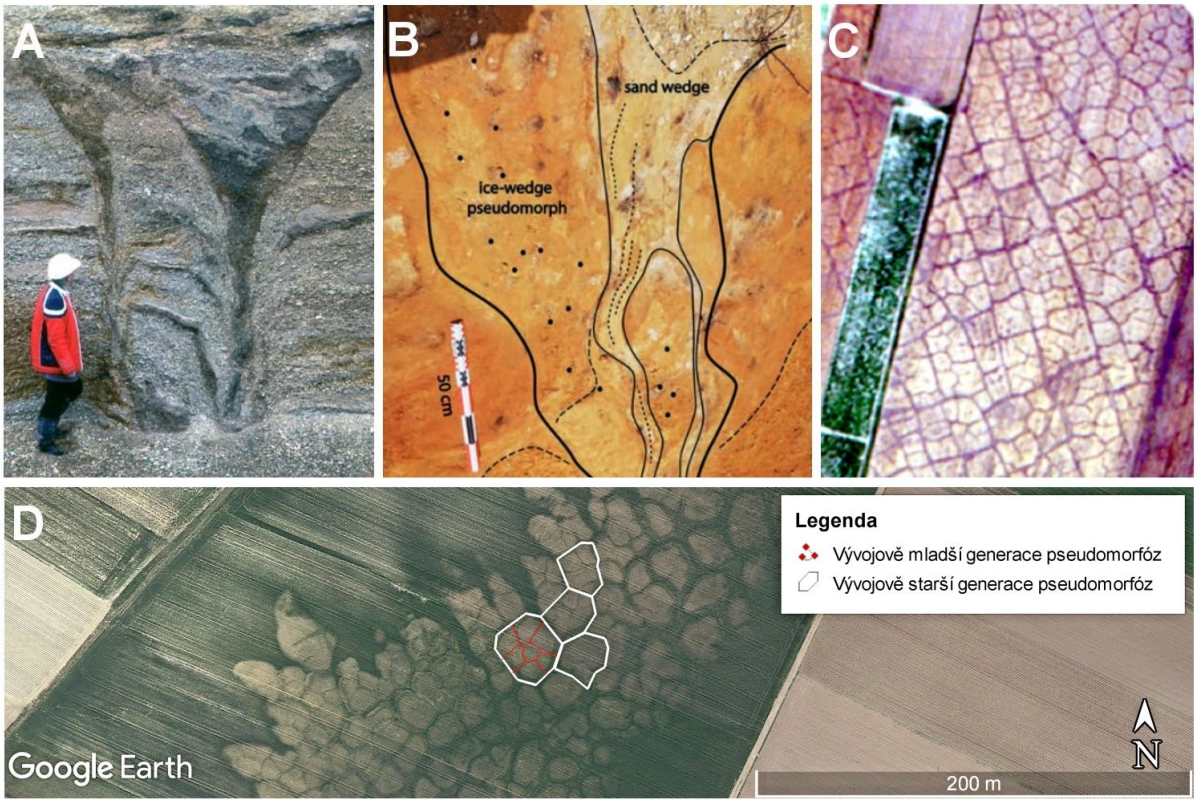
Na výsledné morfologii pseudomorfóz se podílí mnoho faktorů jako jsou sedimentární a klimatické podmínky či doba, po kterou se původní klíny vyvíjely, ale nesmí být opomenut vliv eroze při degradaci permafrostu a v postglaciálu (Ballantyne 2018, French 2007).

Z aridního kontinentálního klimatu (MAP <100 mm) s nedostatečnou půdní vlhkostí a velkými teplotními amplitudami pochází většinou sítě reliktních písčitých klínů, které se v průměru vyznačují menšími délkami hlavních os 8–20 m (Kozarski 1995, Murton a Bateman 2007). Naopak polygonální sítě pseudomorfóz ledových klínů, jejichž původní vývoj odkazuje na humidnější podmínky, dosahují větších rozměrů 5-40 m (Morse a Burn 2013). Mimo Evropu jsou zaznamenány i extrémně velké polygonální sítě ledových klínů z posledního glaciálu s délkami os přes 100 m (Lusch et al. 2009). Vzhledem k původně ledové výplni lze předpokládat větší intenzitu degradace a změnu původního tvaru u pseudomorfóz ledových klínů, protože výplň reliktních písčitých klínů je převážně primárního charakteru (French 2007).

Při pohledu na vztah mezi rozměry polygonů a délkou jejich vývoje se nabízí porovnání s oblastí současné periglaciální zóny v antarktických suchých údolích (např. Beacon Valley), kde je prokázáno, že vývojově starší sítě písčitých klínů vykazují menší rozměry polygonů (Bockheim et al. 2009, Sletten et al. 2003). Opačný trend je vysledován v šířkách samotných klínů při jejich horní části, které naopak vlivem opakujícího se mrazového pukání s delší dobou vývoje narůstají (French 2007). Dokládají to některé reliktní klíny ze starších výraznějších glaciálů lokalizované společně s viselskými pseudomorfózami, které ty mladší převyšují v hloubce i šířce (Brosche 1996). Vývoj ledových klínů je obecně pomalý proces a pohybuje se s ohledem na klimatické a místní podmínky v hodnotách desetin mm až jednotek cm za rok, avšak v horizontu tisíců let umožňuje růst klínů do několika metrové šířky (Black 1976).

Šířky svrchní části klínů nebyly v průběhu morfometrické analýzy polygonů na území Rakouska hodnoceny a linie hrany polygonů byla během vektorizace vedena středem mezery. Zásadní otázkou totiž zůstává, do jaké míry se na šířce klínů podílela doba vývoje původních forem (Sletten et al. 2003) a do jaké míry pozdější termokrasová aktivita (French 2007, Harris a Murton 2005, Jorgenson a Osterkamp 2005) či postglaciální eroze (Sly a Prior 1984). V rámci nalezených literárních záznamů se šířky svrchní části klínů rakouských pseudomorfóz pohybovaly v rozmezí 0,2–3 m a jejich hloubka byla 0,5-3,5 m (např. Beidinger et al. 2011). Za zjednodušeného předpokladu kontinuálního vývoje s ročním nárůstem 1 mm do šířky a bez zohlednění možných změn ve velikosti vlivem termokrasové či postglaciální eroze, se mohly širší rakouské mrazové klíny vyvíjet po dobu alespoň 3000 let (Black 1976, French 2007).

V několika případech došlo k nálezu specifických sítí, kde větší polygony s širokou hranou obklopovaly rozměrově menší polygony s menší šířkou výplně (Obrázek 59D). Situace, kdy jsou do rozměrově větších polygonů vnořeny menší polygony, může poukazovat na více generační vývoj mrazových klínů a na změnu klimatických a lokálních poměrů pro mrazové pukání (Kanevskiy et al. 2017). Společný výskyt dvou generací mrazových klínů je poměrně běžný jev (Obrázek 59A-C, Andrieux et al. 2016, Ewertowski et al. 2017, Worsley 2014). Dvě generace pseudomorfóz jsou popsány například na území středního Polska na terasách Varty (Petera-Zganiacz 2011). Vývoj starší generace těchto polských mrazových klínů je datován ^{14}C do 36-24 ka BP, kdežto mladší generace začala vznikat až v závěru LGM (~18,5 ka BP, Petera-Zganiacz 2011). S přihlédnutím na rozlišení a datování pseudomorfóz z blízkého Maďarska (Fábián et al. 2009) je pravděpodobné, že menší polygony mohou být reliktními písčitými klíny z LGM a starší generace, do níž jsou vloženy, představuje pseudomorfózy ledových klínů. Další vysvětlení původu menších vnořených polygonů popisuje French (2007), který rozlišuje také drobné sezónní mrazové pukliny vznikající souběžně s hlavními mrazovými klíny.

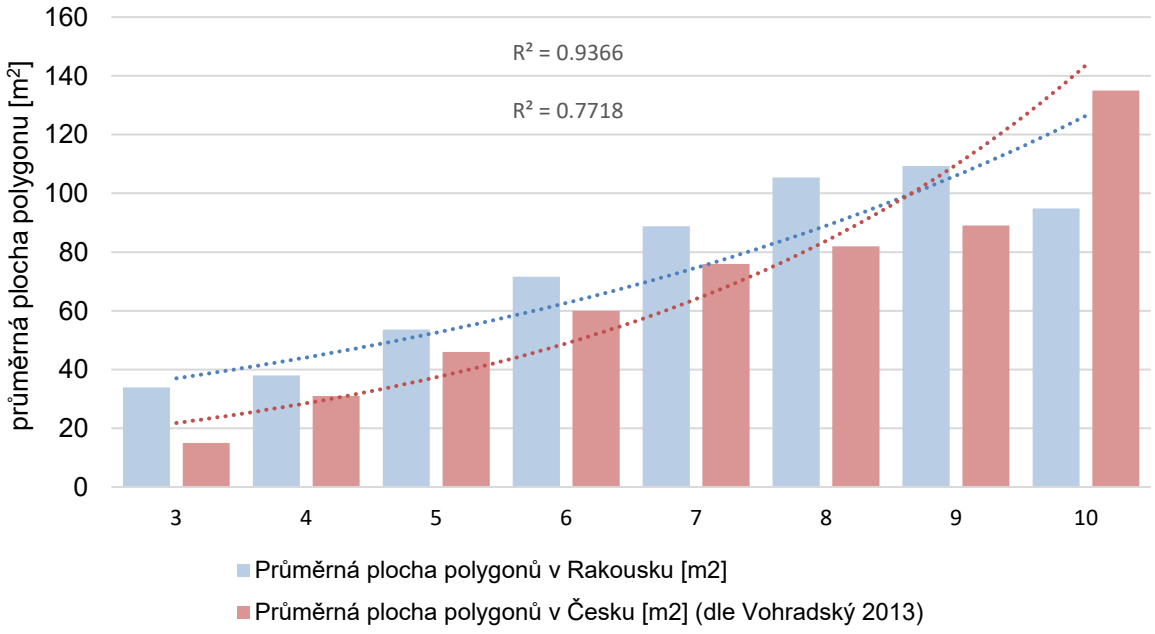


Obrázek 59: ***A:*** *Dvě generace pseudomorfóz ledových klínů nalezené v Lincolnshire ve Velké Británii. Mladší generací je v tomto případě pravý klín, který svým růstem narušil tvar a výplňový sediment levého (Worsley 2014).* ***B:*** *Do starší pseudomorfózy ledového klínu je vložen mladší reliktní písčitý klín – Durtal, Francie (Andrieux et al. 2016).* ***C:*** *Rozměrově menší a mladší polygony jsou vloženy do větších a starších pseudomorfóz se širšími vrcholy klínů – Poznaň, Polsko (Ewertowski et al. 2017).* ***D:*** *Polygonální síť více generačního vývoje mrazových klínů z lokality č. 5, kde starší a větší pseudomorfózy obklopují mladší generaci. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).*

Přestože jsou na území Rakouska nalezeny sítě s mrazovými klíny několika generací, indikujících vícero stadiálních podmínek, jejich vývoj se pravděpodobně týká pouze MIS 4-2. Fosilní formy vzniklé ve starších glaciálech se většinou nemohou na povrchu polygonálně projevit, protože jsou odděleny dlouhým obdobím a s ohledem na vliv kvartérní sedimentace v chladných aridních a teplých humidních fázích pleistocénu, jsou ve středoevropských podmínkách většinou pohřbeny pod sprašovými horizonty či interglaciálními horizonty fosilních paleopůd a lze je tudíž detekovat převážně pouze z hlediska jejich vertikálního klínového projevu v uměle či přirozeně odkrytých profilech (Eissmann 2002, Junge et al. 2008).

Několik prací věnovaných tématu morfologie sítí pseudomorfóz mrazových klínů vznáší závěry, že s narůstajícím počtem stran polygonů se zvyšují i jejich rozměry (Obrázek 60**,** Kysilka 2012, Vohradský 2013). Stejné zjištění je i na území Rakouska mezi počtem stran a parametrem průměrné délky vedlejší osy polygonů. Naznačuje to nejen mírný stupeň těsnosti vztahu Pearsonova korelačního koeficientu v korelační matici ($0{,}27 \leq r \leq 0{,}34$), ale rovněž i koeficient determinace exponenciálního vztahu ($R^2=0{,}72$), který se po odfiltrování extrémních hodnot přibližuje k téměř ideální závislosti ($R^2=0{,}97$).

Podle Lewisova zákona, který je původně založen na morfologii buněk epitelové tkáně (Lewis 1928), platí pozitivní lineární korelace mezi plochou polygonů/buněk a počtem sousedů, což znamená, že větší polygony mají tendenci mít více stran, a naopak malé polygony mají stran méně. Ověření platnosti Lewisova zákona na plochy polygonů ve 28 lokalitách na Marsu vykazuje velmi blízkou korelaci (R^2>0,85, Saraiva et al. 2009). V této návaznosti lze zmínit také platnost Aboav-Weaierova zákona, který předešlé pravidlo rozvíjí a předpokládá, že polygony s menším počtem stran mají okolo sebe polygony o více stranách a naopak. Vlivem obecného předpokladu platnosti těchto zákonitostí jsou za účelem zjednodušení morfometrické analýzy polygonální sítě recentně aktivních mrazových klínů běžně převáděny na Voroného (Thiessenovy) diagramy (např. Ulrich et al. 2020 A, B). Z výše doložených příkladů z polygonálních sítí na Svalbardu a na Marsu nelze vyloučit platnost obou zákonů také pro polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů v Rakousku.

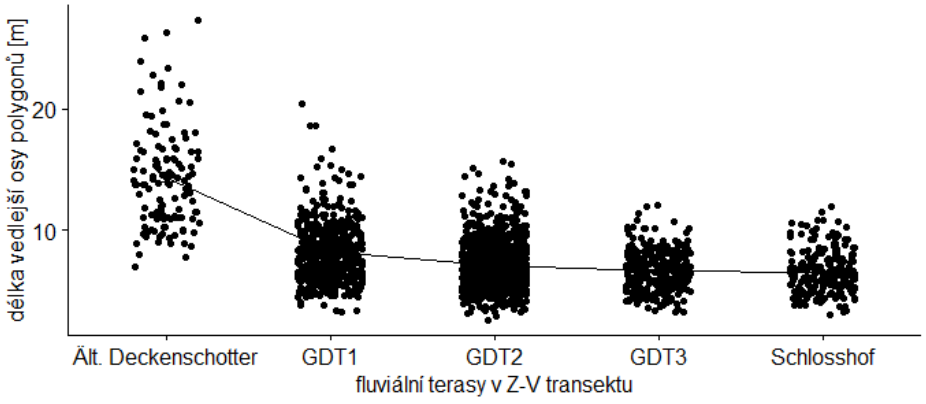


Obrázek 60: *Porovnání pozitivního vztahu proloženého exponenciální křivkou mezi počtem stran polygonů (3-10) a jejich průměrnou plochou v rámci zjištěných údaju z Rakouska (R^2=0,7718) a stejnými údaji o polygonech pseudomorfóz mrazových klínů v Česku (R^2=0,9366) podle Vohradského (2013).*

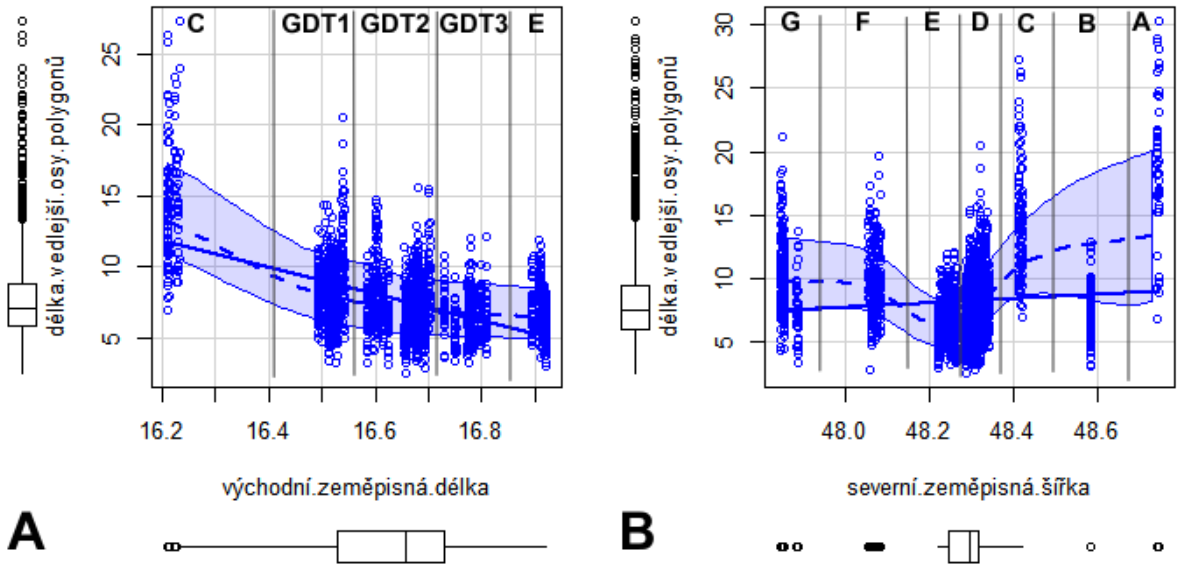
Z rozboru profilů rakouské sprašové krajiny a v ní konzervovaných fosilních schránek malakofauny, vyplývá pro pleniglaciální období nárůst kontinentality klimatu ve východním směru (Fink 1956, Terhorst et al. 2015). Za předpokladu, že v kontinentálnějších podmínkách permafrostu vznikaly spíše písčité klíny o menších rozměrech polygonů, se nabízí otázka, zdali je možné stejný trend vysledovat i z rozboru morfologie rakouských pseudomorfóz. Význam otázky je umocněn množstvím nálezů reliktních písčitých klínů na území Maďarska v centrální části Panonské pánve na výše položených fluviálních terasách Dunaje (např. Fábián et al. 2009).

Náznaky poklesu velikosti sítí pseudomorfóz mrazových klínů ve východním směru přináší výstup korelační matice Pearsonova korelačního koeficientu ($r \sim -0{,}37$; $p < 0{,}05$), kdy s nárůstem zeměpisné délky dochází k poklesu rozměru polygonů. V přímé linii Z-V gradientu leží fluviální terasy Ältere Deckenschotter, Gänserndorfer a její části GDT1, GDT2 a GDT3 a terasa Schlosshof, zastupující skupiny pseudomorfóz C, D a E. Je potvrzeno, že rozměry polygonů na těchto terasách v Z-V směru rovněž klesají (Obrázek 61, Obrázek 62A). Statisticky významný rozdíl (Kruskal-Wallisův test a párový Wilcoxonův test, $p < 0{,}05$) je prokázán mezi všemi terasami a jejich částmi s výjimkou GDT3 a Schlosshof. Za zmínku stojí také to, že rozdíl v rozměrech s klesajícím trendem je zjištěn i v rámci částí GDT1-3 vyskytujících se na téže terase. Tento trend nelze podpořit z literárních údajů, protože nebyly zjištěny žádné informace o velikostech sítí pseudomorfóz mrazových klínů a údaj o šířce svrchní části klínů byl zjištěn pouze v 3 lokalitách (ve směru Z-V: Mauerkirchen: <0,2 m, Weinberger 1953, 1954; Deutsch Wagram: 3 m, Weissl et al. 2017; Petronell-Carnuntum 2: 1 m, Beidinger et al., 2011).

Otázkou ale zůstává, jak velkou vypovídající hodnotu toto zjištění skutečně má. Předpoklad změny kontinentality vychází v Rakousku z litologické a biologické evidence, která se týká sprašového pásu Gunderding – Krems – Stillfried napříč celou zemí v délce asi 300 km, kdežto skupiny pseudomorfóz jsou protaženy v linii pouhých 60 km. Rovněž nelze tvrdit, že naměřené rozměry polygonů jsou pro každou lokalitu reprezentativním vzorkem, protože jejich výběr je zcela náhodný a je založen pouze na těch polygonech, které jsou na dostupných ortofotech nejlépe vidět. Avšak změny v rozměrech polygonů jsou ve středoevropských podmínkách doloženy i na menší vzdálenosti. Jako příklad lze uvést nárůst délek hlavních os polygonů v Polsku v S-J gradientu mezi městy Chodzież a Poznaň z převažující kategorie 5-20 m na velikostní kategorii okolo 30-60 m, což lze vysvětlit pravděpodobně poklesem kontinentality klimatu v návaznosti na blízké kontinentální zalednění (Ewertowski et al. 2017).



Obrázek 61: *Znázornění změny délek vedlejších os polygonů (n=1987) na terasách umístěných v Z-V gradientu v délce přibližně 60 km. Statisticky významný rozdíl středních hodnot délek vedlejších os potvrzuje párový Wilcoxonův test (p <0,05) mezi všemi terasami s vyjímkou GDT3 a Schlosshof.*



Obrázek 62: ***A:*** *Bodový graf (n=1987) trendu poklesu délky vedlejší osy polygonů na terasách v Z-V transektu v závislosti na zvyšující se východní zem. délce.* ***B:*** *Naznačení mírného poklesu velikosti polygonů v rámci celého souboru (n=2560) ve směru S-J gradientu. Výstup druhého grafu nelze považovat za průkazný zejména z důvodu rozptýlenosti polygonů v rámci zeměpisné délky (+/- 30 km okolo 16,65° v. d.) a dominantního těžiště shluků mezi 48,2 – 48,35 ° s. š. V obou grafech jsou vyznačeny shluky skupin pseudomorfóz sítí mrazových klínů kategorie 1.*

Charakteristiku geologického substrátu pseudomorfóz je vlivem dané geomorfologické polohy možné přisoudit fluviálním štěrkům, které jsou překryty převážně jemnozrnným sprašovým a písčitým materiálem. Tato informace navíc přímo vyplývá z nákresů půdních profilů v rámci dostupné literatury (např. Fink 1955, Piffl 1964). Povaha geologického substrátu je vedle klimatických podmínek důležitým lokálním faktorem, který ovlivňuje nejen podmínky pro mrazové pukání, ale i výslednou morfologii pseudomorfóz (Harris a Murton 2005). Hrubozrnný štěrkový substrát, do kterého jsou rakouské pseudomorfózy vloženy, tak poukazuje na nezbytnost velmi chladných klimatických podmínek, které lze přisoudit jedině krajině souvislého permafrostu. Z výsledků experimentálních měření ale i z měření v současných podmínkách permafrostu je zřejmé, že ledové klíny vznikají v hrubozrnném substrátu alespoň při MAAT -8 °C a MAGT -5 °C (French 2007, Harris a Murton 2005, Péwé 1966).

V podmínkách současného arktického permafrostu je doložena závislost protažení polygonů na směru břehových linií jezer a toku řek (French 2007, Lachenbruch 1966) či ve směru převládajícího větrného proudění v minulosti (Jorgenson a Shur 2007). Velká část protažených sítí pseudomorfóz mrazových klínů v Rakousku (skupiny C, D, E a F; 60 % protažených polygonů) se nachází na fluviálních terasách Dunaje a Litavy orientovaných ve směru SZ-JV až Z-V. V těchto skupinách pseudomorfóz mírně převládají shodné azimuty protažení polygonů (56 %). V rámci zbylých skupin sítí pseudomorfóz, které jsou na fluviálních terasách Dyje (skupina A), Moravy (skupina B) a Litavy (skupina G) neodpovídá převládající azimut protažení polygonů směru protažení fluviálních teras a současných toků.

7.3 Porovnání pseudomorfóz se středoevropskými ekvivalenty

Při porovnání morfologie rakouských polygonů se středoevropskými ekvivalenty není zjištěna významná odlišnost (Obrázek 63, Tabulka 10). Délky hlavních os polygonů nalezených v Rakousku se průměrně pohybují okolo 10-11 m, stejný parametr u pseudomorfóz ze středoevropských zemí kolísá v rozmezí 2–30 m. Nejmenší polygony vytvářejí reliktní písčité klíny v Maďarsku, největší jsou polygony pseudomorfóz ledových klínů v Polsku a Německu. Minimální a maximální zjištěná délka z Rakouska (3,57 m, 41,69 m) se rovněž zásadněji nevymyká z průměru. Největších polygonů s délkou hlavní osy nad 30 m je pouhých 13 a všechny se nalézají na jedné lokalitě. Vzhledem k tomu, že jsou rozměrové charakteristiky polygonů vzájemně úzce závislé ($r \geq 0{,}88$) lze očekávat stejné závěry i při porovnání dalších základních metrik (plocha, obvod, délka vedlejší osy), přestože nejsou z většiny lokalit známy.

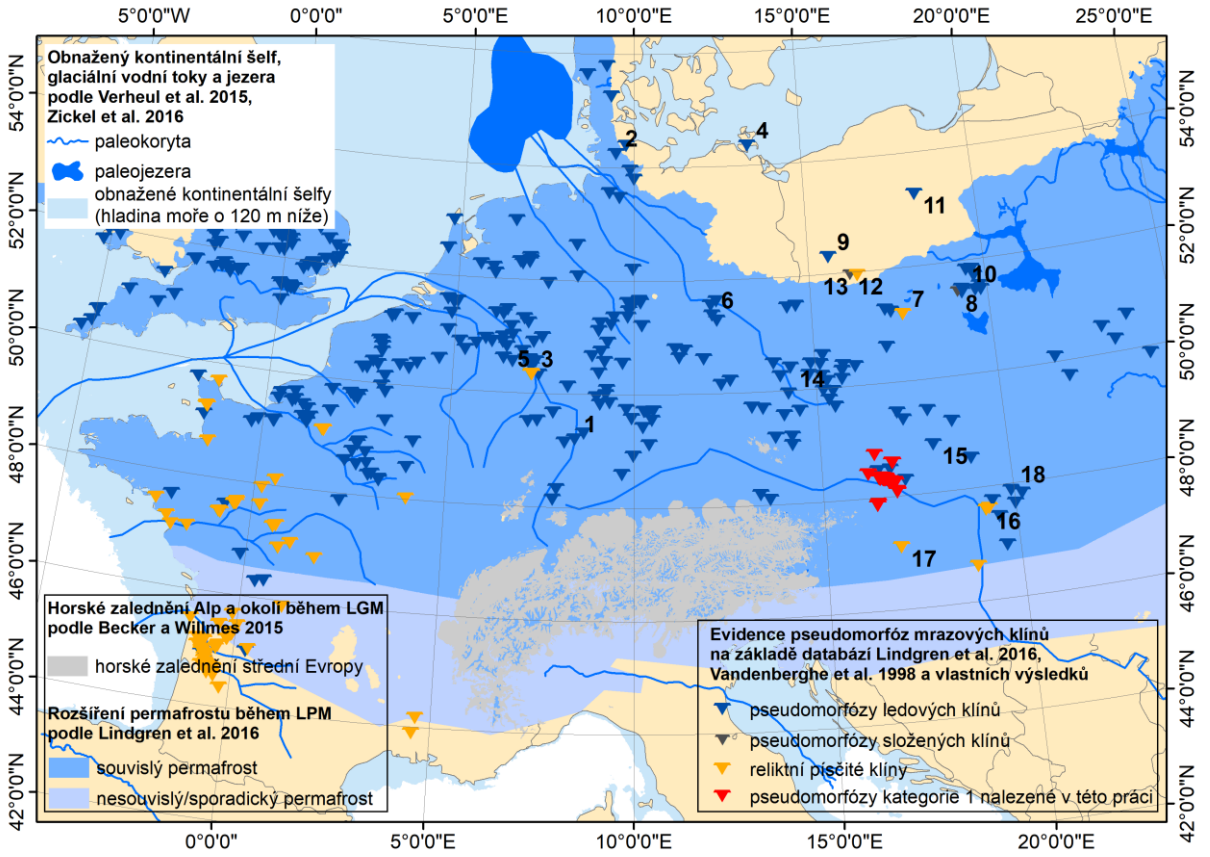
Specifický znak pseudomorfóz v Rakousku je jejich umístění na fluviálních terasách ze spodního a středního pleistocénu, zatímco severněji položené oblasti v Německu a Polsku jsou charakteristické především plochým ledovcovým reliéfem středoevropské nížiny z posledních glaciálů. To do značné míry vymezuje období, kdy se vlivem překrytí těchto lokalit kontinentálním ledovcem nemohly mrazové klíny vyvíjet.

Tabulka 10: *Souhrnné charakteristiky polygonálních sítí pseudomorfóz středoevropských zemí na základě lokalit uvedených v Tabulka 2, Obrázek 11 a Obrázek 58. Zdroje: Německo: Vandenberghe et al. 1998; Polsko: Ewertowski et al. 2017, Vandenberghe et al. 1998; Česko: Nyplová a Křížek 2010; Slovensko: Budek at el. 2013; Maďarsko: Budek at el. 2013, Fábián 2013; Rakousko: literární metaanalýza (viz. Kapitola 5.1), vlastní výsledky.*

země	typ klínů	nadm. výška [m n. m.]	sklon [°]	geomorfologická poloha	geologický substrát	složení výplně	stáří [ka, MIS]	počet stran	délka hlavní osy [m]
Německo	ledové, písčité	107–130	-	plochý glaciální reliéf, fluviální terasa, náplavový kužel	silt, fluviální štěrk	-	19.4-43.3	-	3-30
Polsko	ledové, písčité	80–173	<4	plochý glaciální reliéf, fluviální terasa, náplavový kužel	jemnozrnný eolický silt, subglaciální till	jemnozrnný písek, štěrk	14.6-51.9	4-7	5-30
Česko	ledové	270	-	fluviální terasa	fluviální šterkopísky	eolický písek	30.1-46.5	5	3-25
Slovensko	ledové	270	-	fluviální terasa	písčitý jíl, silt	písek, spraš	36.2	-	-
Maďarsko	ledové, písčité	126-480	-	náplavový kužel, fluviální terasa	fluviální šterkopísek	eolický písek, vertikální laminace	15.7-30	-	2-10
Rakousko	ledové	149-256	<4.5	fluviální terasa	fluviální štěrk	eolické písky, spraš, štěrk	MIS 2-4	3-11, prům. 5-6	3.6-41.7, průměrně 10-11

Pohledem topografie se lokality s polygonálními sítě pseudomorfóz mrazových klínů nachází přibližně do 270 m n. m. se sklonem svahu nepřevyšujícím 4°, což platí i pro polygony v Rakousku. Z jiných zemí tvoří výjimku pouze pseudomorfózy ledových klínů v Maďarsku, nalezené až ve 480 m n. m., u kterých ovšem není popsán polygonální projev vegetace.

Dalším shodným parametrem je zřejmý rozdíl mezi složením geologického substrátu, do něhož jsou klíny vloženy a výplňovým sedimentem vnitřku klínů. Pseudomorfózy jsou většinou vlivem jejich převládajícího umístění na fluviálních/glacifluviálních terasách, plošinách či sandrech, vyvinuté v hrubozrnných štěrcích, zatímco jejich výplň má spíše jemnozrnný charakter eolického původu (písky a různé druhy spraše), ale lze předpokládat také určité příměsi hrubozrnných frakcí, protože v důsledku tání původní ledové výplně může docházet k sesedání okolního materiálu do prázdného prostoru klínu (French 2007). Vertikální laminace výplňového sedimentu potvrzuje reliktní písčité klíny v Maďarsku (Black 1976, Fábián 2013).

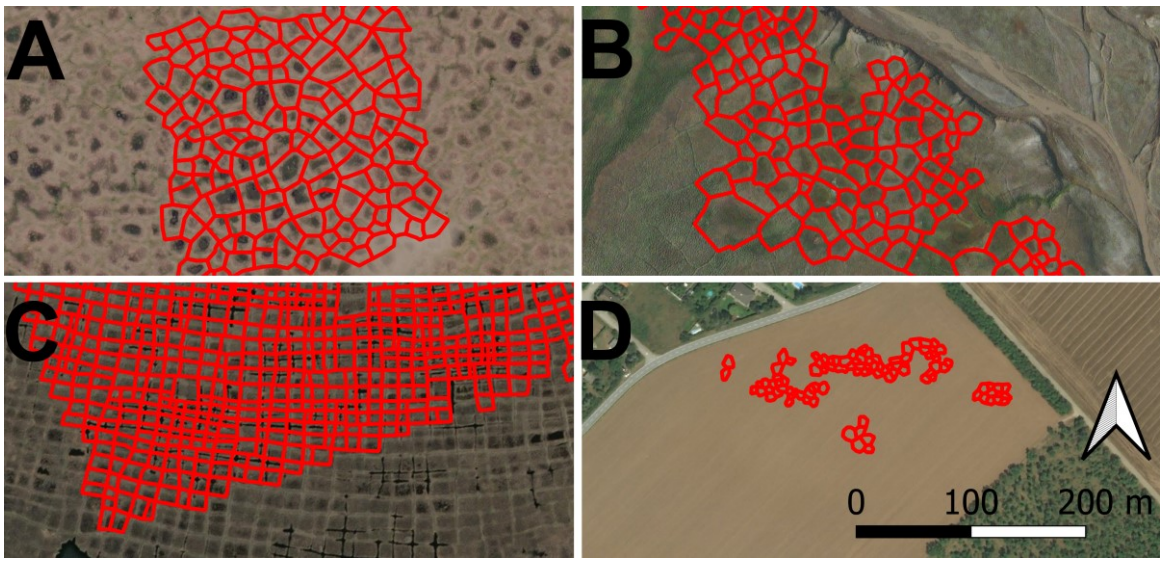


Obrázek 63: *Environmentální rekonstrukce prostředí střední a západní Evropy během vrcholu posledního glaciálu (LGM). Znázorněno rozšíření permafrostu (Lindgren et al. 2016), hlavní říční paleokoryta a plochy paleojezer (Verheul et al. 2015) či zalednění Alp (Becker a Willmes 2015). Vlivem rozsáhlého kontinentálního ledovce je plocha pevniny značně zvětšena o obnažené kontinentální šelfy (Zickel et al. 2016). Kontinetální zalednění není vyznačeno, ale přímo navazuje na severní hranici souvislého permafrostu. Dále jsou vyznačeny lokality pseudomorfóz mrazových klínů na základě databází Lindgren et al. 2016, Vandenberghe et al. 1998 a vlastních výsledků. Údaje vlastních výsledků a za lokality č. 1-18 jsou sumarizovány v Tabulce 9. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1 v Lambertově kuželovém zobrazení pro oblast Evropy.*

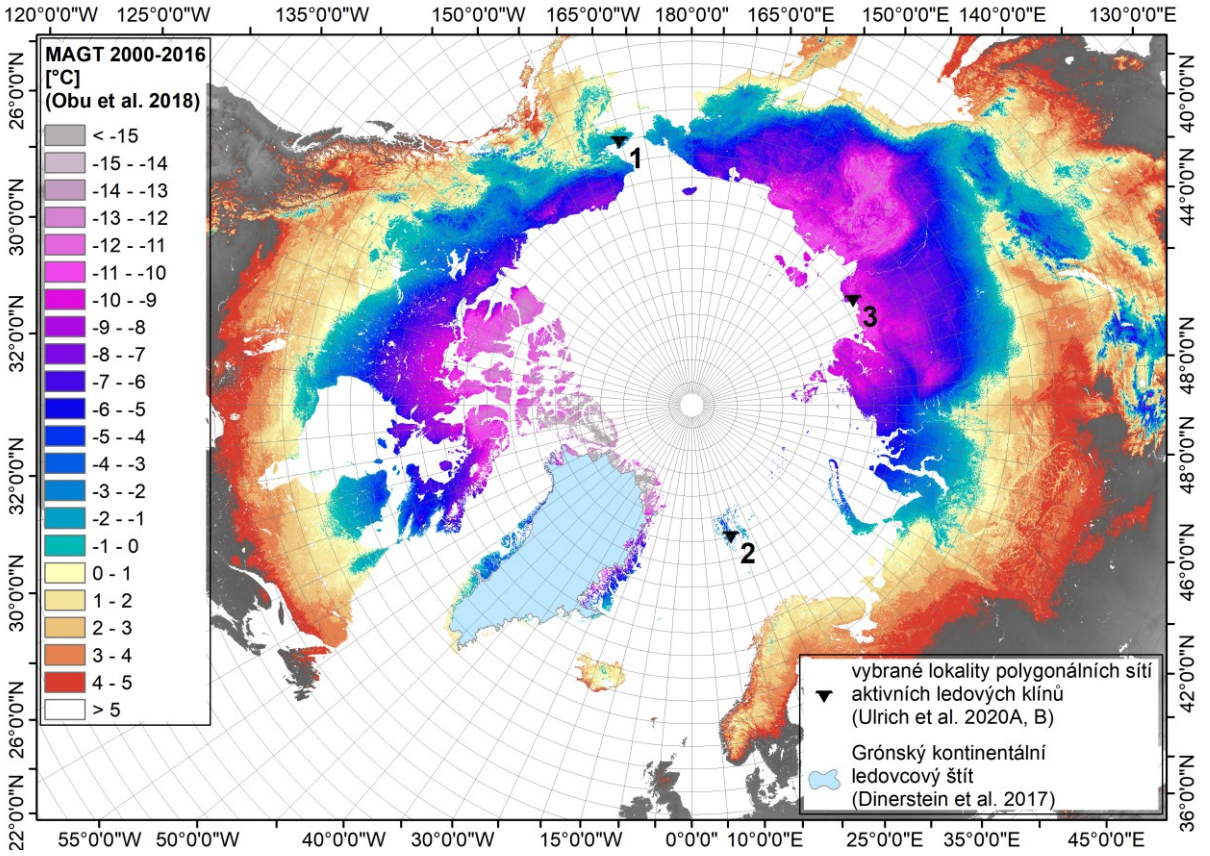
7.4 Porovnání morfologie sítí pseudomorfóz mrazových klínů Rakouska s aktivními mrazovými klíny Arktidy

Nejzásadnější zjištěný rozdíl mezi sítěmi pseudomorfóz v Rakousku a recentně aktivními ledovými klíny v Arktidě spočívá především ve velikosti polygonů, které v podmínkách současného permafrostu dosahují mnohem větších rozměrů (Obrázek 64, Tabulka 11). Například na Svalbardu jsou zjištěny délky hlavních os polygonů přesahující 60 m (Ulrich et al. 2020B). Za vysvětlením může stát rozdílná délka vývoje reliktních a recentně aktivních mrazových klínů (Bockheim et al. 2009, Sletten et al. 2003). V polárních oblastech souvislého permafrostu je počátek vývoje mrazových klínů vázán nejdříve až na období konce glaciálu, kdy došlo k ústupu kontinentálního zalednění. Je ovšem nezbytné zdůraznit, že morfologie polygonů se výrazně odlišuje i mezi vybranými arktickými lokalitami, přičemž výběr zastupuje lokality s odlišnými podmínkami permafrostu (Obrázek 65, Tabulka 11).

V oblasti delty Leny v centrální Sibiři panuje velmi silné kontinentální klima, které na souvislém yedoma permafrostu umožňuje vývoj ortogonálních polygonů hlubokých syngenetických ledových klínů, jenž se vyznačují spíše menšími rozměry (Strauss et al. 2017). Pro podmínky nižší kontinentality klimatu je specifičtější vývoj epigenetického permafrostu s většími polygony o vyšším počtu stran, které mají s ohledem na vývojovou fázi výše či níže položený střed a jsou obklopeny četnými mělkými termokrasovými jezery (French 2007).



Obrázek 64: *Vybrané ukázky morfologie polygonálních sítí mrazových klínů, které odpovídají lokalitám v Obrázek 65 a Tabulka 11.* ***A:*** *Ledové klíny v nesouvislém permafrostu na Sewardově poloostrově (Ulrich et al. 2020A).* ***B:*** *Ledové klíny hraničního typu souvislého permafrostu na Svalbardu (Ulrich et al. 2020B).* ***C:*** *Ledové klíny v mocném souvislém permafrostu delty Leny na Sibiři (Ulrich et al. 2020A).* ***D:*** *Pseudomorfózy ledových klínů v okolí Strasshof an der Nordbahn v Rakousku. Všechny náhledy jsou pro možnost porovnání ve stejném měřítku. Vytvořeno v QGIS 3.20.1 nad podkladovým ortofotem ESRI Satellite (ArcGIS/World_Imagery).*



Obrázek 65: *MAGT polárních oblastí severní hemisféry za období 2000-2016 (podle Obu et al. 2018). Podmínky pro mrazové pukání a vývoj ledových klínů jsou splněny zhruba při teplotách -5°C a nižších, které lze přibližně přiřadit souvislému permafrostu. Vybrané lokality č. 1-3 odpovídají polygonálním sítím v Obrázek 59 a Tabulka 10. Data: MAGT (Obu et al. 2018), Grónský ledovec (Dinerstein et al. 2017), vybrané lokality ledových klínů (Ulrich et al. 2020A, B). Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1. Zobrazeno v azimutální ekvidistantní projekci pro oblast severního pólu.*

Tabulka 11: *Vybrané charakteritiky lokalit s recentně aktivními ledovými klíny Arktidy a pleistocenními pseudomorfózami mrazových klínů z Rakouska. Zdroje: Lokality č. 1 a 3 – Ulrich et al. 2020A, lokalita č. 2 – Ulrich et al. 2020B, lokalita č. 4 – vlastní výsledky. Lokality odpovídají místům z Obrázek 64, Obrázek 65.*

č. lokality	lokalita	typ permafrostu	MAGT [°C]	rozmezí délek hlavních os polygonů [m]	průměrná délka hlavních os polygonů [m]
1	Sewardův poloostrov, Aljaška	nesouvislý, epigenetický termokrasová jezera	-1.9	11.8–32	20.6
2	Adventdalen, Svalbard	nesouvislý / souvislý epigenetický	-3.7	11.4–65	25.6
3	severozápadní delta Leny, Sibiř	souvislý syngenetický yedoma	-9.5	6–28	13.8
4	Strasshof an der Nordbahn, Rakousko	-	-	4.4–15.8	8.6

8 Závěr

Výsledky důkladného prozkoumání dostupných leteckých snímků odhalují, že se v severovýchodní části území Rakouska vyskytuje rozsáhlé množství periglaciálních jevů svrchně pleistocenního permafrostu. Do této široké evidence se řadí zejména skupina tvarů, původně vznikajících mrazovým pukáním převážně v podmínkách souvislého permafrostu – polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů, které jsou zastoupeny ve více než 500 lokalitách. Kromě toho jsou nalezeny další pravděpodobné periglaciální záznamy spjaté s odlišnou genezí. Mezi ty lze zařadit produkty mrazového třídění, z nichž je ve 112 lokalitách předpokládána přítomnost drobných tříděných strukturních sítí a ve 25 lokalitách tříděných strukturních pruhů, pro které je specifické protažení ve směru sklonu svahu. V poslední řadě se jedná o 3 nálezy naznačující termokrasový původ, který s ohledem na přítomnost některých charakteristických znaků zřejmě odkazuje na pozůstatky svrchně pleistocenních ping či jiných mrazových elevací s vnitřním ledovým jádrem.

Hlavní cíl práce směřoval k vymezení nejkvalitnějších polygonů, které je možné morfometricky a statisticky zpracovat. Tomuto účelu vyhovělo 55 lokalit v Dolních Rakousech a Burgenlandu, na nichž se s využitím podkladů leteckých snímků vymezilo 2560 polygonů. Polohově jsou zařazeny do rovin až mírných svahů nížin se sklonem do 4,5° a nadmořskou výškou mezi 150-250 m n. m. V reliéfu se sklonem nad 2°, který lze již považovat za svah, jsou zastoupena pouhá 2 % polygonů. Převažují protažené polygony, ale vzhledem k malé velikosti vzorku ze svažitého reliéfu nelze spolehlivě prokázat pozitivní závislost protažení polygonů se vzrůstajícím sklonem svahu. V souboru jsou přibližně 2/3 polygonů protažených, kdy délka jejich hlavních os převyšuje délku vedlejší osy alespoň o 15 %.

Geomorfologicky a geologicky pseudomorfózy náleží do fluviálních štěrků spodně a středně pleistocenních teras překrytých kvartérními eolickými sedimenty. Shluky lokalit pseudomorfóz přímo odpovídají konkrétním fluviálním terasám, a proto jsou vymezeny do dílčích skupin. Je zjištěn statisticky významný rozdíl v rozměrech jednotlivých skupin polygonů, což může být případně odrazem odlišné zrnitosti teras či klimatických podmínek během vývoje původních periglaciálních forem. 64 % polygonů se vyvinulo na risské terase Gänserndorfer, která je silně ovlivněna kvartérní tektonikou a skládá se z několika původních úrovní a tektonicky pokleslých pánví. Všechny polygony se nachází na orné půdě tvořené převážně černicí a jsou nejčastěji viditelné na leteckých snímcích z dubna a května.

Morfometrická analýza vykazuje dominanci zastoupení pentagonálních a hexagonálních polygonů s délkou hlavní osy nejčastěji mezi 10-11 m, čímž se z hlediska středoevropského kontextu zařazují mezi středně velké, ale jsou menší než polygony recentně aktivních ledových klínů současného arktického permafrostu. Velikostní parametry polygonů jsou vzájemně velmi úzce pozitivně závislé. Je potvrzena pozitivní korelace mezi nárůstem rozměrů polygonů a zvyšujícím se počtem jejich stran. Opačný trend je naznačen ve směru Z-V gradientu, kde dochází k poklesu velikosti polygonů, což lze s ohledem na stejný trend vypozorovaný u charakteristik rakouských spraší či polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů ve středoevropském kontextu, zřejmě přisuzovat narůstající míře kontinentality klimatu.

Žádný ze směrů protažení polygonů zcela nedominuje a nejčastěji jsou polygony protaženy v azimutu Z-V. Z azimutu protažení polygonů nelze odhadnout převládající S-J a SZ-JV směr větrného proudění ve svrchním viselském pleniglaciálu, který úzce korespondoval s polohou anticyklony nad kontinentálním ledovcem. Avšak azimut protažení polygonů skupin C-F mírně odpovídá protažení daných fluviálních teras a směru vodních toků.

Pohledem projevu některých sítí, kdy jsou rozměrově menší a mladší polygony vloženy do polygonů větších a starších, je předpokládáno, že v průběhu posledního glaciálu došlo k vývoji několika generací mrazových klínů. Rozsáhlejší polygony mohou být pseudomorfózami ledových klínů z období závěru MIS 3, které se vyvíjely v prostředí glaciální stepi ještě s dostatečně humidními podmínkami (MAP ~ 450 mm) a přítomností sněhové pokrývky nezbytnou pro vývoj těchto forem. Rozměrově menší polygony nasvědčují spíše vývoji písčitých klínů v silně aridních a chladnějších podmínkách tundry během LGM. Na základě odhadů podmínek vývoje reliktních písčitých klínů v Maďarsku (Kovács et al. 2007), v Polsku (Dzierżek a Stańczuk 2006) a v oblastech aktivních forem na Antarktidě (Bockheim et al. 2009) nelze zcela vyloučit vývoj rakouských klínů při MAP ~ 100 mm a MAAT až -12 °C. Pohledem analogie lokálních predispozic vývoje současných mrazových klínů Arktidy (např. Fortier a Allard 2005, Kanevskiy et al. 2017, Morse a Burn 2013) se pleistocenní mrazové klíny v Rakousku mohly vyvíjet v prostředí s mocností činné vrstvy do 1 m a se sněhovou pokrývkou do 0,5 m, přičemž v podmínkách silně aridního klimatu během období vrcholu LGM lze předpokládat minimální tloušťku až celkovou absenci sněhové pokrývky.

Poznatky zjištěné v této práci obohacují dosavadní znalosti o rozšíření a charakteristice pseudomorfóz mrazových klínů na území Rakouska a potvrzují existenci svrchně pleistocenního souvislého permafrostu. Současně jsou naznačeny některé paleoklimatické trendy, které by bylo možné potvrdit dalším výzkumem reliktních polygonálních sítí mrazových klínů v delším prostorovém měřítku směrem na východ.

Zdroje

Seznam použité literatury

ALLARD, M., KASPER, J. N. (1998): Temperature conditions for ice-wedgecracking: Field measurements from salluit, NorthernQuébec, Permafrost–Seventh International Conference, Yellowknife (Canada), Collection Nordicana, 55, 5-12.

ANDRIEUX, E., BATEMAN, M. D., BERTRAN, P. (2018): The chronology of Late Pleistocene thermal contraction cracking derived from sand wedge OSL dating in central and southern France. Global and Planetary Change, 162, 84-100.

ANDRIEUX, E., BERTRAN, P., ANTOINE, P., DESCHODT, L., LENOBLE, A., COUTARD, S., AJAS, A., BORDERIE, Q., COUTARD, J.-P., DIDIERJEAN, F., DOUSTEYSSIER, B., FERRIER, C., GARDÈRE, P., GÉ, T., LIARD, M., LOCHT, J.-L., NATON, H.-G., RUE, M., SITZIA, L., VAN VLIET-LANOË, B., VERNET, G. (2016): Database of pleistocene periglacial features in France: Description of the online version. Quaternaire, 27, 4, 329-339.

AUER, I., FOELSCHE, U., BÖHM, R., CHIMANI, B., HAIMBERGER, L., KERSCHNER, H., KOINIG, K. A., NICOLUSSI, K., SPÖTL, C., DIENDORFER, G., GODINA, R., HOFSTÄTTER, M., JURKOVIC, A., KAISER, A., KIRCHENGAST, G., KOCH, E., LADINIG, A., MATULLA, C., OLEFS, M., AUSTRIAN PANEL ON CLIMATE CHANGE (APCC) (2014): Vergangene Klimaänderung in Österreich. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014: Zusammenfassung für Entscheidungstragende und Synthese, 1st ed., Wien: Austrian Academy of Sciences Press, 227–300.

BALLANTYNE, C. K. (2018): Periglacial Geomorphology. 1. vyd. New Jersey: Wiley-Blackwell, 472 s.

BARTLEIN, P. J., HARRISON, S. P., BREWER, S., CONNOR, S., DAVIS, B. A. S., GAJEWSKI, K., GUIOT, J., HARRISON-PRENTICE, T. I., HENDERSON, A., PEYRON, O., PRENTICE, I. C., SCHOLZE, M., SEPPA, H., SHUMAN, B., SUGITA, S. THOMPSON, R. S., VIAU, A. E., WILLIAMS, J., WU, H. (2011): Pollen-based continental climate reconstructions at 6 and 21 ka: a global synthesis. Climate Dynamics, 37, 775–802.

BEETS, D. J., MEIJERB, T., BEETS, C. J., CLEVERINGA, P., LABAN, C., VAN DER SPEK, A. J. F. (2005): Evidence for a Middle Pleistocene glaciation of MIS 8 age in the southern North Sea. Quaternary International, 133-134, 7–19.

BEIDINGER, A., DECKER, K., ROCH, K. H. (2011): The Lassee segment of the Vienna Basin fault system as a potential source of the earthquake of Carnuntum in the fourth century A.D. International Journal of Earth Sciences, 100, 1315–1329.

BENZ, C. (2003): Der würmeiszeitliche Rheingletscher-Maximalstand. Digitale Rekonstruktion, Modellierung und Analyse mit einem Geographischen Informationssystem. Dissertation Geographisches Institut Universität Zürich, 180 s. In: IVY-OCHS, S. (2015): Glacier variations in the European Alps at the end of the last glaciation. Cuadernos de Investigacion Geografica, 41, 2, 295.

BERTRAN, P., ANDRIEUX, E., ANTOINE, P., COUTARD, S., DESCHODT, L., GARDÈRE, P., HERNANDEZ, M., LEGENTIL, C., LENOBLE, A., LIARD, M., MERCIER, N., MOINE, O., SITZIA, L., VAN VLIET-LANOË, B. (2014): Distribution and chronology of Pleistocene permafrost features in France: database and first results. Boreas, 43, 699–711.

BERTRAN, P., FABRE, R. (2005): Pleistocene cryostructures and landslide at Petit-Bost (southwestern France, 45°N). Geomorphology, 71, 344–356.

BLACK, R. F. (1976): Periglacial features indicative of permafrost: Ice and soil wedges. Quaternary Research, 6, 1, 3-26.

BOARDMAN, J. (1987): Periglacial Processes and Landforms in Britain and Ireland. Cambridge: Cambridge University Press, 308 s.

BOCKHEIM, G. J., KURZ, M. D., SOULE, S. A., BURKE, A. (2009): Genesis of Active Sand-filled Polygons in Lower and Central Beacon Valley, Antarctica. Permafrost and Periglacial Processes, 20, 295–308.

BOTZ, G. (1963): Würm-Löß und fossile Frostspalten bei Suben. In: Bundesrealgymnasium Schärding. 9. Jahresbericht über die Schuljahre 1961/62 und 1962/63, Ried im Innkreis: Oberösterreichischer Landesverlag, 3-13. In: KOHL, H. (1999): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Teil II: Die eiszeitliche Vergletscherung in OÖ. Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines Bd, 143, 1, 175-390.

BRANDTNER, F. (1954): Jungpleistozäner Löß und fossile Böden in Niederösterreich. E&G Quaternary Science Journal, 4-5, 1, A.6.

BRAUMANN, S. M., NEUHUBER, S., FIEBIG, M., SCHAEFER, J. M. (2018): Challenges in constraining ages of fluvial terraces in the Vienna Basin (Austria) using combined isochron burial and pIRIR225 luminescence dating. Quaternary International, 509, 87-102.

BRIANT, R. M., ROSE, J., BRANCH, N. P., LEE, J. A. (1999): 'Pre-glacial' Quaternary sediments from Trimingham, North Norfolk, England. Bulletin of the Geological Society of Norfolk, 49, 15-47.

BROSCHE K-U. (1996): Wirkungen des pleistozänen kaltzeitlichen Klimas, insbesondere des Bodenfrostes, in den Sedimenten des östlichen Ostfalen (Raum Hannover – Wolfsburg – Helmstedt – Bad Harzburg - Salzgitter-Bad - Hannover) - Teil 1. E&G Quaternary Science Journal, 46, 1-17.

BUDEK, A., KALICKI, T., KAMINSKÁ, L., KOZŁOWSKI, J. K., MESTER, Z. (2013): Interpleniglacial profiles on open-air sites in Hungary and Slovakia. Quaternary International 294, 82-98.

BUCH, M. W., ZÖLLER, L. (1990): Gliederung und Thermolumineszenz-Chronologie der Würmlösse im Raum Regensburg. E&G Quaternary Science Journal, 40, 1, 05, 63-84.

BUYLAERT, J.-P., GHYSELS, G., MURRAY, A., THOMSEN, K., VANDENBERGHE, D., DE CORTE, F., HEYSE, I., HAUTE, P. (2009): Optical dating of relict sand wedges and composite-wedge pseudomorphs in Flanders, Belgium. Boreas, 38, 160-175.

CLARK, P. U., DYKE, A. S., SHAKUN, J. D., CARLSON, A. E., CLARK, J., WOHLFARTH, B., MITROVICA, J. X., HOSTETLER, S. W., MCCABE, A. M. (2009): The Last Glacial Maximum. Science, 325, 5941, 710-714.

COLLEONI, F., WEKERLE, C., NÄSLUND, J.-O., BRANDEFELT, J., MASINA, S. (2016): Constraint on the penultimate glacial maximum Northern Hemisphere ice topography (≈140 kyrs BP). Quaternary Science Reviews, 137, 97-112.

CSAPLOVICS, A., GÖTZINGER, M. A., LENGAUER, C. L. (2018) Die Salzminerale der Salzlacken im Seewinkel, Burgenland. Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, 164, 55-64.

CZUDEK, T. (2004): Některé úvahy o svrchnopleistocenním permafrostu na území České republiky. Geomorfologický sborník, Praha: Přírodovědecká fakulta UK, 04/05, 14-15.

CZUDEK, T. (2005): Pleistocenní permafrost v České republice. Geomorfologický sborník, České Budějovice: JČU, 05, 145-148.

DESPRIÉE, J., VOINCHET, P., COURCIMAULT, G., BAHAIN, J.-J., PUAUD, S., MORENO, D., CHANTREAU, Y., TISSOUX, H., HÉLÈNE, G., GALLET, X., CHAPON, C., ABDESSADOK, S., FALGUÈRES, C. (2017). The Middle Pleistocene site of la Noira at Brinay (Cher): Morphosedimentary context, geochronology, archaeological datas. Quaternaire. 28. 31-48.

DZIERŻEK, J., STAŃCZUK, D. (2006): Record and palaeogeographical implications of Pleistocene periglacial processes in the Drohiczyn Plateau, Podlasie Lowland (Eastern Poland). Geological Quarterly, 50, 2, 219–228.

EHLERS, J., GRUBE, A., STEPHAN, H.-J., WANSA, S., (2011): Pleistocene Glaciations of North Germany – New Results. Developments in Quaternary Science, 15, 149–162.

EISSMANN, L. (1981): Periglaziäre Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs. Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen, Naturkundliches Museum, 1, 1–171.

EISSMANN, L. (2002): Quaternary geology of eastern Germany (Saxony, Saxon–Anhalt, South Brandenburg, Th. uringia), type area of the Elsterian and Saalian Stages in Europe. Quaternary Science Reviews, 21, 1275–1346.

EWERTOWSKI, M. V., KIJOWSKI, A., SZUMAN, I., TOMCZYK, A. M., KASPRZAK, L. (2017): Low-altitude remote sensing and GIS-based analysis of cropmarks: Classification of past thermal-contraction-crack polygons in central western Poland. Geomorphology, 293, 418-432.

FÁBIÁN, S. A., KOVÁCS, J., TARNOCAI, C., VARGA, G. (2009): Similarities between the recent permafrost in North-western Canada and the Pleistocene relict cryogenic forms in central Europe (Hungary). Project: Analysing thermal contraction crack polygons from satellite imagery using GEOBIA.

FÁBIÁN, S. Á., KOVÁCS, J., VARGA, G., SIPOS, G., HORVÁTH, Z., THAMÓ-BOZSÓ, E., TÓTH, G. (2013): Distribution of relict permafrost features in the Pannonian Basin, Hungary. Boreas, 43, 3, 722-732.

FINK, J. (1954): Die fossilen Böden im österreichischen Löß. Die fossilen Böden im österreichischen Löß. Quartär. Internationales Jahrbuch zur Eiszeitalter – und Steinzeitforschung, 6, 85-108.

FINK, J. (1955): Abschnitt Wien-Marchfeld-March – Beiträge zur Pleistozänforschung in Österreich: Exkursionen zwischen Salzach u. March. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Sonderheft D, 82-116.

FINK, J. (1956): Zur Korrelation der Terrassen und Lösse in Österreich. E&G Quaternary Science Journal, 7, 49–77.

FINK, J., MAJDAN, H. (1954): Zur Gliederung der pleistozänen Terrassen des Wiener Raums. Wien, Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 97, 211–249.

FISCHER, H. (1964): Zur Quartärgeologie der Hochterrasse im Großen und Kleinen Erlauftal (Niederösterreich). Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 312-360.

FITZSIMONS, S. J., VEIT, H. (2001): Geology and Geomorphology of the European Alps and the Southern Alps of New Zealand: A Comparison. Mountain Research and Development, 21, 4, 340–349.

FLÜGEL, H. (1963): Eiszeitliche Bodenfrostbildungen am Alpenrand. Natur und Museum, 93. Frankfurt a. M., 324-330. In: Morawetz, S. (1968): Zur Frage der periglazialen Erscheinungen im Gebiet zwischen Graz und Hartberg. Mitt, naturwiss. Ver. Steiermark, 98, 61-68.

FORTIER, D., ALLARD, M. (2005): Frost-cracking Conditions, Bylot Island, Eastern Canadian Arctic Archipelago. Permafrost and Periglacial Processes, 16, 145–161.

FRENCH, H. M. (2007): The Periglacial Environment. 3.vyd. Chichester: John Wiley & Sons, xviii, 458 s.

FUCHS, W. (1964): Tertiär und Quartär in der Umgebung von Melk. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 283–299.

FUCHS, W. (1972): Tertiär und Quartär am Südrand des Dunkelsteiner Waldes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 115, 205–245.

GÁBRIS, G., HORVÁTH, E., NOVOTHNY, Á., UJHÁZY, K. (2002): History of environmental changes from the Last Glacial period in Hungary. Praehistoria, 1-14.

GHYSELS, G., HEYSE, I. (2006): Composite-wedge Pseudomorphs in Flanders, Belgium. Permafrost and Periglacial Processes, 17, 145–161.

GIBBARD, P. L., COHEN, K. M. (2008): Global Chronostratigraphical Correlation Table for the Last 2.7 Million Years. Episodes, 31, 2, 243.

GOLTE, W., HEINE, K. (1980): Fossile Rieseneiskeilnetze als periglaziale Klimazeugen am Niederrhein. In: Aymans, G. (eds.): Niederrheinische Studien. Arbeiten zur rheinischen Landeskunde, 46, 158 s.

GRASSMANN, S., CRAMER, B., DELISLE, G., HANTSCHEL, T., MESSNER, J., WINSEMANN, J. (2010): pT-effects of Pleistocene glacial periods on permafrost, gas hydrate stability zones and reservoir of the Mittelplate oil field, northern Germany. Marine and Petroleum Geology, 27, 298–306.

GRUBE, A. (2019): Palaeoseismic structures in Quaternary sediments, related to an assumed Hercynian fault north of the Permian salt structure Peissen-Gnutz (NW Germany) - neotectonic activity from the Saalian to the Weichselian/Holocene. Geomorphology, 328, 15–27.

GRUBE, A. (2021): Reply to "Discussion on 'Palaeoseismic structures in Quaternary sediments, related to an assumed fault zone north of the Permian Peissen-Gnutz Salt Structure (NW Germany) – Neotectonic activity and earthquakes from the Saalian to the Holocene' (Grube, 2019)" by Pascal Bertran, KevinManchuel and Deborah Sicilia. Geomorphology, 385, 107705.

HAESAERTS P., BORZIAK I., CHIRICA V., DAMBLON F., KOULAKOVSKA L., VAN DER PLICHT, J. (2003): The east Carpathian loess record: A reference for the middle and late pleniglacial stratigraphy in central Europe. Quaternaire, 14, 3, 163-188.

HALL, A. M., MIGÓN, P. (2010): The first stages of erosion by ice sheets: Evidence from central Europe. Geomorphology, 123, 349-363.

HAO, Q., WANG, L., OLDFIELD, F., GUO, Z. (2015): Extra-long interglacial in Northern Hemisphere during MISs 15-13 arising from limited extent of Arctic ice sheets in glacial MIS 14. Scientific Reports, 5, 12103.

HARRIS, S. A., MURTON, B. J. (2005): Experimental simulation of ice-wedge casting: processes, products and paleoenvironmental signifikance. In: Harris, S. A., Murton, B. J. (eds): Cryospheric Systems: Glaciers and Permafrost. Geological Society, London, Special Publications, 242, 131-143.

HÄUSLER, H. (2007): Geologische Karte der Republik Österreich 1: 50.000. Erläuterungen zu den Blättern 79 Neusiedl am See, 80 Ungarisch-Altenburg, 109 Pamhagen, 88 s.

HEIRI, O., KOINIG, K. A., SPÖTL, C., BARRETT, S., BRAUER, A., DRESCHER-SCHNEIDER, R., GAAR, D., IVY-OCHS, S., KERSCHNER, H., LUETSCHER, M., MORAN, A., NICOLUSSI, K., PREUSSER, F., SCHMIDT, R., SCHOENEICH, P., SCHWÖRER, C., SPRAFKE, T., TERHORST, B., TINNER, W. (2014): Palaeoclimate records 60-8 ka in the Austrian and Swiss Alps and their forelands. Quaternary Science Reviews, 106, 186-205.

HELMENS, K. F. (2014): The Last Interglacial-Glacial cycle (MIS 5-2) re-examined based on long proxy records from central and northern Europe. Quaternary Science Reviews, 86, 115-143.

HEUBERGER, H. (1974): Alpine Quaternary glaciation. In: Ives, J. D., Barry, R. G. (eds.): Arctic and alpine environments. London, Methuen, 318-338.

HIJMANS, R. J., CAMERON, S. E., PARRA, J. L., JONES, P. G., JARVIS, A. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 25, 1965-1978.

HOŠEK, J., POKORNÝ, P., PRACH, J., LISÁ, L., MATYS GRYGAR, T., KNÉSL, I., TRUBAČ, J. (2017): Late Glacial erosion and pedogenesis dynamics: Evidence from high-resolution lacustrine archives and paleosols in south Bohemia (Czech Republic). Catena, 150, 261–278.

HOŠEK, J., RADOMĚŘSKÝ, T., KŘÍŘEK, M. (2020): Pozdně glaciální termokrasové jevy na severním okraji vídeňské pánve. Zprávy o geologických výzkumech, 53, 65–72.

HOWE, J. N. W., PIOTROWSKI, A. M., NOBLE, T. L., MULITZA, S., CHIESSI, C. M. (2016): North Atlantic Deep Water Production during the Last Glacial Maximum. Nature Communications, 7, 11765.

HÜBL, H. (1943): Periglaziale Erscheinungen an Jungtertiärsedimenten in der Oststeiermark. Zeitschr. f. Geschiebefor., 18, 231-237. In: Morawetz, S. (1968): Zur Frage der periglazialen Erscheinungen im Gebiet zwischen Graz und Hartberg. Mitt, naturwiss. Ver. Steiermark, 98, 61-68.

HUGHES, P. D., GIBBARD, P. L. (2015): A stratigraphical basis for the Last Glacial Maximum (LGM). Quaternary International, 383, 174-185.

HUGHES, P. D., GIBBARD, P. L., EHLERS, J. (2020): The "missing glaciations" of the Middle Pleistocene. Quaternary Research, 96, 1-23.

CHRISTIANSEN, H. H., MATSUOKA, N., WATANABE, T. (2016): Progress in Understanding the Dynamics, Internal Structure and Palaeoenvironmental Potential of Ice Wedges and Sand Wedges. Permafrost and Periglacial Processes, 27, 365-376.

ILYASHUK, E. A., ILYASHUK, B., HEIRI, O., SPÖTL, C. (2022): Summer temperatures and environmental dynamics during the Middle Würmian (MIS 3) in the Eastern Alps: Multi-proxy records from the Unterangerberg palaeolake, Austria. Quaternary Science Advances, 6, 100050.

IVY-OCHS, S. (2015): Glacier variations in the European Alps at the end of the last glaciation. Cuadernos de Investigacion Geografica, 41, 2, 295.

IVY-OCHS, S., KERSCHNER, H., REUTHER, A., PREUSSER, F., HEINE, K., MAISCH, M., KUBIK, P. W. AND SCHLÜCHTER, C. (2008): Chronology of the last glacial cycle in the European Alps. Journal of Quaternary Science, 23, 6-7, 559–573.

JORGENSON, M. T., OSTERKAMP, T. (2005): Response of boreal ecosystems to varying modes of permafrost degradation in Alaska. Canadian Journal of Forest Research, 35, 9, 2100-2111.

JORGENSON, M. T., SHUR, Y. L. (2007): Evolution of lakes and basins in northern Alaska and discussion of the thaw lake cycle. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 112, 2.

JUNGE, F. W., NOVENKO, E., SEIFERT-EULEN, M., BOETTGER, T. (2008): Early Saalian landscape dynamics in the Saale-Elbe region (Profen opencast mine, Central Germany): fluvial sedimentation, vegetation history and geochemistry. Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 159, 2, 221–235.

KANEVSKIY, M., SHUR, Y., JORGENSON, T., BROWN, D. R. N., MOSKALENKO, N., BROWN, J., WALKER, D. A., RAYNOLDS, M. K., BUCHHORN, M. (2017): Degradation and stabilization of ice wedges: Implications for assessing risk of thermokarst in northern Alaska. Geomorphology, 297, 20–42.

KARTE, J., LIEDTKE, H. (1981): The Theoretical and practical definition of the term „periglacial" in its geographical and geological meaning. Biuletyn Periglacjalny, 28, 123–135.

KERSCHNER, H. (1981): Outlines of the climate during the Egesen advance (Younger Dryas, 11000–10000 BP) in the central Alps of the western Tyrol, Austria. Zeitschrift fur Gletscherkunde und Glaziologie, 16, 2, 229-240.

KOHL, H. (1999): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Teil II: Die eiszeitliche Vergletscherung in OÖ. Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines, 143, 1, 175-390.

KOLMER, C. (1994): Bericht 1991-1992 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 102 Aflenz Kurort. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 137, 3, 557-562.

KOLSTRUP, E. (2004): Stratigraphic and Environmental Implications of a Large Ice-wedge Cast at Tjæreborg, Denmark. Permafrost and Periglacial Processes, 15, 31–40.

KOVÁCS, J., FÁBIÁN, S. A., SCHWEITZER, F., VARGA, G. (2007): A Relict Sand-wedge Polygon Site in North-central Hungary. Permafrost and Periglacial Processes, 18, 379–384.

KOZARSKI, S., (1995): The periglacial impact on the deglaciated area of northern Poland after 20 kyr BP. Biuletyn Peryglacjalny, 34, 73–102.

KREYNMAR, H. G. (2013): Stand und Strategie der Geologischen Landesaufnahme in Österreich. Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt, 80-85.

KŘÍŽEK, M., UXA, T. (2013): Morphology, Sorting and Microclimates of Relict Sorted Polygons, Krkonoše Mountains, Czech Republic. Permafrost and Periglacial Processes, 24, 313–321.

KUHLEMANN, J., ROHLING, E.J., KRUMREI, I., KUBIK, P., IVY-OCHS, S., KUCERA, M. (2008): Regional synthesis of Mediterranean atmospheric circulation during the Last Glacial Maximum. Science, 321, 1338–1340.

KYSILKA, T. (2012): Polohové a klimatické faktory ovlivňující morfologické charakteristiky polygonů ledových klínů arktické zóny. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha. Vedoucí práce Křížek, M.

LACHENBRUCH, A. H. (1962): Mechanics of thermal contraction cracks and ice-wedge polygons in permafrost. Geological Survey of America Special Papers, Baltimore. 70, 1–66.

LACHENBRUCH, A. H. (1966): Conctraction theory of ice-wedge polygons; a qualitative discussion. In: French, H. M. (2007): The Periglacial Environment. 3.vyd. Chichester: John Wiley & Sons, xviii, 458 s.

LAMBECK, K., PURCELL, A., ZHAO, J., SVENSSON, N.-O. (2010): The Scandinavian Ice Sheet: from MIS 4 to the end of the Last Glacial Maximum. Boreas, 39, 410–435.

LANG, J., LAUER, T., WINSEMANN, J. (2018): New age constraints for the Saalian glaciation in northern central Europe: Implications for the extent of ice sheets and related proglacial lake systems. Quaternary Science Reviews, 180, 240-259.

LARA, M. J., NITZE, I., GROSSE, G., MCGUIRE, A. D. (2018): Tundra landform and vegetation productivity trend maps for the Arctic Coastal Plain of northern Alaska. Scientific Data, 5, 180058.

LAUER, T., WEISS, M. (2018): Timing of the Saalian – and Elsterian glacial cycles and the implications for Middle – Pleistocene hominin presence in central Europe. Scientific Reports, 8, 5111.

LAUTERBACH, S., BRAUER, A., ANDERSEN, N., DANIELOPOL, D.L., DULSKI, P., HÜLS, M., MILECKA, K., NAMIOTKO, T., OBREMSKA, M., VON GRAFENSTEIN, U. (2011): Environmental responses to Lateglacial climatic fluctuations recorded in the sediments of pre-Alpine Lake Mondsee (northeastern Alps). Journal of Quaternary Science, 26, 3, 253-267.

LEWIS, C. A. (1979): Periglacial wedge-casts and patterned ground in the Midlands of Ireland. Irish Geography, 12, 1, 10-24.

LEWIS, F. T. (1928): The correlation between cell division and the shapes and sizes of prismatic cells in the epidermis of cucumis. The Anatomical Record, 38, 3, 341–376.

LINDNER, L. (1988): Stratigraphy and extents of Pleistocene continental glaciations in Europe. Acta Geologica Polonica, 38, 1-4, 63-83.

LITT, T., BEHRE, K.-E., MEYER, K.-D., STEPHAN, H.-J., WANSA, S. (2007): Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. EG Quaternary Science Journal, 56, 7-65.

LOISHANDL-WEISZ, H., PETICZKA, R., (2005): Vom Winde verweht – Die Sedimente und Böden im Verbreitungsgebiet der niederösterreichischen Kreisgrabenanlagen. In: Daim, F., Neubauer, W. (eds.): Geheimnisvolle Kreisgräben, Wien: Berger, 143-145.

LOWE, J., WALKER, M. (2015): Reconstructing Quaternary Environment. Third edition. London: Routledge, 538 s.

LOŽEK, V. (1983): Současný stav přírodního prostředí Křivoklátska podle výpovědi malakofauny. Bohemia Centralis, Praha, 12, 91–113.

LUDWIG, P, SCHAFFERNICHT, E. J., SHAO, Y., PINTO, J. G. (2016): Regional atmospheric circulation over Europe during the Last Glacial Maximum and its links to precipitation. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 121, 2130–2145.

LUDWIKOWSKA-KĘDZIA, M., PAWELEC, H., ADAMIEC, G. (2015): Sedimentological interpretation and stratigraphical position of glacigenic deposits in the Napęków area (Holy Cross Mountains, Poland). Geologos, 21, 4.

LUSCH, D. P., STANLEY, K. E., SCHAETZL, R. J., KENDALL, A. D., VAN DAM, R. L., NIELSEN, A., BLUMER, B. E., HOBBS, T. C., ARCHER, J. K., HOLMSTADT, J. L. F., MAY, C. L. (2009): Characterization and Mapping of Patterned Ground in the Saginaw Lowlands, Michigan: Possible Evidence for Late-Wisconsin Permafrost. Annals of the Association of American Geographers, 99, 3, 1-22.

MAARLEVELD, G. C. (1976): Periglacial phenomena and the mean annual temperature during the Last Glacial Time in the Netherlands. Biuletyn Peryglacjalny 26, 57-78. In: Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Kern, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. Quaternary International, 415, 241–252.

MACKAY, J. R. (1974): Ice wedge cracks, Garry Island, Northwest Territories. Canadian Journal of Earth Sciences, 11, 1366–1383.

MAGYARI, E. K., KUNEŠ, P., JAKAB, G., SÜMEGI, P., PELÁNKOVÁ, B., SCHÄBITZ, F., BRAUN, M., CHYTRÝ, M. (2016): Late Pleniglacial vegetation in eastern-central Europe: are there modern analogues in Siberia? Quaternary Science Reviews, 95, 60-79.

MANGOLD, N. (2005): High latitude patterned ground on Mars: Classification, distribution and climatic control. Icarus, Orsay, 174, 2, 336–359.

MARGARI, V., SKINNER, L. C., HODELL, D. A., MARTRAT, B., TOUCANNE, S., GRIMALT, J. O., GIBBARD, P. L., LUNKKA, J. P., AND TZEDAKIS, P. C. (2014): Land-ocean changes on orbital and millennial time scales and the penultimate glaciation. Geology, 42, 183-186.

MARIANI, G. S., ZERBONI, A., AMIT, R., PORAT, N., CREMASCHI, M. (2015): The southernmost evidence in Europe for Upper Pleistocene ice-wedge casts in loess (Gajum, North Italy). Conference: Batsheva de Rothschild Seminar on Atmospheric Dust, Dust Deposits (Loess) and Soils in Deserts and the Desert fringe 2015.

MARKS, L. (2011): Quaternary Glaciations in Poland. In: Ehlers, J., Gibbard, P. L. Hughes, P. D. (eds): Developments in Quaternary Science, Vol. 15, Amsterdam, The Netherlands, 299-303.

MARKS, L., MAKOS, M., SZYMANEK, M., WORONKO, B., DZIERŻEK, J., MAJECKA, A. (2019): Late Pleistocene climate of Poland in the mid-European context. Quaternary International, 504, 24-39.

MARTINEZ-LAMAS, R., TOUCANNE, S., DEBRET, M., RIBOULOT, V., DELOFFRE, J., BOISSIER, A., CHERON, S., PITEL, M., BAYON, G., GIOSAN L. (2020): Linking Danube River Activity to Alpine Ice-Sheet Fluctuations during the Last Glacial (ca. 33-17 ka BP): insights into the continental signature of Heinrich Stadials. Quaternary Science Reviews, 229, 106-136.

MARUSZCZAK, H. (1987): Problems of paleogeographic interpretation of ice wedge casts in European loesses. In: Pécsi, M., French, H. M. (eds.): Loess and Periglacial Phenomena. Budapest: Akadémiai Kiadó, 285-302. In: Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Kern, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. Quaternary International, 415, 241–252.

MÉNOT, G., BARD, E., ROSTEK, F., WEIJERS, J. W. H., HOPMANS, E. C., SCHOUTENAND, S., SINNINGHE DAMSTÉ, J. S. (2006): Early Reactivation of European Rivers During the Last Deglaciation. Science, 313, 5793, 1623-1625.

MLECZAK, M., A, WORONKO. B., PISARSKA-JAMROŻY, M., BUJAK, L. (2021): Permafrost as the main factor controlling the fluvial sedimentation style on glaciomarginal fans. Sedimentary Geology, 422, 105971.

MLECZAK, M., PISARSKA-JAMROŻY, M. (2019): Miocene quartz sands redeposited on subaqueous and alluvial fans during the Saalian: Interpretation of the depositional scenario at Ujście, western Poland. Geologos, 25, 2, 125-137.

MOL, J., VANDENBERGHE, J., KASSE, C. (2000): River response to variations of periglacial climate in mid-latitude Europe. Geomorphology, 33, 131-148.

MORSE, P. D., BURN, C. R. (2013): Field observations of syngenetic ice wedge polygons, outer Mackenzie Delta, western Arctic coast, Canada. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 118, 1320–1332.

MURTON, J. B., BATEMAN, M. D. (2007): Syngenetic Sand Veins and Anti-Syngenetic Sand Wedges, Tuktoyaktuk Coastlands, Western Arctic Canada. Permafrost and Periglacial Processes, 18, 33–47.

MURTON, J. B., BOWEN, D. Q., CANDY, I., CATT, J. A., CURRANT, A., EVANS, J. G., FROGLEY, M. R., GREEN, C. P., KEEN, D. H., KERNEY, M. P., PARISH, D., PENKMAN, K., SCHREVE, D. C., TAYLOR,

S., TOMS, P. S., WORSLEY, P., YORK, L. L. (2015): Middle and Late Pleistocene environmental history of theMarsworth area, south-central England. Proceedings of the Geologists' Association, 126, 1, 18-49.

MURTON, J. B., KOLSTRUP, E. (2003): Ice-wedge casts as indicators of palaeotemperatures: Precise proxy or wishful thinking? Progress in Physical Geography, 27, 2, 155–170

NEGRE, C., ZAHN, R., THOMAS, A. L., MASQUÉ, P., HENDERSON, G. M., MARTÍNEZ-MÉNDEZ G., HALL, I. R., MAS, J. L. (2010): Reversed flow of Atlantic deep water during the Last Glacial Maximum. Nature, 468, 84-88.

NYPLOVÁ, P., KŘÍŽEK, M. (2010): Morphometric analysis of polygonal patterns of wedge casts in the Bohemian Cretaceous Basin. In: Křížek, M., Nyplová, P., Vočadlová, K., Borská, J. (eds.): Geomorfologický sborník, 9. Praha: Přírodovědecká fakulta UK, 42-43.

NÝVLT, D., ENGEL, Z., TYRÁČEK, J. (2011): Pleistocene Glaciations of Czechia. In: Ehlers, J., Gibbard, P. L. Hughes, P. D. (eds): Developments in Quaternary Science, Vol. 15, Amsterdam, The Netherlands, 37-46.

PATTON, H., HUBBARD, A., ANDREASSEN, K., AURIAC, A., WHITEHOUSE, P. L., STROEVEN, A. P., SHACKLETON, C., WINSBORROW, M., HEYMAN, J., HALL, A. M. (2017): Deglaciation of the Eurasian ice sheet complex. Quaternary Science Reviews, 169, 148-172.

PAVUZA, R., PLAN, L. (2013): Loess caves of Austria – A preview. Cuadernos Laboratoiro Xeoloxico de Laxe, 37, 37, 65-72.

PENCK, A., BRÜCKNER, E. (1909): Die Alpenim Eiszeit-alter. Leipzig: Tauchnitz, 1199 s.

PETERA-ZGANIACZ, J. (2011): Changes in the development of frost wedges in the middle Warta valley deposits (Central Poland). Geologija, 53, 1, 73, 15–20.

PÉWÉ, T. L. (1966): Ice-Wedges in Alaska – Classification, Distribution and Climatic Significance. In: National Research Council publication. National Academy of Science. Permafrost International Conference Proceedings, Lafayette, Indiana, 1287, 76-82.

PIFFL, L (1951): Abschnitt Krems-Wien – Die Exkursion von Krems bis Absberg. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt – Sonderhefte, 4, 70–78.

PIFFL, L. (1964): Der Wagram des Tullner Beckens. Der Sonderabdruck aus den Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt Heft 2, Wien.

PLUG, L. J., WERNER, B. T. (2002): Nonlinear dynamics of ice wedge networks and resulting sensitivity to severe cooling events. Nature, 417, 929–933.

POSER, H. (1948): Boden – und Klimaverhaltnisse in Mittel – und Westeuropa wahrend der Würmeiszeit. Erdkunde, 2, 53-68. In: Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Kern, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. Quaternary International, 415, 241–252.

RAILSBACK, L. B., GIBBARD, P. L., HEAD, M. J., C, VOARINTSOA, N. R. G., TOUCANNE, S. (2015): An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the climatostratigraphic nature of isotope stages and substages. Quaternary Science Reviews, 111, 94-106.

RAILSBACK, L. B., XIAO, H., LIANG, F., AKERS, P. D., BROOK, G. A., DENNIS, W. M. (2014): A stalagmite record of abrupt climate change and possible Westerlies-derived atmospheric precipitation during the Penultimate Glacial Maximum in northern China. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 393, 30–44.

RDZANY, Z. (2014): Stages of evolution of the glacial landsystem in Central Poland after Warta Glaciation (Late Saalian). Konferencia: 8. vedecká konferencia Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV 6-8.10.2014, Snina.

REITNER, J. M. (2013): The effect of Climate Change during the Lateglacial in the Hohen Tauern. Conference: 5th Symposium for Research in Protected Areas, 10-12 June 2013, Mittersill. Volume: Conference Volume for Research in Protected Areas, 653-658.

RIEDL, H. (1965): Beiträge zur Morphogenese des Seewinkels. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, 34, 5–28.

RICHTER, J. (2016): Leave at the height of the party: A critical review of the Middle Paleolithic in Western Central Europe from its beginnings to its rapid decline. Quaternary International, 411, 107-128.

ROSKOSCH, J., WINSEMANN, J., POLOM, U., BRANDES, C., TSUKAMOTO, S. WEITKAMP, A., BARTHOLOMÄUS, W. A., HENNINGSEN, D., FRECHEN, M. (2015): Luminescence dating of ice-marginal deposits in northern Germany: Evidence for repeated glaciations during the Middle Pleistocene (MIS 12 to MIS 6). Boreas, 44, 103-126.

ROSS, N., HARRIS, C., BRABHAM, P. J., SHEPPARD, T. J. (2011): Internal Structure and Geological Context of Ramparted Depressions, Llanpumsaint, Wales. Permafrost and Periglacial Processes, 22, 291-305.

RUNGALDIER, R. (1960): Der Löß in Niederösterreich, seine Bedeutung und Verbreitung. Jahrbuch für Landeskunde von Niederösterreich, 34, 20-35.

RUSZKICZAY-RÜDIGER, Z., KERN, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. Quaternary International, 415, 241–252.

SAEY, T., VAN MEIRVENNE, M., TRINKS, I., DE SMEDT, P., VERHOEVEN, G., NEUBAUER, W. (2013): Integrating multi-receiver EMI measurements to characterize the soil-landscape around the school of gladiators, Carnuntum. Conference: 10th International Conference on Archaeological Prospection, Vienna, Austria.

SALCHER, B. C., WAGREICH, M. (2010): Climate and tectonic controls on Pleistocene sequence development and river evolution in the Southern Vienna Basin (Austria). Quaternary International, 222, 154–167.

SARAIVA, J., PINA, P., BANDEIRA, L., ANTUNES, J. (2009): Polygonal networks on the surface of Mars; applicability of Lewis, Desch and Aboav-Weaire laws. Philosophical Magazine Letters, 89, 3, 185-193.

SEBE, K., ROETZEL, R., FIEBIG, M., LÜTHGENS, C. (2015): Pleistocene wind system in eastern Austria and its impact on landscape evolution. Catena, 134, 59–74.

SEGUINOT, J., IVY-OCHS, S., JOUVET, G., HUSS, M., FUNK, M., PREUSSER, F. (2018): Modelling last glacial cycle ice dynamics in the Alps. The Cryosphere, 12, 3265–3285.

SCHÖNSWETTER, P., STEHLIK, I., HOLDEREGGER, R., TRIBSCH, A. (2005): Molecular evidence for glacial refugia of mountain plants in the European Alps. Molecular Ecology, 14, 3547–3555.

SCHREINER, A. (1997): Einführung in die Quartärgeologie. Zweite Auflage. Stuttgart: Schweizerbart, 257 s.

SLETTEN, R. S., HALLET, B., FLETCHER, R. C. (2003): Resurfacing time of terrestrial surfaces by the formation and maturation of polygonal patterned ground. Journal of Geophysical Research, 108, 4, 8044.

SLY, P. G., PRIOR, J. W. (1984): Late glacial and postglacial geology in the Lake Ontario basin. Canadian Journal of Earth Sciences, 21, 7, 802–821.

SPÖTL, C., MANGINI, A. (2002): Stalagmite from the Austrian Alps reveals Dansgaard-Oeschger events during istotope stage 3: implications for the absolute chronology of Greenland ice cores. Earth and Planetary Science Letters, 203, 1, 507-518.

SPÖTL, C., MANGINI, A., RICHARDS, D. A. (2006): Chronology and paleoenvironment of Marine Isotope Stage 3 from two high-elevation speleothems, Austrian Alps. Quaternary Science Reviews, 25, 1127–1136.

SPRAFKE, T. (2016): Löss in Niederösterreich – Archiv quartärer Klima – und Landschaftsveränderungen. Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Philosophische Fakultät. Gutachter: Prof. Dr. Birgit Terhorst, Prof. Dr. Manfred Frechen.

STRAUSS, J., SCHIRRMEISTER, L., GROSSE, G., FORTIER, D., HUGELIUS, G., KNOBLAUCH, C., ROMANOVSKY, V., SCHÄDEL, C., DEIMLING, T. S., SCHUUR, E. A. G., SHMELEV, D., ULRICH, M., VEREMEEV, A. (2017): Deep Yedoma permafrost: A synthesis of depositional characteristics andcarbon vulnerability. Earth-Science Reviews, 172, 75–86.

STROEVEN, A. P., HÄTTESTRAND, C., KLEMAN, J., HEYMAN, J., FABEL, D., FREDIN, O., GOODFELLOW, B. W., HARBOR, J. M., JANSEN, J. D., OLSEN, L. R., CAFFEE, M. W., FINK, D., LUNDQVIST, J., ROSQVIST, G. C., STRÖMBERG, B., JANSSON K. N. (2016): Deglaciation of Fennoscandia. Quaternary Science Reviews, 147, 91-121.

SÜMEGI, P., KROLOPP, E. (2002): Quatermalacological analyses for modeling of the Upper Weichselian palaeoenvironmental changes in the Carpathian Basin. Quaternary International 91, 53–63.

SVENDSEN, J. I., ALEXANDERSON, H., ASTAKHOV, V. I., DEMIDOV, I., DOWDESWELL, J. A., FUNDER, S., GATAULLIN, V., HENRIKSEN, M., HJORT, C., HOUMARK-NIELSEN, M., HUBBERTEN, H. W., INGÓLFSSON, Ó., JAKOBSSON, M., KJÆR, K. H., LARSEN, E., LOKRANTZ, H., LUNKKA, J. P., LYSÅ, A., MANGERUD, J., MATIOUCHKOV, A., MURRAY, A., MÖLLER, P., NIESSEN, F., NIKOLSKAYA, O., POLYAK, L., SAARNISTO, M., SIEGERT, C., SIEGERT, M. J., SPIELHAGEN, R. F., STEIN, R. (2004): Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. Quaternary Science Reviews, 23, 11-13, 1229-1271.

SZUMAN, I., CZERNECKI, B. (2011): Is the coarse-grid Global Climate Model a useful tool for regional paleoclimate reconstruction? Quaestiones Geographicae, 30, 1, 115–121.

TERHORST, B., SEDOV, S., SPRAFKE, T., PETICZKA, R., MEYER-HEINTZE, S., KÜHN, P., REBOLLEDO, E. S. (2015): Austrian MIS 3/2 loess–palaeosol records—Key sites along a west–east transect. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 418, 43–56.

TERHORST, B., THIEL, C., PETICZKA, R., SPRAFKE, T., FRECHEN, M., FLADERER, F. A., ROETZEL, R., NEUGEBAUER-MARESCH, C. (2011): Casting new light on the chronology of the loess/paleosol sequences in Lower Austria. E&G Quaternary Science Journal, 60, 2-3, 270-277.

THENIUS, E. (1974): Niederösterreich. Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. Wien: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 280 s.

THIEL, C., BUYLAERT, J.-P., MURRAY, A. S., TERHORST, B., HOFER, I., TSUKAMOTO, S., FRECHEN, M. (2011): Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol. Quaternary International, 234, 23–31.

THIEL, C., HORVÁTH, E., FRECHEN, M. (2014): Revisiting the loess/palaeosol sequence in Paks, Hungary: A post-IR IRSL based chronology for the 'Young Loess Series'. Quaternary International, 319, 88-98.

TOUCANNE, S., ZARAGOSI, S., BOURILLET, J.F., GIBBARD, P.L., EYNAUD, F., GIRAUDEAU, J., TURON, J.L., CREMER, M., CORTIJO, E., MARTINEZ, P., ROSSIGNOL, L. (2009): A 1.2 Ma record of glaciation and fluvial discharge from the West European Atlantic margin. Quaternary Science Reviews, 28, 25-26, 2974–2981.

TRIBSCH, A., SCHÖNSWETTER, P. (2003): In search for Pleistocene refugia for mountain plants: patterns of endemism and comparative phylogeography confirm palaeo-environmental evidence in the Eastern European Alps. Taxon, 52, 477–497.

TYLMANN, K., RINTERKNECHT, V. R., WOŹNIAK, P. P., BOURLÈS, D., SCHIMMELPFENNIG, I., GUILLOU, V., ASTER TEAM (2019): The Local Last Glacial Maximum of the southern Scandinavian Ice Sheet front: Cosmogenic nuclide dating of erratics in northern Poland. Quaternary Science Reviews, 219, 36–46.

ÚJVÁRI, G., KOVÁCS, J., VARGA, G., RAUCSIK, B., MARKOVIĆ, S. B. (2010): Dust flux estimates for the Last Glacial Period in East Central Europe based on terrestrial records of loess deposits: a review. Quaternary Science Reviews, 29, 23–24, 3157–3166.

ULRICH, M., HAUBER, E., HERZSCHUH, U., HÄRTEL, S., SCHIRRMEISTER, L. (2011): Polygon pattern geomorphometry on Svalbard (Norway) and western Utopia Planitia (Mars) using high-resolution stereo remote-sensing data. Geomorphology, 134,197–216.

UXA, T., KŘÍŽEK, M., HRBÁČEK, F. (2021): PERICLIMv1.0: a model deriving palaeo-air temperatures from thaw depth in past permafrost regions. Geoscientific Model Development, 14, 1865–1884.

UXA, T., KŘÍŽEK, M., KRAUSE, D., VOHRADSKÝ, L. (2018): Late Pleistocene Ice-Wedge Pseudomorphs and Sand-Wedge Casts in the Czech Republic. In: Fuchs, M. (eds.): Book of Abstracts, Central European Conference on Geomorphology and Quaternary Sciences, Justus-Liebig University, Giessen, Germany, 209.

VAN HUSEN, D. (1997): Geologisch-baugeologische Erfahrungen beim Bau des Eisenbahntunnels Lambach, OÖ. Austrian Journal of Earth Sciences, 90, 137–154.

VAN HUSEN, D. (2011): Quaternary Glaciations in Austria. In: Ehlers, J., Gibbard, P. L. Hughes, P. D. (eds): Developments in Quaternary Science, Vol. 15, Amsterdam, The Netherlands, 15-28.

VAN HUSEN, D., REITNER, J. M. (2011): An Outline of the Quaternary Stratigraphy of Austria. E&G Quaternary Science Journal, 60, 2-3, 366-387.

VAN VLIET-LANOË, B., HALLEGOUËT, B. (2001): European permafrost at the LGM and at its maximal extent. In: Paepe, R., Melnikov, V. P., van Overloop, E., Gorokhov, V. D. (eds.): Permafrost Response on Economic Development, Environmental Security and Natural Resources, 185-194.

VAN VLIET-LANOË, B., MAGYARI, A., MEILLIEZ, F. (2004): Distinguishing between tectonic and periglacial deformations of quaternary continental deposits in Europe. Global and Planetary Change, 43, 1-2, 103-127. In: Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Kern, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. Quaternary International, 415, 241–252.

VANDENBERGHE, J. (2001): Permafrost During the Pleistocene in North West and Central Europe. In: Paepe, R., Melnikov, V. P., van Overloop, E., Gorokhov, V. D.: Permafrost Response on Economic Development, Environmental Security and Natural Resources. Kluwer Academic Publishers 185–194.

VANDENBERGHE, J., FRENCH, H. M., GORBUNOV, A., MARCHENKO, S., VELICHKO, A. A., JIN, H., CUI, Z., ZHANG, T., WAN, X. (2014): The Last Permafrost Maximum (LPM) map of the Northern Hemisphere: Permafrost extent and mean annual air temperatures, 25–17 ka BP. Boreas, 43, 652–666.

VELICHKO, A. A. (1982): Paleogeography of Europe during the last one hundred thousand years (atlas monograph in Russian with English abstract and legends). In: Gerasimov, I.P. (eds.): 14 Planches. Nauka, Moscow, 156. In: Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Kern, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. Quaternary International, 415, 241–252.

VOHRADSKÝ, L. (2013): Rozšíření a morfologie polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových a ledových klínů na území ČR. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha. Vedoucí práce Křížek, M.

WALKER, M., JOHNSEN, S., RASMUSSEN, S. O., POPP, T., STEFFENSEN, J.-P., GIBBARD, P. L., HOEK, W., LOWE, J., ANDREWS, J., BJÖRCK, S., CWYNAR, L., HUGHEN, K., KERSHAW, P., KROMER, B., LITT, T., LOWE, D., NAKAGAWA, T., NEWNHAM, R., SCHWANDER, J. (2009): ormal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. Journal of Quaternary Science, 24, 3–17.

WASHBURN, A. L. (1979): Geocryology: A Survey of Periglacial Processes and Environments. London: Edward Arnold, 406 s.

WASHBURN, A. L. (1980): Permafrost features as evidence of climatic change. Earth Science Reviews, 15, 327-402. In: Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Kern, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. Quaternary International, 415, 241–252.

WEINBERGER, L. (1951): Abschnitt Salzach – Lambach – Exkursion durch das österreichische Salzachgletschergebiet und die Moränengürtel der Irrsee – und Attersee-Zweige des Traungletschers. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Sonderhefte, 4, 7–34.

WEINBERGER, L. (1953): Über glazifluviatile Schotter bei Mauerkirchen und deren Löße. Geologica Bavarica, 19, 231–257.

WEINBERGER, L. (1954): Die Periglazialerscheinungen im österreichischen Teil des eiszeitlichen Salzach-Vorlandgletschers. Studien über die Periglazial-Erscheinungen in Mitteleuropa. Göttinger Geographische Abhandlungen, 15, 17-90.

WEISSL, M., HINTERSBERGER, E., LOMAX, J., LÜTHGENS, C., DECKER, K., HINTERSBERGER, E., LÜTHGENS, C. (2017): Active tectonics and geomorphology of the Gaenserndorf Terrace in the Central Vienna Basin (Austria). Quaternary International, 451, 209-222.

WHITEMAN, C. (2002): Implications of a Middle Pleistocene Ice-wedge Cast at Trimingham, Norfolk, Eastern England. Permafrost and Periglacial Processes, 13, 163–170.

WORSLEY, P. (2014): Ice-wedge growth and casting in a Late Pleistocene, periglacial, fluvial succession at Baston, Lincolnshire. Merican Geologist, 18, 159–170.

WURTH, G., NIGGEMANN, S., RICHTER, D. K., MANGINI, A. (2004): The Younger Dryas and Holocene climate record of a stalagmite from Hölloch Cave (Bavarian Alps, Germany). Journal of Quaternary Science, 19, 3, 291-298.

ZAGWJIN, W. H. (1989): The Netherlands during the Tertiary and the Quaternary. A case history of Coastal Lowland evolution. Geologie en Mijnbouw, 68, 107-120.

ZIELIŃSKI, T. (2007): The Pleistocene climate-controlled fluvial sedimentary record in the Bełchatów mine (central Poland). Sedimentary Geology, 193, 1, 203-209.

ŽÁK, K., RICHTER, D. K., FILIPPI, M., ŽIVOR, R., DEININGER, M., MANGINI, A., SCHOLZ, D. (2012): Coarsely crystalline cryogenic cave carbonate – a new archive to estimate the Last Glacial minimum permafrost depth in Central Europe. Climate of the Past, 8, 6, 1821-1837.

Internetové a datové zdroje

Amt der NÖ Landesregierung (2021): NÖ Atlas. Dostupné z: <https://atlas.noe.gv.at/atlas/portal/noe-atlas/map/Planung%20und%20Kataster/Grundst%C3%BCcke> [cit. 5. 5. 2021]

BECKER, D., VERHEUL, J., ZICKEL, M., WILLMES, C. (2015): LGM paleoenvironment of Europe – Map. CRC806-Database. Dostupné z: <doi: 10.5880/SFB806.15.> [cit. 10. 10. 2021]

BECKER, D., VERHEUL, J., ZICKEL, M., YENER, Y., WILLMES, C. (2016): Climate Data 30-13 ka GIS Dataset. CRC806-Database, Dostupné z: <doi: 10.5880/SFB806.21> [cit. 10. 10. 2021]

BECKER, D., WILLMES, C. (2015): LGM Glaciation extends in the european alpine region. Dostupné z: <https://crc806db.uni-koeln.de/layer/show/7/> [10. 3. 2022]

BIRKS, J. (2011): The Evolutionary Legacies of the Quaternary Ice Ages. University of Bergen, Nordforsk PhD Course, Abisko. Dostupné z: <https://w2.uib.no/filearchive/evolutionarylegacies.pdf> [cit. 6. 1. 2022]

DINERSTEIN, E., OLSON, D., JOSHI, A., VYNNE, C., BURGESS, N. D., WIKRAMANAYAKE, E., SALEEM, M. (2017): An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. BioScience, 67, 6, 534-545. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014> [cit. 10. 2 2022]

DONNINI, M., MARCHESINI, I., ZUCCHINI, A. (2019): Geo-LiM: a new geo-lithological map for Central Europe (Germany, France, Switzerland, Austria, Slovenia, and Northern Italy) as a tool for the estimation of atmospheric CO2 consumption. Journal of Maps, 16, 2, 43-55. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/suppl/10.1080/17445647.2019.1692082?scroll=top> [cit. 11. 9. 2021]

EEA (2017): EU-DEM (LAEA). Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/elevation/eu-dem/eu-dem-laea> [cit. 10. 5. 2021]

EEA (2018): Copernicus, CORINE Land Cover 2018. Dostupné z. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018> [cit. 5. 2. 2021]

European Soil Data Centre – ESDAC (2020): LUCAS 2015 TOPSOIL data. Dostupné z: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/lucas2015-topsoil-data> [cit. 8. 1. 2021]

Geologische Bundesanstalt (2021): Web Services. Geologische Karte der Republik Österreich. Dostupné z: <https://www.geologie.ac.at/services/web-services> [cit. 10. 1. 2022]

INSPIRE Geoportal Österreich (2013): Agricultural Soil Map of Austria, 1 : 200 000. Dostupné z: <https://geometadatensuche.inspire.gv.at/metadatensuche/srv/ger/catalog.search#/metadata/b04525b0-ff45-4445-940a-ab48e43ada1c> [cit. 14. 2. 2022]

LINDGREN, A., HUGELIUS, G., KUHRY, P., CHRISTENSEN, T. R., VANDENBERGHE, J. (2016): GIS-based Maps and Area Estimates of Northern Hemisphere Permafrost Extent during the Last Glacial Maximum. Permafrost and Periglacial Processes, 27, 6–16. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ppp.1851> [cit. 1. 2. 2022]

LISIECKI, L. E., RAYMO, M. E. (2005), A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic d18O records, Paleoceanography, 20, PA1003. Dostupné z: <doi:10.1029/2004PA001071> [cit. 9. 2. 2022].

NETT, J., PÖTTER, S. (2021). Presenting a new European Loess Map. Climate: Past, Present & Future. Dostupné z: <https://blogs.egu.eu/divisions/cl/2021/03/31/presenting-a-new-european-loess-map/> [cit. 6. 3. 2022]

OBU, J., WESTERMANN, S., KÄÄB, A., BARTSCH, A. (2018): Ground Temperature Map, 2000-2016, Northern Hemisphere Permafrost. Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, PANGAEA. Dostupné z: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.888600> [cit. 15. 2. 2021]

Open Data Österreich (2021): Katalogsuche, Daten. Dostupné z. <https://www.data.gv.at/suche/> [cit. 10. 1. 2021]

RUDDY, M. (2017): Plot of a Late Quaternary marine oxygen isotope curve. R script. <http://www.stage5e.com/resources/lisiecki-raymo-d18o-late-quaternary/> [cit. 11. 2. 2022].

TALLAVAARA, M., LUOTO, M., KORHONEN, N., SEPPÄ, H. (2015): Human population dynamics in europe over the last glacial maximum. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112, 27, 8232-8237. Dostupné z: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1503784112#supplementary-materials> [cit. 3. 2. 2022]

ULRICH, M., GROSSE, G., STRAUSS, J., SCHIRRMEISTER, L. (2020A): Mapped ice wedge polygon patterns from GeoEye-1, WorldView-1, 2008-2010 at four sites in Siberia and Alaska. PANGAEA. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.919936> [cit. 25. 3. 2022]

ULRICH, M., HÄRTEL, S., HAUBER, E. (2020B): Mapped polygon pattern geomorphometry from HRSC-AX, 2009, Adventdalen, Svalbard. PANGAEA. Dostupné z: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.921087> [cit. 25. 3. 2022]

VANDENBERGHE, J., ISARIN, R.F.B. VAN HUISSTEDENAND, J. (1998) Paleo-periglacial phenomena in Northwestern Europe, Version 1. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. Dostupné z: <https://doi.org/10.7265/vt3z-8663> [cit. 10. 2. 2022]

VERHEUL, J., ZICKEL, M., BECKER, D., WILLMES, C. (2015): GM major inland waters of Europe – GIS dataset. CRC806-Database. Dostupné z: <doi: 10.5880/SFB806.14> [cit. 10. 10. 2021]

Software

ESRI (2019): ArcGIS Desktop, ArcMap, verze 10.7.11595.

Google (2021): Google Earth Pro, verze 7.3.4.8248.

Microsoft Corporation (2017): Microsoft Office 365 ProPlus, MS Excel, MS Word.

QGIS Development Team (2021): QGIS, Open Source Geospatial Foundation Project, verze 3.20.1.

RStudio Team (2021): The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86, verze 4.1.2.

ZONER Software (2016): Zoner Photo Studio X, verze 19.2109.2.35.

Seznam obrázků, tabulek a příloh

Seznam obrázků

Obrázek 1: Globální chronostratigrafická tabulka pleistocénu (Gibbard a Cohen 2008, upraveno). **4**

Obrázek 2: Křivka marinního záznamu izotopického vývoje $\delta^{18}O$ za posledních ~430 ka (Vytvořeno v RStudiu na základě scriptu podle Ruddy 2017 a dat Lisiecki a Raymo 2005, upraveno). Vyznačeny epizody dílčích glaciálů, vrcholné fáze posledních dvou (PGM, LGM) a hlavní etapy vývoje reliktních mrazových klínů na území Evropy podle různých zdrojů ([1]Whiteman 2002, [2,5]Lauer a Weiss 2018, [3,4]Marks et al. 2019, [6]Ghysels a Heyse 2006, [7]Ewertowski et al. 2017). Období vzniku pseudomorfóz mrazových klínů vyznačeno absolutně (provedena některá z metod absolutního datování, zaokrouhleno na střední hodnoty) nebo odkazem k odpovídající MIS (12-2). **6**

Obrázek 3: Schéma profilu hlavních fluviálních teras alpského předpolí od nejmladší: NT: Niederterrasse, HT: Hochterrasse, JD: Jüngere Deckenschotter, ÄD: Ältere Deckenschotter. 1: Nezvětralý štěrk, 2: Konglomerát glaciálních eratik. 3: „Zvětralinové žíly", 4: Před-kvartérní podloží (van Husen a Reitner 2011). **6**

Obrázek 4: A: Glacitektonicky modifikovaný horizont u Triminghamu s dobře zřetelnou pseudomorfózou ledového klínu a projevy kryoturbace (Whiteman 2002). **B:** Ukázka odkryté pseudomorfózy mrazového klínu z před-eslterské doby na jedné z vyšších spodně pleistocenních teras v povrchovém dolu Gröbern v Německu (Eissmann 2002). **8**

Obrázek 5: Rekonstrukce jižního zásahu skandinávského kontinentálního ledovce ve východním Německu během tří posledních glaciálů a některých jejich dílčích fází. Starší elster odpovídá zalednění MIS 16 (někdy se řadí do kromerského komplexu), mladší elster lze korelovat s MIS 12, starší sálské zalednění odpovídá stadiálu Drenthe (PGM), mladší stadiálu Warthe (oboje MIS 6) a fáze viselského zalednění odpovídá LGM (Lauer a Weiss 2018). **10**

Obrázek 6: Porovnání zalednění Eurasie skandinávským ledovcem během LGM (MIS2, vlevo) a PGM (MIS 6, vpravo) se znázorněním maximální kvartérního zalednění během MIS 16. Z map je patrné, že přestože na území střední Evropy nedosáhlo zalednění v PGM maximální rozlohy, dostalo se nejjižněji (Svendsen et al. 2004). **13**

Obrázek 7: Ablační zóna SV části alpského zalednění během čtyř posledních glaciálů (van Husen a Reitner 2011). **13**

Obrázek 8: Ukázka středoevropských pseudomorfóz ledových klínů vzniklých během různých fází sálského komplexu a pestrosti jejich výplně a geologického substrátu do kterého jsou vloženy **A:** Pseudomorfóza ledového klínu z ranné fáze sálského komplexu vložená do glacilakustrinních sedimentů v hlavní sálské terase (Eissmann 2002) **B:** Pseudomorfóza ledového klínu a projevy kryoturbace umístěné do fluviálních štěrků hlavní sálské terasy řeky Munde v JZ části povrchového dolu Delitzsch (Junge et al. 2008). **C:** Hluboká syngenetická pseudomorfóza mrazového klínu z období zalednění Warty ve středním Polsku (Rdzany 2014). **16**

Obrázek 9: Rekonstrukce deglaciace jižního okraje Skandinávie od LGM. Nejjižnější limit - Lešno-Braniborská fáze (~22 ka, LGM), tučně červeně - dočasné zamezení ústupu zalednění v mladším dryasu (~12,7 ka) a žlutě – zalednění v preboreálu. Stáří založeno na kombinaci více než 1300 datovaných vzorků sedimentu metodami ^{14}C, ^{10}Be, ^{26}Al a OSL (Stroeven et al. 2016). **17**

Obrázek 10: Paleoenvironmentální rekonstrukce prostředí Evropy během LGM/LPM. Znázorněno rozšíření sprašové, aluviální a fluviální depozice. Dále rovněž předpokládaná hranice souvislého a nesouvislého permafrostu, rozsah zalednění, severní hranice lesa a bávalé říční kanály na obnažených kontinentálních šelfech. Z mapy je patrný úzký pás podél východního okraje Rakouska, který se během LPM již možná nacházel mimo zónu souvislého permafrostu stejně jako nejižnější části Slovenska (Nett a Pötter 2021). **18**

Obrázek 11: Neúplná periglaciální evidence svrchně pleistocenního permafrostu či sezóně zmrzlé půdy ve střední a západní Evropě. Označené lokality představují vybrané datované psedomorfózy na území Německa, Polska, Česka, Slovenska a Maďarska a jejich čísla odpovídají záznamům v tabulce (Tabulka 2). Zdroje: Neoznačené lokality - Vandenberghe et al. 1998; označené lokality – viz. Tabulka 2. **19**

Obrázek 12: Ukázka vybraných lokalit nejvýznamnějších paleoklimatických proxy archivů posledního glaciálu v alpském regionu a přilehlých oblastech. Zelené čtverce: spraše, červené kruhy: spelotémy, modré křížky: ledovce a morény, zelené kruhy: letokruhy stromů, modré trojúhelníky: jezera, černé trojúhelníky: plošiny paleojezer a rašelina (Heiri et al. 2014). **21**

Obrázek 13: Vývoj svrchně pleistocenního klimatu Rakouska pohledem různých záznamů korelovaný s izotopickým vývojem $\delta^{18}O$ v Grónském ledovci – modrá křivka (projekt NorthGRIP). Ostatní křivky představují shodný trend izotopického vývoje v sintrech severoalpských jeskynní. Černé pruhy značí spolehlivě prokazatelný rozvoj horského zalednění. Šedé pruhy poukazují na předpokládaný rozvoj horského zalednění. Modrý pruh značí období zásadního rozvoje permafrostu a hlavní fázi ukládání spraše v Dolních Rakousech. Zelené pruhy představují období, během kterých nebyla hlavní údolí a pánve východních Alp zaledněná (Auer et al. 2014). **22**

Obrázek 14: Rekonstrukce nejasné jižní hranice středoevrospkého permafrostu na území Panonské pánve během LPM/LGM na základě různých zdrojů podle Ruszkiczay-Rüdiger a Kern (2016). Spojitou linií je vyjádřena hranice souvislého permafrostu, přerušovaná linie vyjadřuje jižní okraj nesouvislého permafrostu a tečkovaná linie hranici sporadického permafrostu. Md: Maarleveld (1976); Mk: Maruszczak (1987); Pr: Poser (1948); VVL: Van Vliet-Lanoë et al. (2004); Van: Vandenberghe et al. (2014); Vo: Velichko (1982); Wn: Washburn (1980). Někteří autoři (Md, Pr, Vo, Wn) mezi jednotlivými typy permafrostu nerozlišovali, zde vyjádřeno jako hranice nesouvislého permafrostu. V: Vídeň, Br: Bratislava, Bp: Budapešť, Z: Záhřeb, Be: Bělehrad, Bu: Bukurešť. **23**

Obrázek 15: Soustava horského zalednění Alp během LGM s vyznačenými hlavními piedmontními ledovci (Ivy-Ochs 2015). **25**

Obrázek 16: Komplexní pohled na vývoj klimatu a zalednění Rakouska od konce LGM do mladšího dryasu. Modrá křivka: Vývoj procentuálního zastoupení $\delta^{18}O$ ve vrtném ledovcovém jádru NorthGRIP v Grónském ledovci (ostatní údaje jsou s tímto záznamem korelované). Zelená křivka: Izotopický vývoj $\delta^{18}O$ ve vápenatých schránkách lasturnatek v dnových sedimentech jezera Mondsee. Červená křivka: Vývoj červencové teploty v Malojském průsmyku ve Švýcarsku.„Modré misky“ poukazují na velikost snížení linie rovnovážné sněhové bilance oproti roku 1850 (vrchol LIA) pro základní alpské regiony, přerušovanou čárou je vyjádřena nejistota (Auer et al. 2014). **26**

Obrázek 17: Nákres dochovaných sprašových sérií s organickými horizonty paleopůdy v okolí Kremže zachycuje vývoj kvartérního klimatu Rakouska v podobě střídání chladných/aridních a teplých/humidních podmínek od báze středního pleistocénu. Tmavší horizonty jsou převážně zbytky fosilních černozemí a hnědozemí, které poukazují na pedogenezi v období kdy panovaly mírnější interglaciální nebo případně interstadiální podmínky. Naopak světle žluté horizonty představují samotný eolický sprašovový sediment bohatý na $CaCO_3$ akumulující se během chladných pleniglaciálů. Světlé šedé/modré horizonty jsou převážně charakteristické půdní typy tundry – kryosoly a glejsoly a z uvedených horizontů mají klimaticky nejblíže k podmínkám permafrostu. Římskými číslicemi jsou označeny konrétní souvrství pedokomplexů, jejichž skladba je odrazen specifického vývoje klimatických a lokálních sedimentárních podmínek v dané době. Tyto půdní komplexy jsou vzájemně korelovány s jejich časovými protějšky z jiných rakouských lokalit a s danými MIS (Sprafke 2016). **27**

Obrázek 18: A: Rozšíření spraší na území Rakouska. Lokality 1, 2 a 3 představují referenční oblasti konrétního typu sprašové krajiny: 1 - Gunderding (vlhká), 2 - Kremže (přechodná) a 3 - Stillfried (suchá sprašová krajina; Pavuza a Plan 2013, upraveno na základě Terhorst et al. 2015). **B:** Pravděpodobná podoba středoevropské pleniglaciální sprašové stepi s klimaticky nenáročnými zástupci Artemisia a Chenopodiaceae (Birks 2011). **29**

Obrázek 19: Korelace vývoje izotopického složení $d^{18}O$ z Grónského ledovce (modře), a ostrakod z jezer Mondsee (Horní Rakousy) a Ammersee (Bavorsko). Zachycené období představuje fázi pozdního glaciálu se zachyceným posledním chladným výkyvem v mladším dryasu. Období závěru glaciálu je spjato se závěrečnou degradací permafrostu a termokrasovou aktivitou ve vídeňské pánvi (Lauterbach et al. 2011). **30**

Obrázek 20: Náplavový kužel řeky Piesting na západě vídeňské pánve odráží změnu erozně-sedimentačních podmínek mezi MIS 2 (hrubozrnné štěrky) a MIS 3 (jemnozrná laminace; Salcher a Wagreich 2010). **32**

Obrázek 21: Současné pokrytí území Rakouska geologickým mapováním. Pro symboly týkající se periglaciálních forem reliéfu byla využita mapa měřítka 1 : 50.000, která nepokrývá celé území a zejména chybí pokrytí severní části Moravského pole, kde je předpokládána vysoká četnost periglaciálních forem reliéfu (Kreynmar 2013). **.....33**

Obrázek 22: Území Rakouska s vyznačenými oblastmi příhodných přírodně-kulturních podmínek pro identifikaci polygonálních sítí pseudomorfóz (oranžově). Červené body představují 100 náhodně vygenerovaných čtverců 1x1 km (zvětšeno) v těchto příhodných oblastech. Testování kvality ortofot za účelem nálezu pseudomorfóz, proběhlo na území Dolních Rakous, které má nejvýhodnější přírodně-kulturní predispozice a více volně dostupných snímků v porovnání s jinými spolkovými zeměmi (66 čtverců ze 100). Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.**.....36**

Obrázek 23: Ukázka ze skupiny tvarů kategorie 6. **A:** Čarodějné kruhy ve vegetaci. **B:** Erozní rýhy způsobující degradaci orné půdy. **C:** Polygonální projev vegetace, který však nepředstavuje pseudomorfózy. Z dalších tvarů lze uvést torza základů zaniklých budov či fluviální nánosy. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).**.....40**

Obrázek 24: Hlavní proměnné určující morfologii polygonu. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.**.....43**

Obrázek 25: Hlavní komponenty vstupující do výsledné databáze: Letecké snímky (vizualizace lokalit, vektorizace polygonů), polygony v lokalitách (zpracování geometrie a základních metrik), centroidy lokalit (vyznačení souřadnic lokality), DEM 10m (nadmořská výška, podklad pro morfometrickou analýzu reliéfu), sklonitost (sklon polygonů), expozice (expozice sklonu polygonů), geologická mapa (geologický podklad, geomorfologická poloha, bodové lokalizace mapových pseudomorfóz a kryoturbací), CLC 2018 (krajinný pokryv), půdní sondy LUCAS Topsoil (interpolace půdních informací, případné doplnění detailnějších půdních charakteristik v oblasti), půdní mapa 1 : 200 000 (dominantní půdní typ, hrubé měřítko).**.....44**

Obrázek 26: Fyzickogeografická mapa Rakouska s vyznačenými přírodními regiony. Hlavním zájmovým regionem je zejména Panonská pánev (na území Rakouska její okrajová západní část – vídeňská pánev), částečně také jihovýchodní předpolí Alp, severní alpské předpolí a okrajově rovněž severní žulové a rulové vrchoviny Mlýnské čtvrti. Tyto regiony odpovídají spolkovým zemím Dolní Rakousy a Burgenland, Štýrsko a Horní Rakousy, jejichž základní fyzickogeografické podmínky jsou vyznačeny ve vložené tabulce.**.....46**

Obrázek 27: Rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a dalších periglaciálních forem reliéfu pleistocenního permafrostu na území Rakouska na základě literárních a mapových zdrojů. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1.**.....50**

Obrázek 28: Pseudomorfózy vložené do štěrkového materiálu terasy Lehen jsou překryty sprašovým sedimentem a nadložní vrstvou černozemních půd. **A:** Schématické znázornění profilu s pseudomorfózou ledového klínu v lokalitě Fels am Wagram. **B:** Profil dvou menších pseudomorfóz u Engelmannsbrunn (Piffl 1964).**.....53**

Obrázek 29: Terasa Gänserndorfer je v okolí Deutsch-Wagram protkána intenzivní kryoturbací. Na obrázku je znázorněn přibližně 3 m mocný kryoturbační horizont. 1: Nadložní materiál (převážně spraš či jemnozrný písek). 2: Horizontální štěrková vrstva. 3: Drobné klínové struktury, které nejsou pseudomorfózami. 4: Hlavní zóna kryoturbace. 5: Zbytky fosilní půdy modifikované kryoturbací. 6: Hnědý písek jako hlavní materiál výplně. 7: Bazální fluviální štěrk dané terasy (Fink 1955).**.....54**

Obrázek 30: Štěrková formace terasy Schlosshof, která byla odkryta na pravém břehu Moravy v blízkosti soutoku s Dunajem asi 5 km severně od Hainburg an der Donau na východním okraji Moravského pole. Ve svrchní části horizontu do hloubky 3,5 m je patrná intenzivní kryoturbace a míšení středně pleistocenních fluviálních štěrků se svrchně pleistocenními písky a spraší v pravé části snímku. Uvedené hodnoty exaktního stáří s příslušnou odchylkou byly pro jednotlivé vzorky zjištěny na základě metody OSL (Braumann et al. 2018).....**55**

Obrázek 31: Ukázka polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1, jejíž polygony byly součástí souboru určeného ke statistickému zpracování. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).**.....58**

Obrázek 32: Ukázka polygonální sítě pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 2, jejíž polygony nemohly být z důvodu malého počtu součástí polygonů určených ke statistickému zpracování. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021). **.....59**

Obrázek 33: Ukázka polygonální sítě degradovaných nebo hůře viditelných pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 3. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021).**.....59**

Obrázek 34: A: Tříděné strukturní pruhy orientované ve směru sklonu svahu. **B:** Drobné tříděné strukturní sítě. **C:** Deprese potvrzená výškovým profilem a digitálním modelem reliéfu, která je pravděpodobně pozůstatkem po svrchněpleistocenním pingu. Důkazem je přítomnost vyvýšeného valu okolo deprese (ramparted depression) a morfologie okolních polygonů, které jsou k této depresi orientované. V blízkosti se nacházejí nejseverněji nalezené polygonální sítě kategorie 1. **D:** Mozaika dalších pleistocenních periglaciálních tvarů vázaných na permafrost (permafrost-related features) ovlivněná topografií. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021). **60**

Obrázek 35: Rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a dalších periglaciálních forem reliéfu pleistocenního permafrostu na území Rakouska na základě výsledků vlastního šetření. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1. ..... **61**

Obrázek 36: Prostorové rozšíření pseudomorfóz kategorie 1 s vyznačenými shluky A-G (zjištěno nástrojem Kernel Density v ESRI ArcMap 10.7.1), jejichž umístění přímo odpovídá různým pleistocenním fluviálním terasám. **62**

Obrázek 37: Zastoupení polygonů podle nadmořské výšky. Minimální je 149 m n. m., maximální 256 m n. m. **63**

Obrázek 38: A: Průměrný sklon polygonů. **B:** Orientace svahu polygonů vůči světovým stranám. Převážná většina polygonů náleží do rovin (98 %). **64**

Obrázek 39: Detailnější pohled na rozšíření typů sprašové krajiny na území Dolních Rakous a severní části Burgenlandu s vyznačenými skupinami pseudomorfóz mrazových klínů (georeferencováno nad podkladem Loishandl-Weisz a Peticzka 2005, upraveno). **64**

Obrázek 40: A: Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny A. **B:** Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny B. Na obou mapách je doplněn popis okolních geologických poměrů. Lokalitu č. 1 nelze vzhledem k absenci pokrytí mapy zcela spolehlivě vymezit na fluviální terasu. Geologický substrát je pravděpodobně zastoupen štěrky, spraší a eolickými písky (Geologische Bundesanstalt 2021). **65**

Obrázek 41: Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny D. Doplněn popis okolních geologických poměrů a označení hlavních tektonických střižných zlomů (Geologische Bundesanstalt 2021). **66**

Obrázek 42: A: Geologická mapa 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny C. **B:** Geologické mapy 1 : 50 000 a 1 : 200 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny E. Na obou mapách je doplněn popis okolních geologických poměrů (Geologische Bundesanstalt 2021). **67**

Obrázek 43: A: Geologická mapa 1 : 50 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny F. **B:** Geologická mapa 1 : 50 000 se znázorněnými pseudomorfózami skupiny G. Na obou mapách je doplněn popis okolních geologických poměrů (Geologische Bundesanstalt 2021). **68**

Obrázek 44: A: Rozšíření vybraných půdních typů v půdní mapě 1 : 200 000 (INSPIRE Geoportal Österreich 2013) a půdních sond LUCAS Topsoil 2015 (ESDAC 2020) v zájmovém území Dolních Rakous a Burgenlandu. **B:** Krajinný pokryv v Dolních Rakousech a Burgenlandu s výraznou dominancí orné půdy – vyznačena žlutě (CLC 2018). Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1. ..... **69**

Obrázek 45: Sloupcový diagram (screeplot) znazorňující vlastní čísla (eigenvalue) popisující variabilitu hlavních komponent. Je zřejmé, že jednotlivé proměnně se na popisu variability datového souboru rozměrových charakteristik podílejí přibližně stejnou měrou. První hlavní komponenta popisuje 95 % variability. **72**

Obrázek 46: Graf (biplot) zobrazující rozptyl hodnot a vektory jednotlivých proměnných prvních dvou hlavních komponent. První hlavní komponenta vykazuje velmi silný negativní vztah se všemi proměnnými a zejména s obvodem a plochou polygonů. Pozitivní (negativní) vztah mezi druhou komponentou a délkou hlavní (vedlejší osy) je vzhledem k nevýznamnosti této komponenty rovněž zcela zanedbatelný. Indiviudální hodnoty jsou vyobrazeny barevnou stupnicí, číslo označuje ID jednotlivých polygonů. Vektory zastupujících proměných jsou znázorněny černě. **72**

Obrázek 47: Graf hustoty pravděpodobnosti rozdělení hodnot délek vedlejších os vylučuje normalitu dat. **73**

Obrázek 48: Box plot rozložení hodnot délek vedlejších os polygonů v rámci skupin pseudomorfóz. Kruskal-Wallisův test vykazuje statisticky významný rozdíl mezi délkou vedlejších osy polygonů v rámci jednotlivých skupin pseudomorfóz/fluviálních teras A-G (p=2.2e-16). **73**

Obrázek 49: Kruskal-Wallisův test prokazuje rozdíl ve velikosti polygonů s ohledem na nadmořskou výšku ($p<0.05$). Pohledem grafického znazornění a vloženého výsledku dvouvýběrového párového Wilcoxonova testu se délka vedlejších os do nadmořské výšky 170 m n. m. téměř nemění ($p>0.05$). **74**

Obrázek 50: Celková korelační matice zjišťovaných údajů o polygonech (n=2560, p=0.05). Jsou zahrnuty základní metriky (obvod, plocha, délka hlavní a vedlejší osy), tvarové charakteristiky (poměr os vyjadřující protažení polygonu, azimut protažení, počet stran) a údaje a geografické poloze a topografii reliéfu (souřadnice centroidů, orientace svahů vůči světovým stranám, sklon, nadmořská výška). Interpretace síly korelace: $r<0.2$ zanedbatelný vztah, $0.2<r<0.4$ nepříliš těsný vztah, $0.4<r<0.7$ středně těsný vztah, $0.7<r<0.9$ velmi těsný vztah, $r>0.9$ extrémně těsný vztah). Statisticky nesignifikantní vztahy jsou přeškrtnuty. **75**

Obrázek 51: Sloupcový graf znázorňující zastoupení polygonů podle počtu jejich stran. Zcela převládají hexagonální a pentagonální polygony. Naopak trojúhelníkové, dekagonální a polygony o 11 stranách dohromady představují pouze necelé 1 % souboru. **76**

Obrázek 52: Exponenciální vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran. **A:** Mezi polygony celého souboru. **B:** Po odfiltrování polygonů o 3, 10 a 11 stranách, které obsahují odlehlé hodnoty a tvoří pouze 0.86 % z celku. **76**

Obrázek 53: Zastoupení polygonů v jednotlivých lokalitách (lokality č. 1-55) podle počtu jejich stran (3-11). **77**

Obrázek 54: Histogram zastoupení třídních četností poměru délek hlavních a vedlejších os polygonů. **78**

Obrázek 55: Kruskal-Wallisův test neprokazuje rozdíl v protažení polygonů na rovině a na svazích ($p>0.05$). **78**

Obrázek 56: Sloupcový graf znázorňující počet symetrických (červeně) a protažených polygonů (modře) podle Ulrich et al. (2011) na základě azimutu jejich protažení. **79**

Obrázek 57: Datované záznamy (^{14}C) nížinné paleo-periglaciální evidence (n=481) svrchně pleistocenního permafrostu na území střední a západní Evropy. Velká část pseudomorfóz není přímo datována, ale pouze vymezena do určitého období (würm III-II, LGM, LPM, mladší dryas apod.), do grafu jsou zaneseny pouze datované vzorky, protože například období LGM spadá do širšího časového intervalu. Omezení spodního limitu ^{14}C datování na přibližně 50-60 ka neumožňuje datovat vzorky ze spodního viselského pleniglaciálu (Vandenberghe et al. 1998, upraveno). **81**

Obrázek 58: Orientační rekonstruovaná MTCM a poloha břehové čáry v Evropě v hlavních fázích svrchního a pozdního viselského glaciálu (Becker et al. 2016, 2015, Tallavaara et al. 2015, upraveno). **A:** Období před LGM (~30 ka). **B:** Vrchol LGM (~21 ka). **C:** Konec mladšího dryasu (~11 ka). Úroveň mořské hladiny: Závěr MIS 3 (-80 m), LGM (-120 m), mladší dryas (-60 m), preboreál (-40 m). Teploty jsou založeny na extrapolaci klimatických dat získaných statistickým downscalingem simulací klimatického modelu CLIMBER-2 a převedeny z tabulky do prostředí GIS. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1 v Lambertově kuželovém zobrazení pro oblast Evropy. **82**

Obrázek 59: A: Dvě generace pseudomorfóz ledových klínů nalezené v Lincolnshire ve Velké Británii. Mladší generací je v tomto případě pravý klín, který svým růstem narušil tvar a výplňový sediment levého (Worsley 2014). **B:** Do starší pseudomorfózy ledového klínu je vložen mladší reliktní písčitý klín – Durtal, Francie (Andrieux et al. 2016). **C:** Rozměrově menší a mladší polygony jsou vloženy do větších a starších pseudomorfóz se širšími vrcholy klínů – Poznaň, Polsko (Ewertowski et al. 2017). **D:** Polygonální sít více generačního vývoje mrazových klínů z lokality č. 5, kde starší a větší pseudomorfózy obklopují mladší generaci. Vytvořeno v Google Earth Pro (2021). **84**

Obrázek 60: Porovnání pozitivního vztahu proloženého exponenciální křivkou mezi počtem stran polygonů (3-10) a jejich průměrnou plochou v rámci zjištěných údaju z Rakouska ($R^2=0.7718$) a stejnými údaji o polygonech pseudomorfóz mrazových klínů v Česku ($R^2=0.9366$) podle Vohradského (2013). **85**

Obrázek 61: Znázornění změny délek vedlejších os polygonů (n=1987) na terasách umístěných v Z-V gradientu v délce přibližně 60 km. Statisticky významný rozdíl středních hodnot délek vedlejších os potvrzuje párový Wilcoxonův test ($p<0.05$) mezi všemi terasami s vyjímkou GDT3 a Schlosshof. **86**

Obrázek 62: A: Bodový graf (n=1987) trendu poklesu délky vedlejší osy polygonů na terasách v Z-V transektu v závislosti na zvyšující se východní zem. délce. **B:** Naznačení mírného poklesu velikosti polygonů v rámci celého souboru (n=2560)

ve směru S-J gradientu. Výstup druhého grafu nelze považovat za průkazný zejména z důvodu rozptýlenosti polygonů v rámci zeměpisné délky (+/- 30 km okolo 16.65° v. d.) a dominantního těžiště shluků mezi 48.2 – 48.35 ° s. š. V obou grafech jsou vyznačeny shluky skupin pseudomorfóz sítí mrazových klínů kategorie 1. **87**

Obrázek 63: Environmentální rekonstrukce prostředí střední a západní Evropy během vrcholu posledního glaciálu (LGM). Znázorněno rozšíření permafrostu (Lindgren et al. 2016), hlavní říční paleokoryta a plochy paleojezer (Verheul et al. 2015) či zalednění Alp (Becker a Willmes 2015). Vlivem rozsáhlého kontinentálního ledovce je plocha pevniny značně zvětšena o obnažené kontinentální šelfy (Zickel et al. 2016). Kontinetální zalednění není vyznačeno, ale přímo navazuje na severní hranici souvislého permafrostu. Dále jsou vyznačeny lokality pseudomorfóz mrazových klínů na základě databází Lindgren et al. 2016, Vandenberghe et al. 1998 a vlastních výsledků. Údaje vlastních výsledků a za lokality č. 1-18 jsou sumarizovány v Tabulce 9. Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1 v Lambertově kuželovém zobrazení pro oblast Evropy. **89**

Obrázek 64: Vybrané ukázky morfologie polygonálních sítí mrazových klínů, které odpovídají lokalitám v Obrázek 65 a Tabulka 11. **A:** Ledové klíny v nesouvislém permafrostu na Sewardově poloostrově (Ulrich et al. 2020A). **B:** Ledové klíny hraničního typu souvislého permafrostu na Svalbardu (Ulrich et al. 2020B). **C:** Ledové klíny v mocném souvislém permafrostu delty Leny na Sibiři (Ulrich et al. 2020A). **D:** Pseudomorfózy ledových klínů v okolí Strasshof an der Nordbahn v Rakousku. Všechny náhledy jsou pro možnost porovnání ve stejném měřítku. Vytvořeno v QGIS 3.20.1 nad podkladovým ortofotem ESRI Satellite (ArcGIS/World_Imagery). **90**

Obrázek 65: MAGT polárních oblastí severní hemisféry za období 2000-2016 (podle Obu et al. 2018). Podmínky pro mrazové pukání a vývoj ledových klínů jsou splněny zhruba při teplotách -5°C a nižších, které lze přibližně přiřadit souvislému permafrostu. Vybrané lokality č. 1-3 odpovídají polygonálním sítím v Obrázek 59 a Tabulka 10. Data: MAGT (Obu et al. 2018), Grónský ledovec (Dinerstein et al. 2017), vybrané lokality ledových klínů (Ulrich et al. 2020A, B). Zpracováno v ESRI® ArcMap™ 10.7.1. Zobrazeno v azimutální ekvidistantní projekci pro oblast severního pólu. **91**

Seznam tabulek

Tabulka 1: Klimatická interpretace forem reliéfu vázaných na souvislý permafrost (Vandenberghe et al. 1998). **5**

Tabulka 2: Středoevropské lokality pseudomorfóz s vybranými základními charakteristikami. Číslo lokality odpovídá oblastem v předchozí mapě (Obrázek 11). Zdroje: č. 1-11: Vandenberghe et al. 1998; č. 12-13: Ewertowski et al. 2017; č. 14: Nyplová a Křížek 2010; č. 15-16, 18: Budek at el. 2013; č. 16-17: Fábián 2013. **20**

Tabulka 3: Orientační vhodnost přírodně-kulturních podmínek zájmových spolkových zemí pro distanční detekci polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů. **35**

Tabulka 4: Výsledky porovnání kvality zdrojů leteckých snímků pro spolkovou zemi Dolní Rakousy v 66 testovacích čtvercích ID 1-66. Ke každému čtverci doplněno, zdali došlo k nálezu sítí, jaká byla kategorie těchto sítí (viz. kap. 4.2.3), kolik je celkem dostupných snímků pro danou oblast, na kolika z těchto snímků lze tvary rozpoznat (v případě vícera vhodných snímků červeně vyznačen nejvhodnější snímek) a kvalita tohoto nejvhodnějšího snímku. Kvalita snímků byla na základě vlastního subjektivního posouzení řazena do dvou kategorií. Kategorie 1: Snímek je velmi kvalitní, ostrý a neobsahuje nežádoucí jevy (špatné světelné podmínky, oblačnost, stíny apod.). Kategorie 2: Zájmové tvary byly nalezeny, ale kvůli nižší kvalitě snímku nebo jiným rušivým vlivům nejsou zřetelně vidět. **37**

Tabulka 5: Základní údaje o rozšíření pseudomorfóz mrazových klínů a další periglaciální evidence na území Rakouska na základě informačních zdrojů (literatury a map). Údaje o geologickém substrátu a geomorfologické poloze byly doplněny ze samotných zdrojů a z geologické mapy 1:50 000 nebo 1:200 000. Informace o nadmořské výšce a poloze je převážně orientační a pokud nebyla obsažena v primárním zdroji je převzata z topografické mapy portálu mapy.cz. Primární údaj o nadmořské výšce je označen "*". **47**

Tabulka 6: Geografické vymezení okrajových polygonů pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1. ..... **62**
Tabulka 7: Vybrané fyzickogeografické aspekty vymezených skupin pseudomorfóz (A-G) podle geologických map rakouského území 1 : 50 000 a 1 : 200 000 – geomorfologická poloha a geologický substrát (Geologische Bundesanstalt 2021), rakouské půdní mapy 1 : 200 000 (INSPIRE Geoportal Österreich 2013), a krajiného pokryvu (CLC 2018). ... **70**
Tabulka 8: Základní morfometrické ukazatele polygonů pseudomorfóz mrazových klínů kategorie 1 (n=2 560). **71**
Tabulka 9: Výsledek dvouvýběrového Wilcoxonova testu přibližující rozdíl mezi páry skupin. Statisticky signifikantní rozdíly (s ohledem na p-hodnotu) mezi páry skupin jsou označeny červeně. **74**
Tabulka 10: Souhrnné charakteristiky polygonálních sítí pseudomorfóz středoevropských zemí na základě lokalit uvedených v Tabulka 2, Obrázek 11 a Obrázek 58. Zdroje: Německo: Vandenberghe et al. 1998; Polsko: Ewertowski et al. 2017, Vandenberghe et al. 1998; Česko: Nyplová a Křížek 2010; Slovensko: Budek at el. 2013; Maďarsko: Budek at el. 2013, Fábián 2013; Rakousko: literární metaanalýza (viz. Kapitola 5.1), vlastní výsledky. **88**
Tabulka 11: Vybrané charakteritiky lokalit s recentně aktivními ledovými klíny Arktidy a pleistocenními pseudomorfózami mrazových klínů z Rakouska. Zdroje: Lokality č. 1 a 3 – Ulrich et al. 2020A, lokalita č. 2 – Ulrich et al. 2020B, lokalita č. 4 – vlastní výsledky. Lokality odpovídají místům z Obrázek 64, Obrázek 65. ..... **91**

Seznam příloh

Příloha 1: Titulní strana katalogu (Google Earth Pro 2021). **121**
Příloha 2: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 1 dostupný z Google Earth Pro (2021). **123**
Příloha 3: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 1. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 1. ..... **123**
Příloha 4: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 1. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 1 podle exponenciální funkce. **123**
Příloha 5: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 2 dostupný z Google Earth Pro (2021). **124**
Příloha 6: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 2. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 2. ..... **124**
Příloha 7: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 2. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 2 podle exponencální funkce. **124**
Příloha 8: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 3 dostupný z Google Earth Pro (2021). **125**
Příloha 9: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 3. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 3. ..... **125**
Příloha 10: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 3. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran polygonů v lokalitě 3 podle exponenciální funkce. **125**
Příloha 11: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 4 dostupný z Google Earth Pro (2021). **126**
Příloha 12: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 4. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 4. ..... **126**
Příloha 13: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 4. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 4 podle exponenciální funkce. **126**
Příloha 14: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 5 dostupný z Google Earth Pro (2021). **127**
Příloha 15: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 5. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 5. ..... **127**
Příloha 16: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 5. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 5 vyjádřený podle exponenciální funkce. **127**

Příloha 17: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 6 dostupný z Google Earth Pro (2021). **128**
Příloha 18: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 6. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 6. ..... **128**
Příloha 19: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 6. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 6 podle exponenciální funkce. **128**
Příloha 20: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 7 dostupný z Google Earth Pro (2021). **129**
Příloha 21: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě **7. Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 7. ..... **129**
Příloha 22: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 7. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 7 podle exponenciální funkce. **129**
Příloha 23: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 8 dostupný z Google Earth Pro (2021). **130**
Příloha 24: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě **8. Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 8. ..... **130**
Příloha 25: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 8. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 8 podle exponenciální funkce. **130**
Příloha 26: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 9 dostupný z Google Earth Pro (2021). **131**
Příloha 27: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 9. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 9. ..... **131**
Příloha 28: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 9. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 9 podle exponenciální funkce. **131**
Příloha 29: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 10 dostupný z Google Earth Pro (2021). **132**
Příloha 30: Vlevo: Vybranné fyzickogeografické údaje o lokalitě 10. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 10. ..... **132**
Příloha 31: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 10. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 10 podle exponenciální funkce. **132**
Příloha 32: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 11 dostupný z Google Earth Pro (2021). **133**
Příloha 33: Vlevo: Vybranné fyzickogeografické údaje o lokalitě 11. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 11. ..... **133**
Příloha 34: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 11. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 11 podle exponenciální funkce. **133**
Příloha 35: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 12 dostupný z Google Earth Pro (2021). **134**
Příloha 36: Vlevo: Vybranné fyzickogeografické údaje o lokalitě 12. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 12. ..... **134**
Příloha 37: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 12. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 12 podle exponenciální funkce. **134**
Příloha 38: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 13 dostupný z Google Earth Pro (2021). **135**
Příloha 39: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 13. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 13. ..... **135**
Příloha 40: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 13. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 13 podle exponenciální funkce. **135**
Příloha 41: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 14 dostupný z Google Earth Pro (2021). **136**
Příloha 42: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 14. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 14. ..... **136**
Příloha 43: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 14. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 14 podle exponenciální funkce. **136**

Příloha 44: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 15 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**137**
Příloha 45: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 15. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 15.....**137**
Příloha 46: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 15. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 15 podle exponenciální funkce.....**137**
Příloha 47: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 16 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**138**
Příloha 48: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 16. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 16.....**138**
Příloha 49: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 16. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 16 podle exponenciální funkce.....**138**
Příloha 50: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 17 dostupný z Google Earth Pro (2022).....**139**
Příloha 51: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 17. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 17.....**139**
Příloha 52: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 17. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 17 podle exponenciální funkce.....**139**
Příloha 53: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 18 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**140**
Příloha 54: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 18. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 18.....**140**
Příloha 55: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 18. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 18 podle exponenciální funkce.....**140**
Příloha 56: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 19 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**141**
Příloha 57: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 19. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 19.....**141**
Příloha 58: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 19. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 19 podle exponenciální funkce.....**141**
Příloha 59: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 20 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**142**
Příloha 60: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 20. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 20.....**142**
Příloha 61: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 20. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 20 podle exponenciální funkce.....**142**
Příloha 62: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 21 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**143**
Příloha 63: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 21. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 21.....**143**
Příloha 64: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 21. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 21 podle exponenciální funkce.....**143**
Příloha 65: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 22 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**144**
Příloha 66: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 22. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 22.....**144**
Příloha 67: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 22. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 22 podle exponenciální funkce.....**144**
Příloha 68: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 23 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**145**
Příloha 69: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 23. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 23.....**145**
Příloha 70: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 23. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 23 podle exponenciální funkce.....**145**

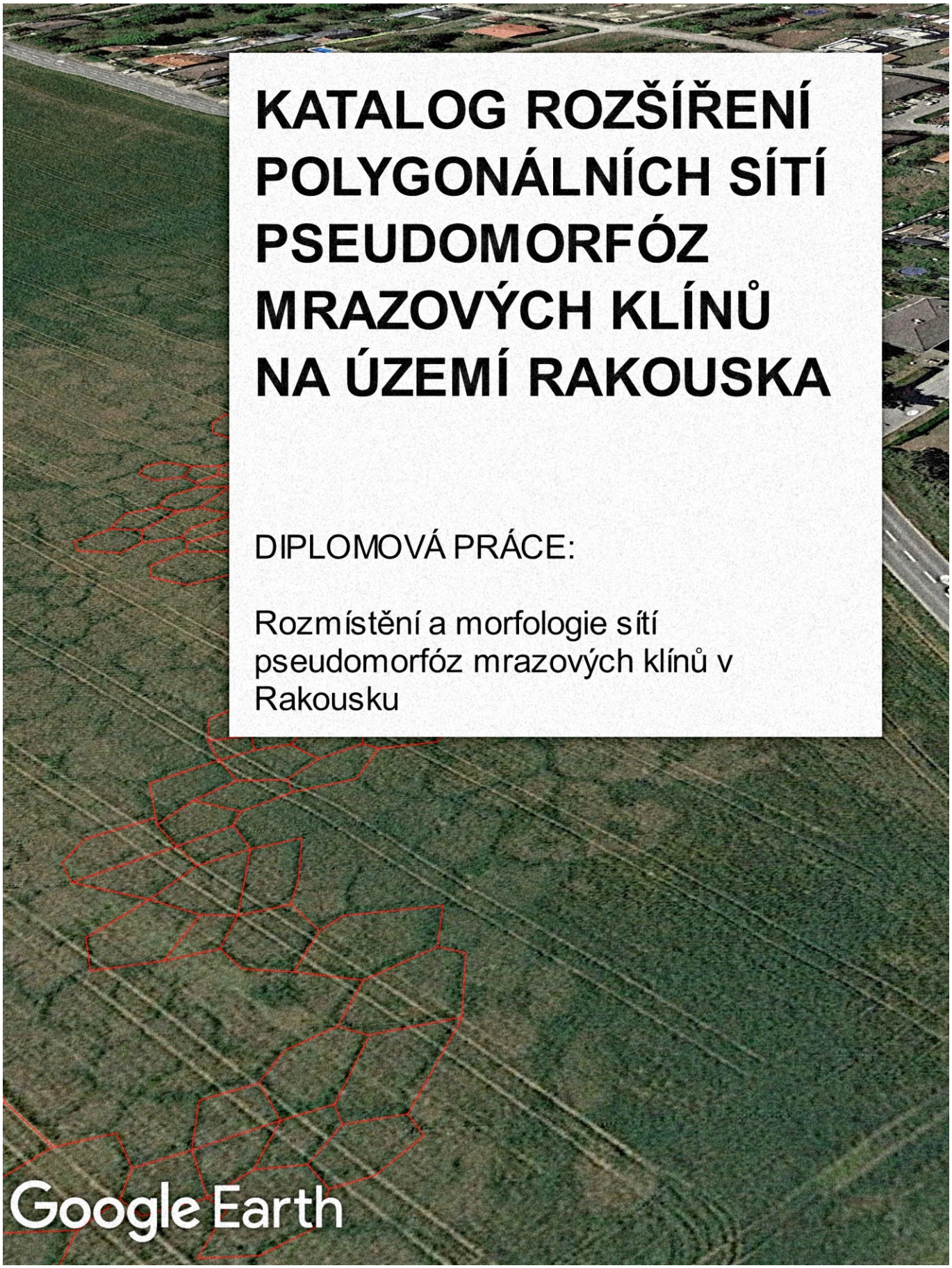
Příloha 71: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 24 dostupný z Google Earth Pro (2021). **146**
Příloha 72: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 24. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 24. ..... **146**
Příloha 73: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 24. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 24 podle exponenciální funkce. **146**
Příloha 74: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 25 dostupný z Google Earth Pro (2021). **147**
Příloha 75: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 25. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 25. ..... **147**
Příloha 76: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 25. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 25 podle exponenciální funkce. **147**
Příloha 77: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 26 dostupný z Google Earth Pro (2021). **148**
Příloha 78: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 26. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 26. ..... **148**
Příloha 79: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 26. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 26 podle exponenciální funkce. **148**
Příloha 80: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 27 dostupný z Google Earth Pro (2021). **149**
Příloha 81: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 27. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 27. ..... **149**
Příloha 82: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 27. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 27 podle exponenciální funkce. **149**
Příloha 83: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 28 dostupný z Google Earth Pro (2021). **150**
Příloha 84: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 28. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 28. ..... **150**
Příloha 85: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 28. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 28 podle exponenciální funkce. **150**
Příloha 86: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 29 dostupný z Google Earth Pro (2021). **151**
Příloha 87: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 29. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 29. ..... **151**
Příloha 88: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 29. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 29 podle exponenciální funkce. **151**
Příloha 89: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 30 dostupný z Google Earth Pro (2021). **152**
Příloha 90: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 30. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 30. ..... **152**
Příloha 91: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 30. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 30 podle exponenciální funkce. **152**
Příloha 92: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 31 dostupný z Google Earth Pro (2021). **153**
Příloha 93: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 31. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 31. ..... **153**
Příloha 94: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 31. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 31 podle exponenciální funkce. **153**
Příloha 95: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 32 dostupný z Google Earth Pro (2021). **154**
Příloha 96: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 32. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 32. ..... **154**
Příloha 97: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 32. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 32 podle exponenciální funkce. **154**

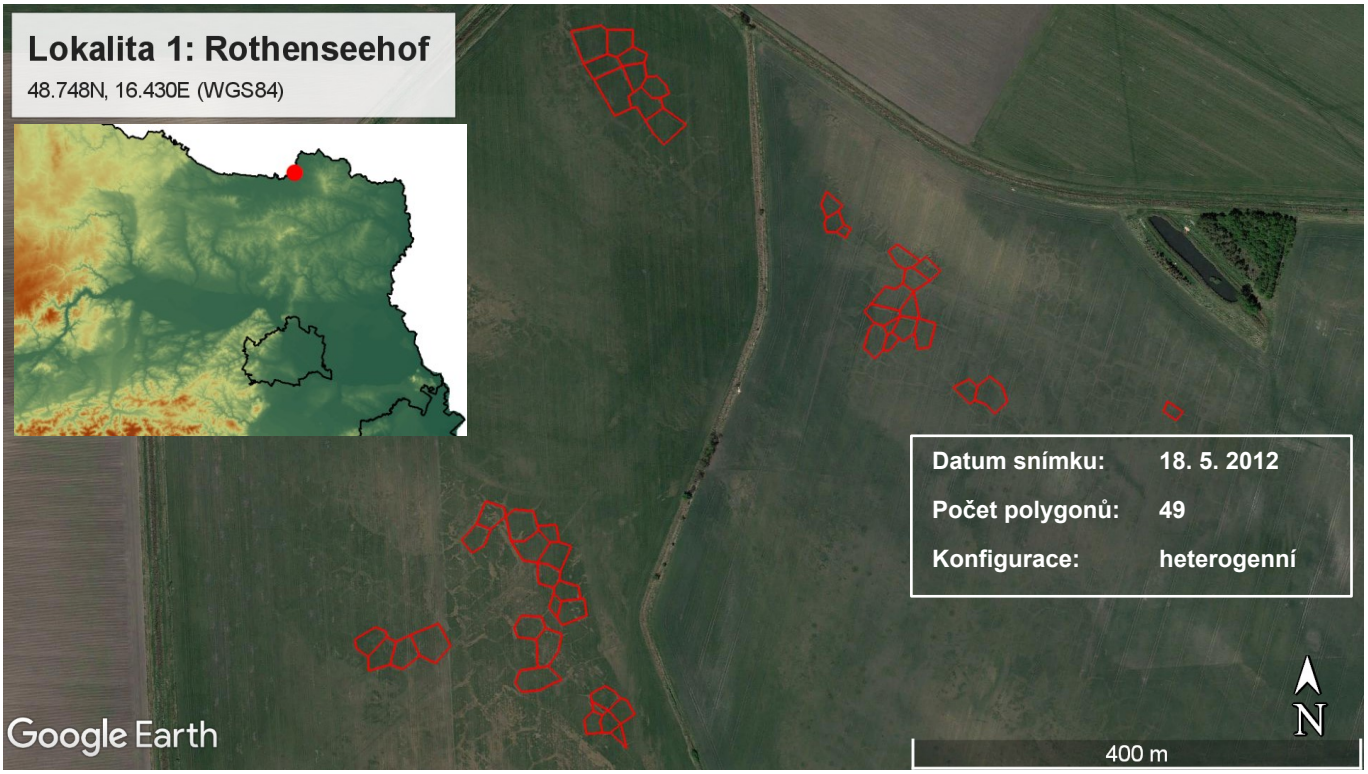
Příloha 98: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 33 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**155**
Příloha 99: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 33. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 33.....**155**
Příloha 100: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 33. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 33 podle exponenciální funkce.....**155**
Příloha 101: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 34 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**156**
Příloha 102: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 34. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 34.....**156**
Příloha 103: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 34. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 34 podle exponenciální funkce.....**156**
Příloha 104: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 35 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**157**
Příloha 105: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 35. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 35.....**157**
Příloha 106: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 35. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 35 podle exponenciální funkce.....**157**
Příloha 107: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 36 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**158**
Příloha 108: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 36. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 36.....**158**
Příloha 109: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 36. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 36 exponenciální podle funkce.....**158**
Příloha 110: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 37 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**159**
Příloha 111: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 37. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 37.....**159**
Příloha 112: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 37. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 37 podle exponenciální funkce.....**159**
Příloha 113: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 38 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**160**
Příloha 114: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 38. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 38.....**160**
Příloha 115: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 38. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 38 podle exponenciální funkce.....**160**
Příloha 116: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 39 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**161**
Příloha 117: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 39. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 39.....**161**
Příloha 118: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 39. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 39 podle exponenciální funkce.....**161**
Příloha 119: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 40 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**162**
Příloha 120: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 40. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínův lokalitě 40.....**162**
Příloha 121: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 40. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 40 podle exponenciální funkce.....**162**
Příloha 122: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 41 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**163**
Příloha 123: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 41. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 41.....**163**
Příloha 124: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 41. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 41 podle exponenciální funkce.....**163**

Příloha 125: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 42 dostupný z Google Earth Pro (2021). **164**
Příloha 126: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 42. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 42. ..... **164**
Příloha 127: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 42. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 42 podle exponenciální funkce. **164**
Příloha 128: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 43 dostupný z Google Earth Pro (2021). **165**
Příloha 129: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 43. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 43. ..... **165**
Příloha 130: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 43. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 43 podle exponenciální funkce. **165**
Příloha 131: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 44 dostupný z Google Earth Pro (2021). **166**
Příloha 132: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 44. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 44. ..... **166**
Příloha 133: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 44. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 44 podle exponenciální funkce. **166**
Příloha 134: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 45 dostupný z Google Earth Pro (2021). **167**
Příloha 135: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 45. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 45. ..... **167**
Příloha 136: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 45. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 45 podle exponenciální funkce. **167**
Příloha 137: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 46 dostupný z Google Earth Pro (2021). **168**
Příloha 138: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 46. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 46. ..... **168**
Příloha 139: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 46. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 46 podle exponenciální funkce. **168**
Příloha 140: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 47 dostupný z Google Earth Pro (2021). **169**
Příloha 141: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 47. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 47. ..... **169**
Příloha 142: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 47. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 47 podle exponenciální funkce. **169**
Příloha 143: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 48 dostupný z Google Earth Pro (2021). **170**
Příloha 144: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 48. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 48. ..... **170**
Příloha 145: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 48. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 48 podle exponenciální funkce. **170**
Příloha 146: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 49 dostupný z Google Earth Pro (2021). **171**
Příloha 147: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 49. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 49. ..... **171**
Příloha 148: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 49. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 49 podle exponenciální funkce. **171**
Příloha 149: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 50 dostupný z Google Earth Pro (2021). **172**
Příloha 150: Vlevo: Základní fyzickogeografické údaje o lokalitě 50. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 50. ..... **172**
Příloha 151: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 50. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 50 podle exponenciální funkce. **172**

Příloha 152: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 51 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**173**
Příloha 153: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 51. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 51.....**173**
Příloha 154: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 51. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 51 podle exponenciální funkce.....**173**
Příloha 155: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 52 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**174**
Příloha 156: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě **52. Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě **52**.....**174**
Příloha 157: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 52. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 52 podle exponenciální funkce.....**174**
Příloha 158: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 53 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**175**
Příloha 159: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 53. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 53.....**175**
Příloha 160: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 53. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 53 podle exponenciální funkce.....**175**
Příloha 161: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 54 dostupný z Google Earth Pro (2021).....**176**
Příloha 162: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 54. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 54.....**176**
Příloha 163: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 54. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 54 podle exponenciální funkce.....**176**
Příloha 164: Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 55 dostupný z Google Earth Pro (2022).....**177**
Příloha 165: Vlevo: Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 55. **Vpravo:** Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 55.....**177**
Příloha 166: Vlevo: Azimut protažení polygonů v lokalitě 55. **Vpravo:** Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 55 podle exponenciální funkce.....**177**
Příloha 167: Některé statistické míry polohy a variability vybraných základních parametrů sítí, morfometrických charakteristik polygonů a podíly jejich zastoupení podle azimutu protažení v jednotlivých lokalitách. Konfigurace sítě (dle Mangold 2005) vyjadřuje poměr mezi nejdelší a nejkratší hlavní osou: <3 = homogenní síť, ≥3 = heterogenní síť; protaženost polygonů (dle Ulrich et al. 2011) vyjadřuje poměr mezi délkou hlavní a vedlejší osy každého polygonu: <1.15 = symetrické polygony, ≥1.15 = protažené polygony. Maximální hodnoty v každém sloupci označeny modře, minimální hodnoty červeně.....**178**

Příloha 1: *Titulní strana katalogu (Google Earth Pro 2021).*



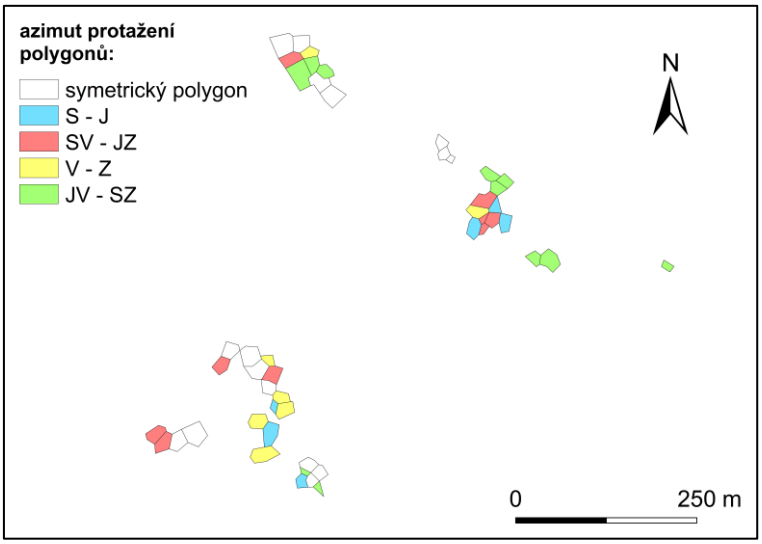


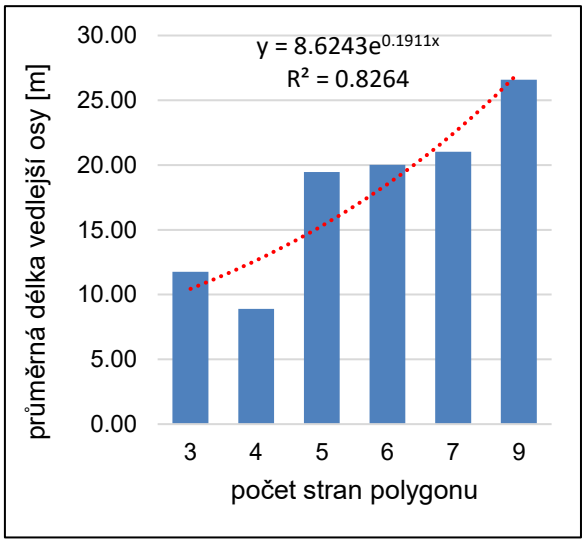
Příloha 2: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 1 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 3: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 1.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 1.*

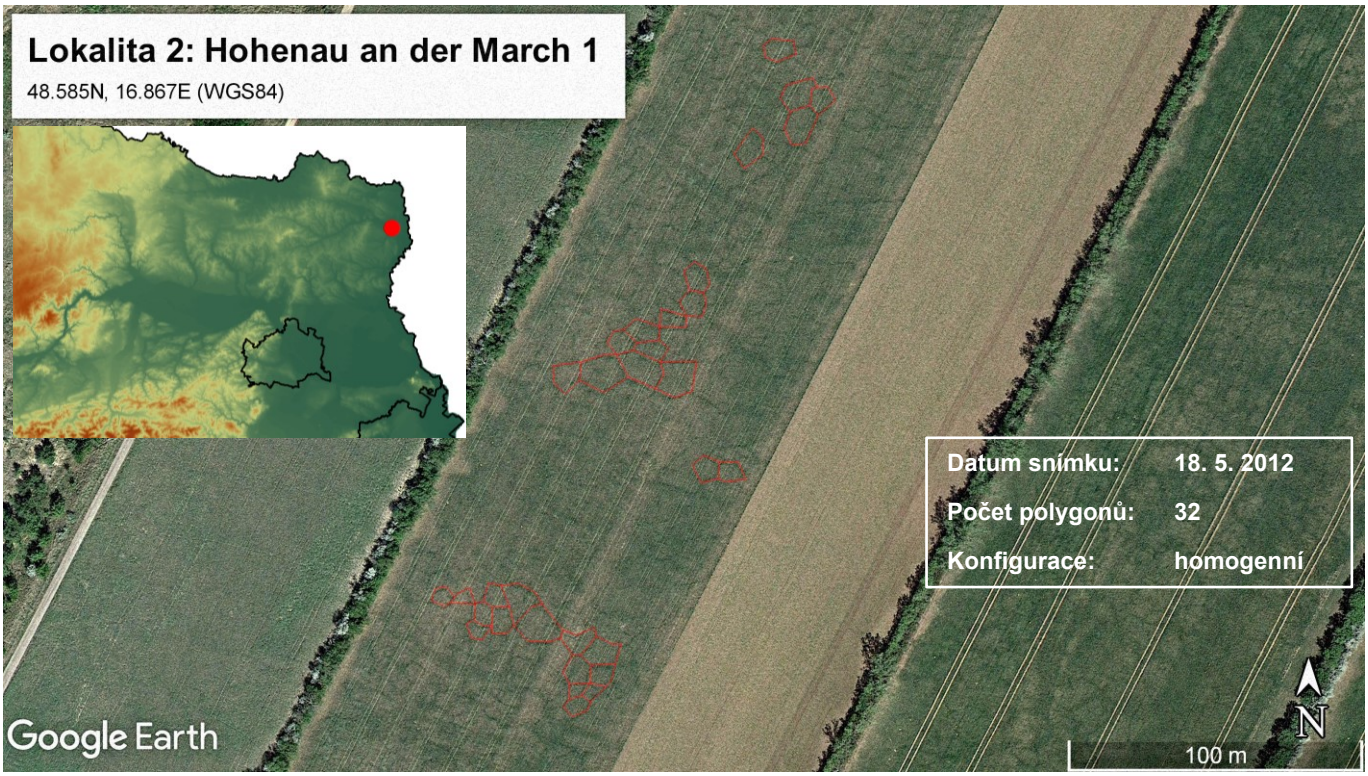
přírodní oblast (naturraum)	Vinná čtvrť
geologický podklad	štěrk, písek
geomorfologická poloha	fluviální terasa (střední pleistocén)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	178 m n. m.
průměrný sklon	0.47 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	75.68	375.26	25.13	18.73	1.41	5.51
medián	76.21	353.62	25.49	18.23	1.31	5.00
rozpětí	87.40	806.47	31.87	23.53	1.45	6.00
minimální hodnota	36.04	79.52	9.82	6.80	1.00	3.00
maximální hodnota	123.44	885.99	41.69	30.34	2.45	9.00
směrodatná odchylka	18.45	181.01	6.16	5.51	0.36	1.01





Příloha 4: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 1.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 1 podle exponenciální funkce.*

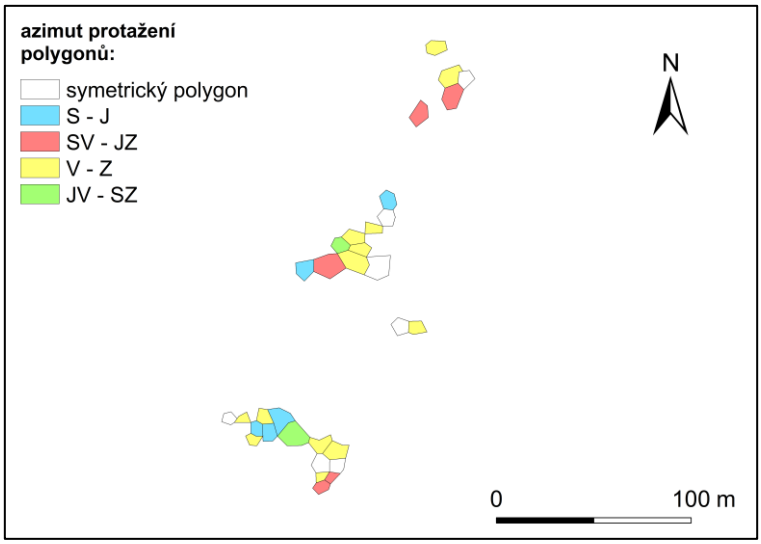


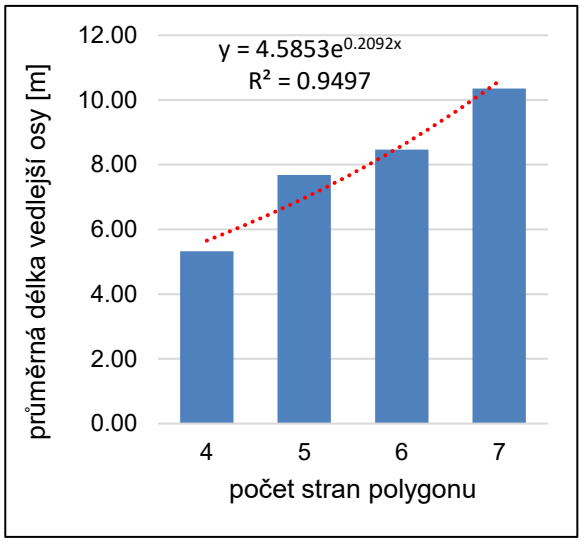
Příloha 5: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 2 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 6: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 2.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 2.*

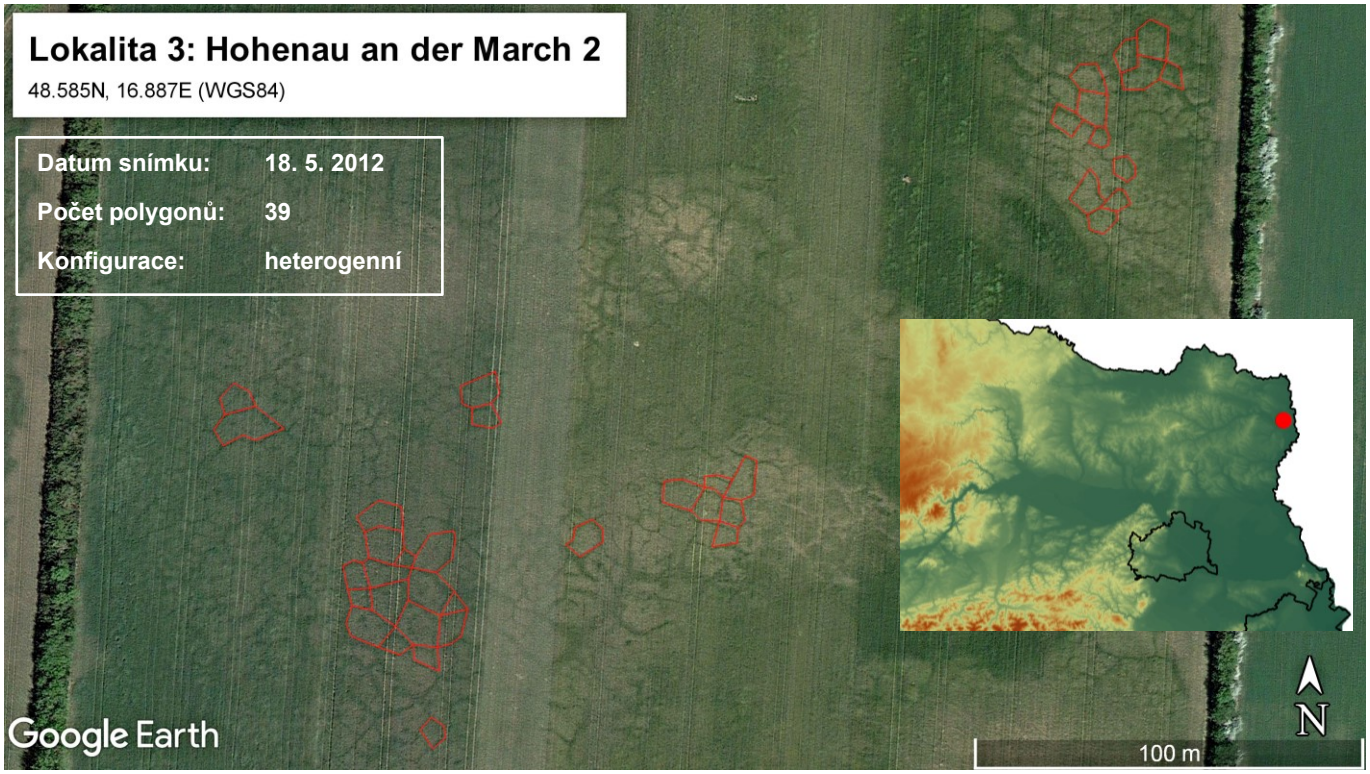
přírodní oblast (naturraum)	Vinná čtvrť
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse (riss)
půdní substrát	černice, kambizem
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	165 m n. m.
průměrný sklon	0.42 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	32.00	67.87	10.75	8.18	1.33	5.66
medián	30.02	60.08	9.69	7.88	1.32	6.00
rozpětí	24.90	121.99	10.20	8.22	0.91	3.00
minimální hodnota	21.67	25.21	7.23	4.63	1.04	4.00
maximální hodnota	46.57	147.21	17.43	12.85	1.94	7.00
směrodatná odchylka	7.29	31.55	2.60	2.01	0.23	0.81





Příloha 7: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 2.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 2 podle exponencální funkce.*

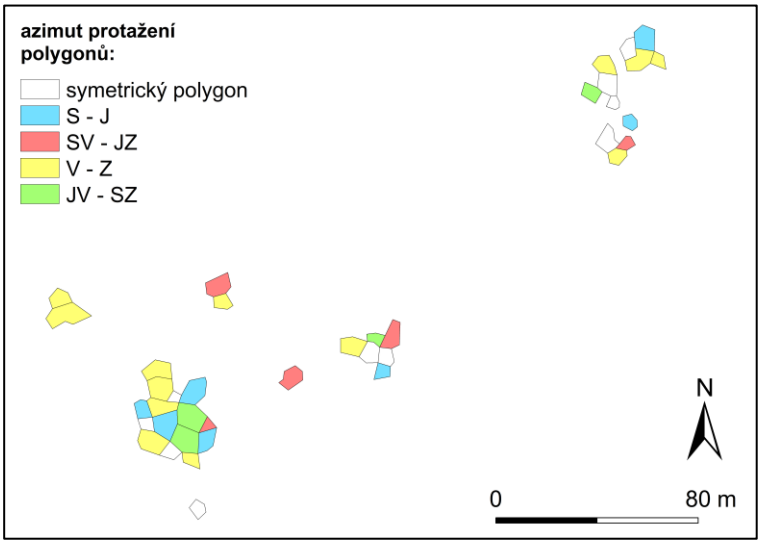


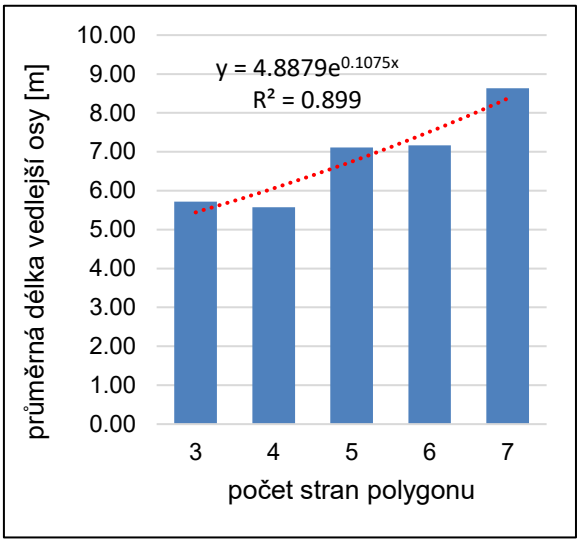
Příloha 8: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 3 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 9: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 3.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 3.*

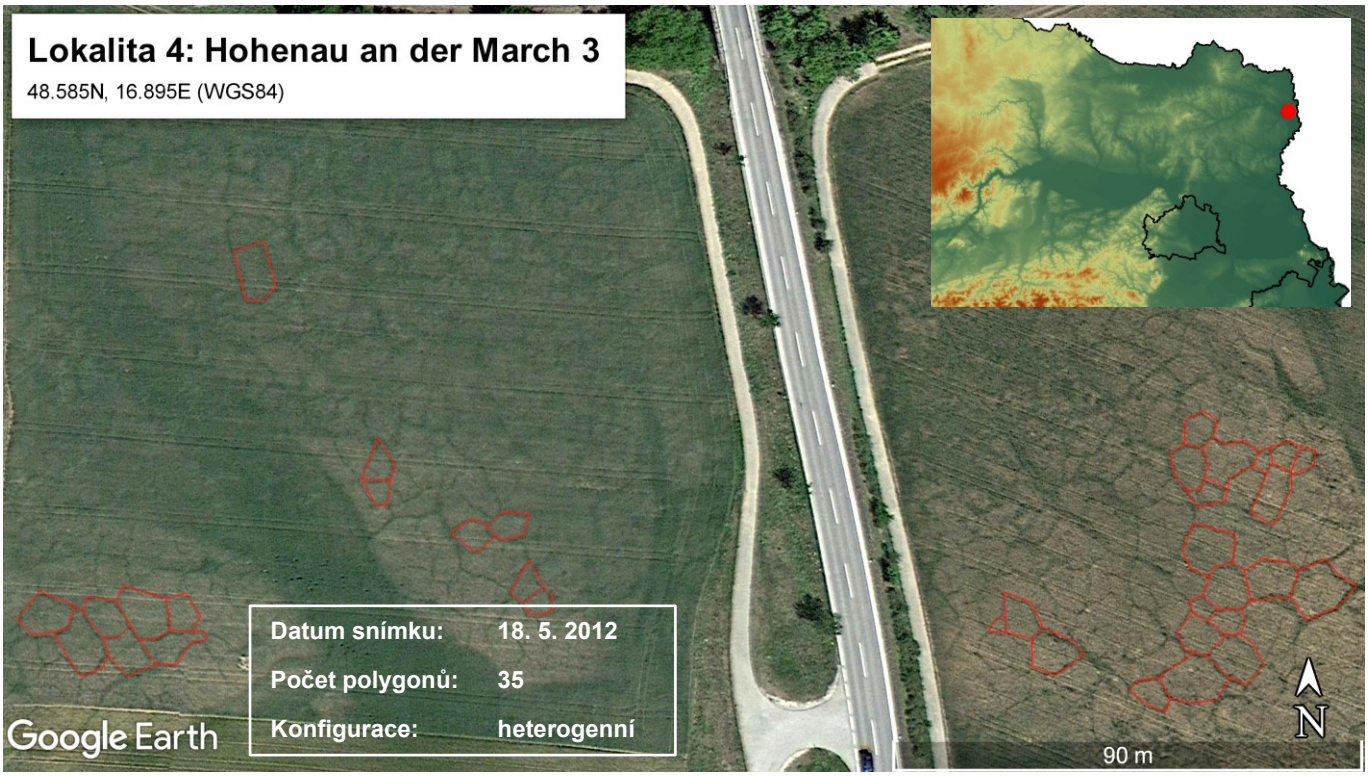
přírodní oblast (naturraum)	Vinná čtvrť
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.38 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	27.80	50.12	9.17	7.06	1.30	5.49
medián	26.97	49.40	8.53	7.01	1.22	6.00
rozpětí	27.77	85.77	12.56	5.65	1.07	4.00
minimální hodnota	16.56	16.38	4.99	4.38	1.03	3.00
maximální hodnota	44.33	102.15	17.55	10.03	2.10	7.00
směrodatná odchylka	6.48	22.66	2.60	1.49	0.23	0.98





Příloha 10: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 3.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran polygonů v lokalitě 3 podle exponenciální funkce.*

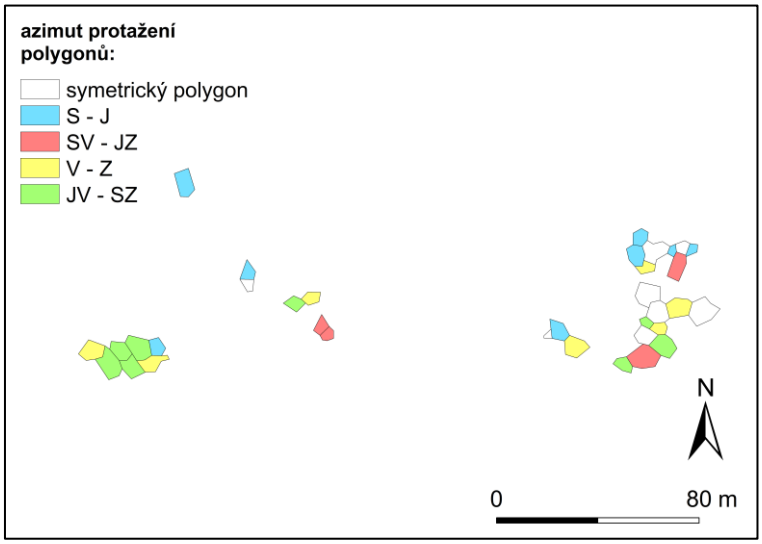


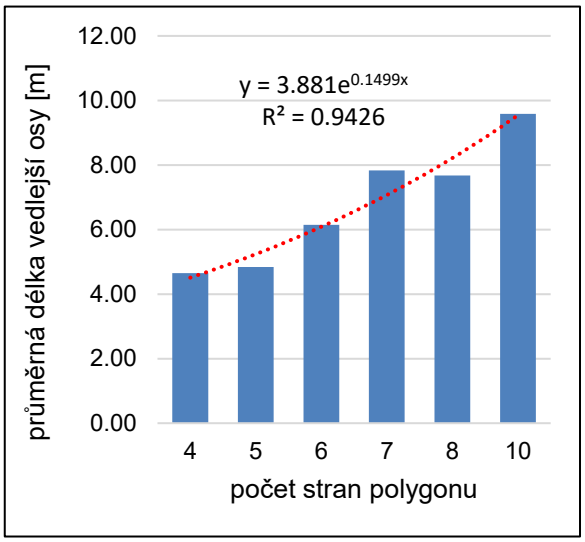
Příloha 11: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 4 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 12: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 4.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 4.*

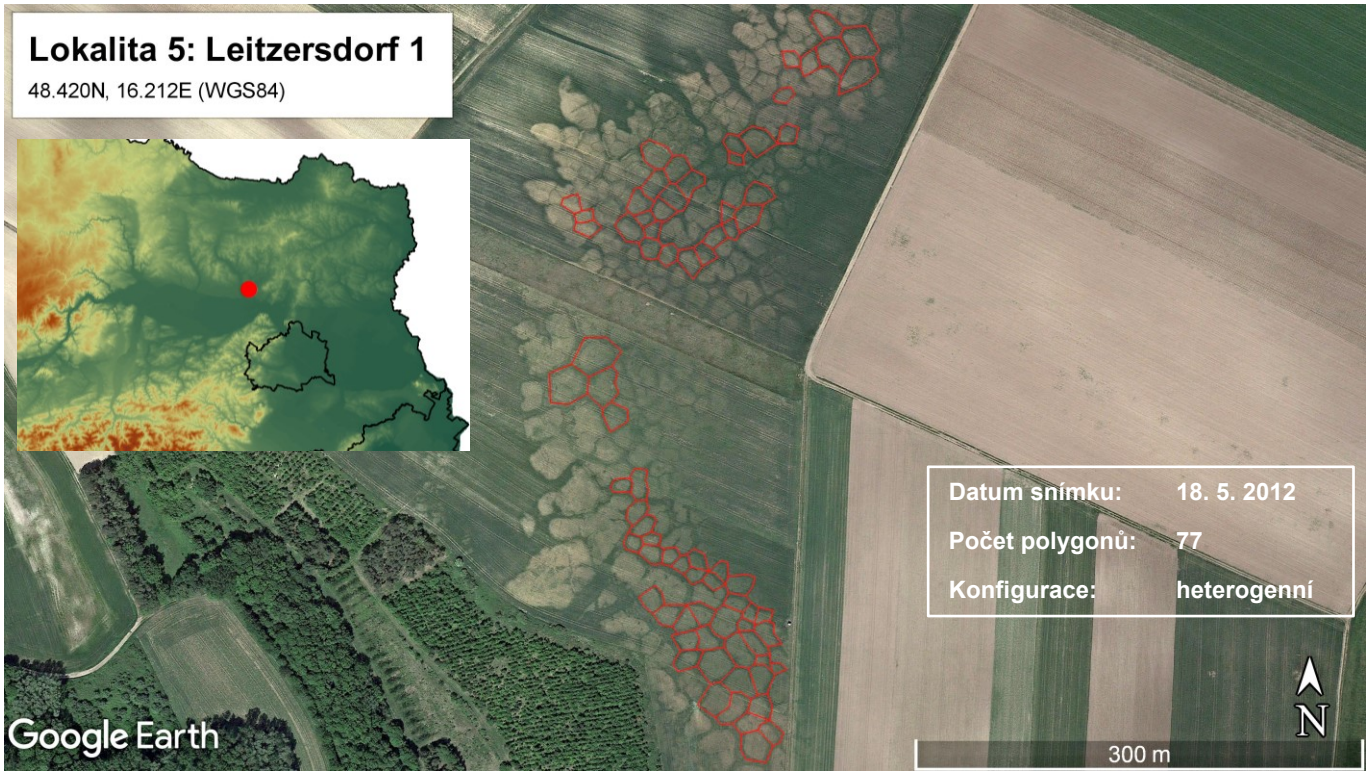
přírodní oblast (naturraum)	Vinná čtvrť
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse (riss)
půdní substrát	kambizem
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	161 m n. m.
průměrný sklon	1.80 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	25.35	43.14	8.54	6.40	1.36	6.17
medián	25.95	44.70	8.88	6.22	1.35	6.00
rozpětí	24.61	78.09	9.28	6.98	0.93	6.00
minimální hodnota	11.66	7.22	3.66	3.12	1.00	4.00
maximální hodnota	36.27	85.30	12.94	10.10	1.93	10.00
směrodatná odchylka	6.64	21.26	2.28	1.81	0.23	1.38





Příloha 13: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 4.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 4 podle exponenciální funkce.*

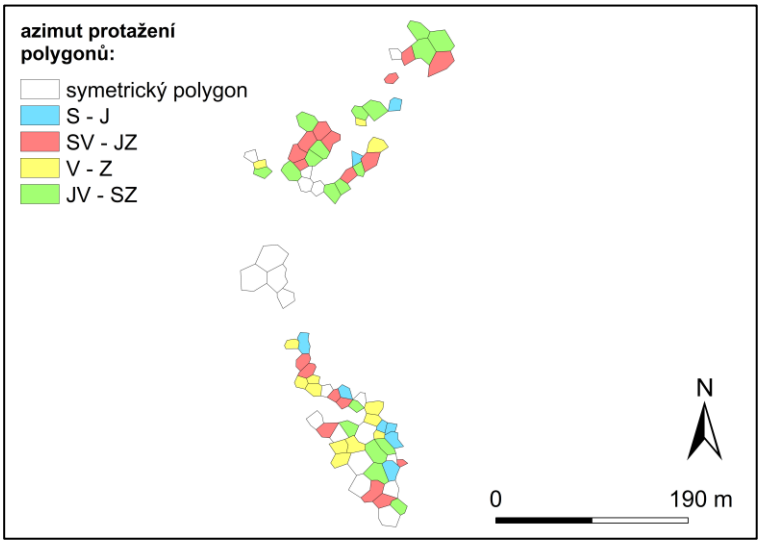


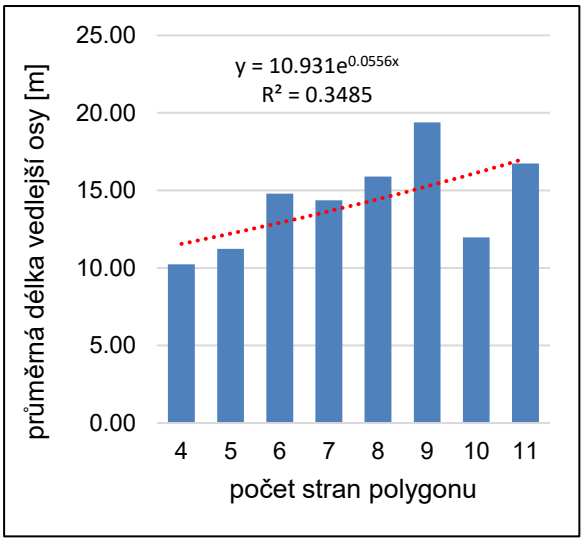
Příloha 14: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 5 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 15: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 5.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 5.*

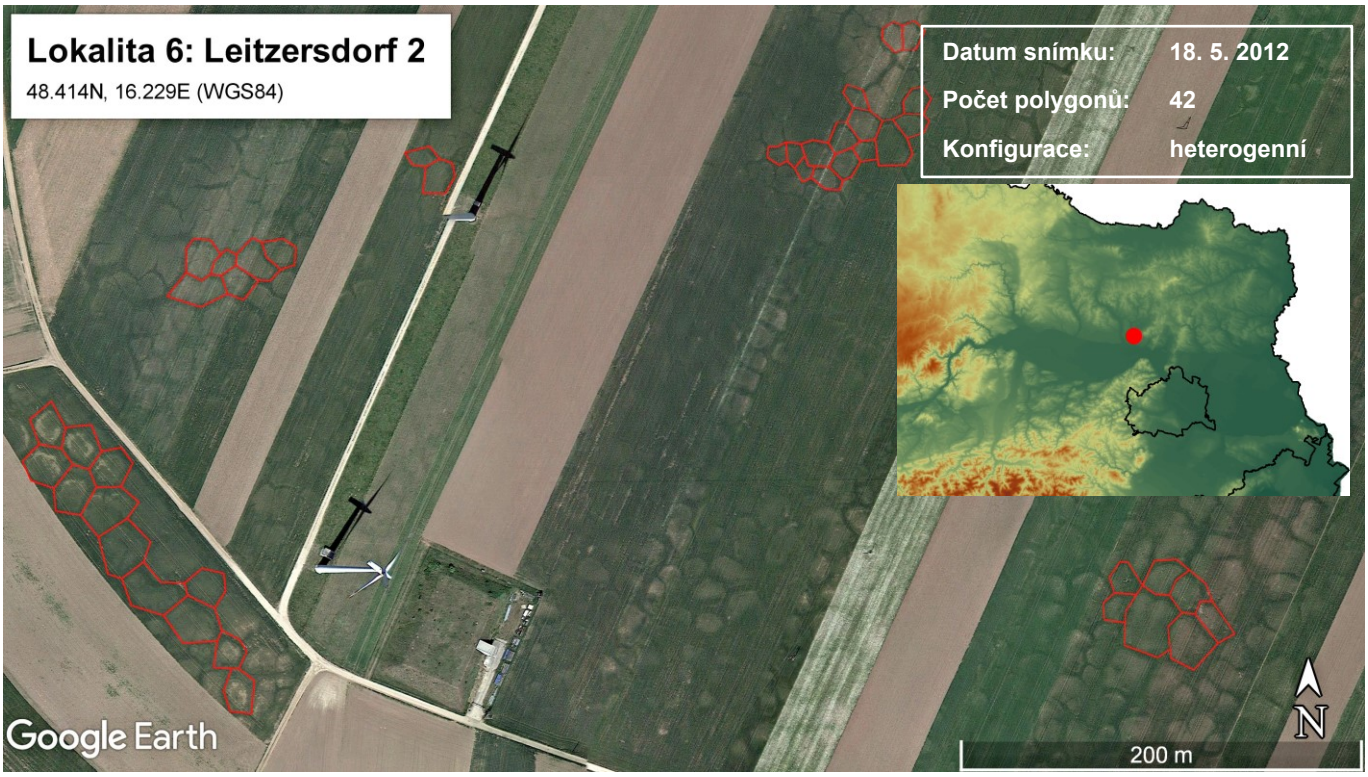
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Älterer Deckenschotter (günz)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	226 m n. m.
průměrný sklon	1.26 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	54.42	199.24	18.21	13.85	1.34	6.25
medián	53.27	181.12	17.71	13.40	1.30	6.00
rozpětí	61.52	514.50	20.82	19.36	1.56	7.00
minimální hodnota	29.41	52.80	9.92	6.93	1.02	4.00
maximální hodnota	90.93	567.30	30.74	26.29	2.58	11.00
směrodatná odchylka	13.16	104.61	4.61	3.95	0.25	1.26





Příloha 16: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 5.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 5 vyjádřený podle exponenciální funkce.*

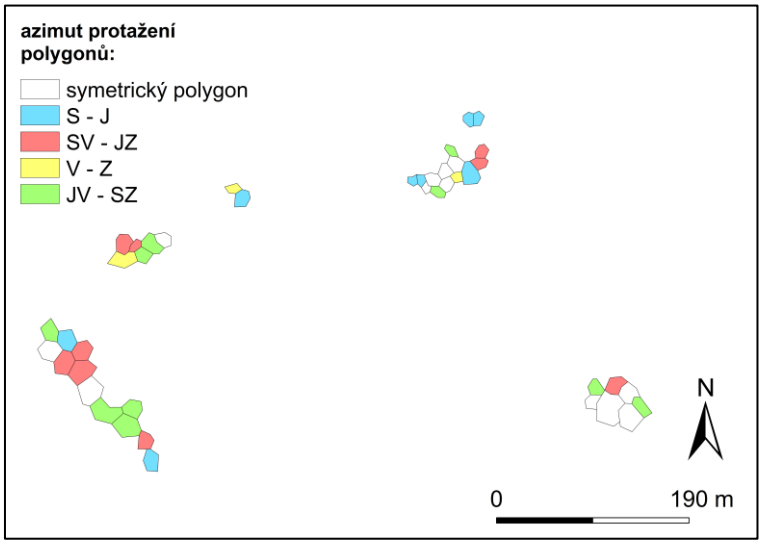


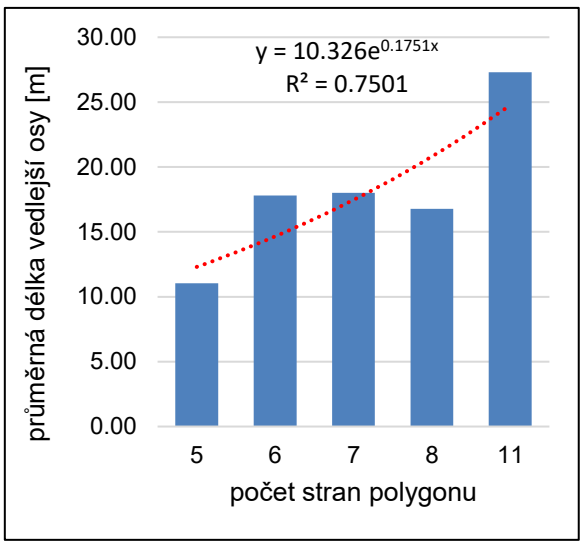
Příloha 17: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 6 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 18: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 6.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 6.*

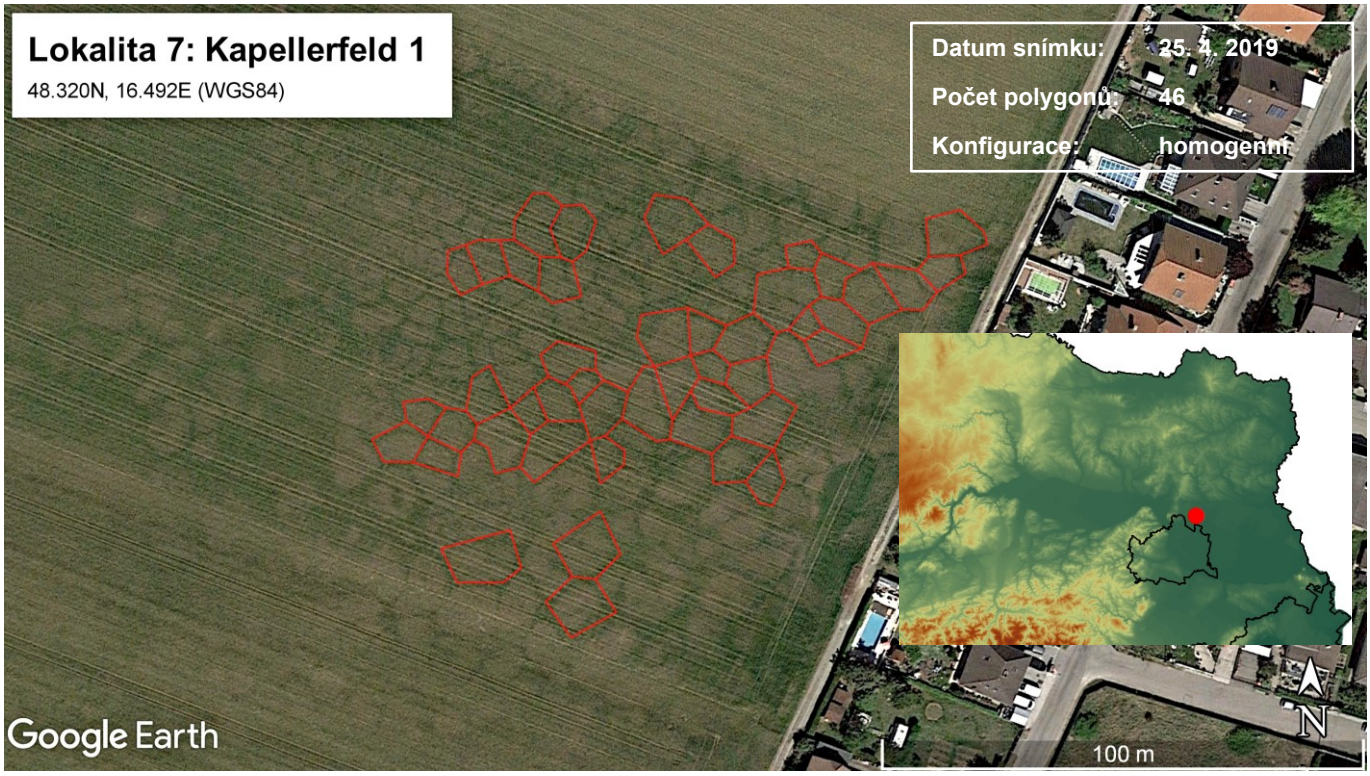
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Älterer Deckenschotter (günz)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	225 m n. m.
průměrný sklon	0.9 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	58.65	241.39	19.66	15.33	1.32	6.40
medián	56.58	210.24	18.26	14.92	1.22	6.00
rozpětí	68.38	601.85	22.66	18.41	1.16	6.00
minimální hodnota	35.45	69.26	10.35	8.90	1.02	5.00
maximální hodnota	103.83	671.11	33.01	27.31	2.18	11.00
směrodatná odchylka	16.09	134.28	5.32	4.57	0.27	1.16





Příloha 19: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 6.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 6 podle exponenciální funkce.*

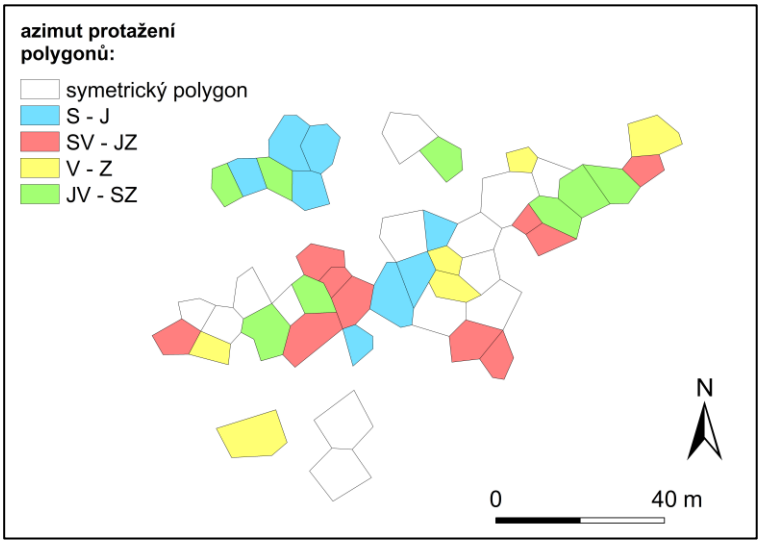


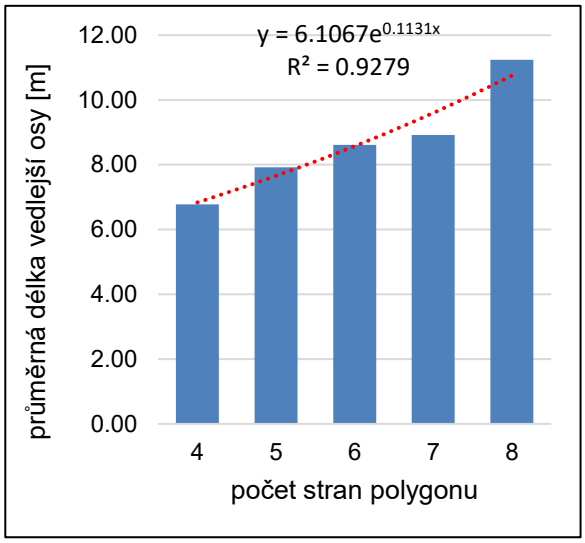
Příloha 20: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 7 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 21: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 7.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 7.*

přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	165 m n. m.
průměrný sklon	0.38 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	33.19	71.11	11.07	8.34	1.36	5.67
medián	32.38	66.22	11.26	8.25	1.30	5.00
rozpětí	24.25	105.57	9.76	7.54	1.07	4.00
minimální hodnota	20.87	26.31	6.49	5.04	1.00	4.00
maximální hodnota	45.13	131.88	16.24	12.58	2.08	8.00
směrodatná odchylka	5.97	26.00	2.25	1.79	0.27	1.00





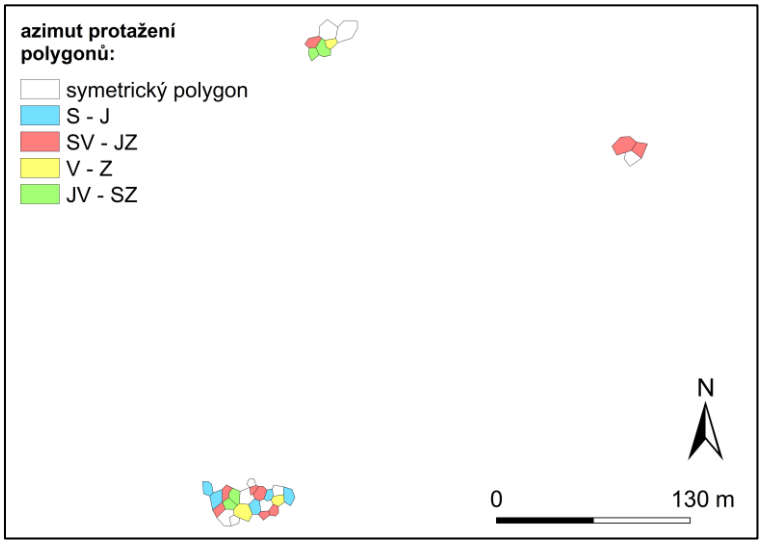
Příloha 22: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 7.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 7 podle exponenciální funkce.*

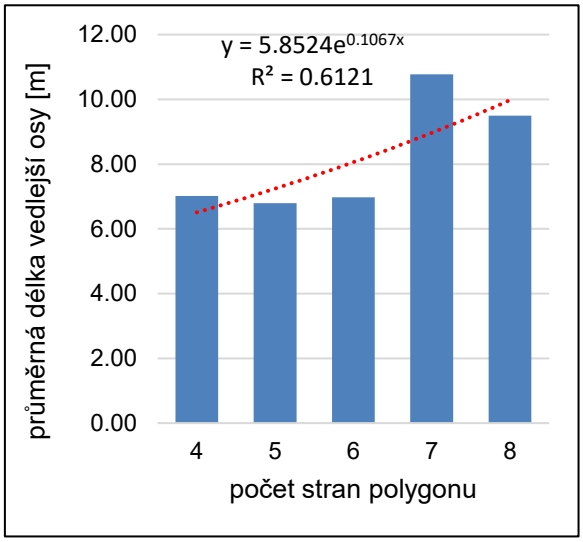
Příloha 23: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 8 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 24: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 8.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 8.*

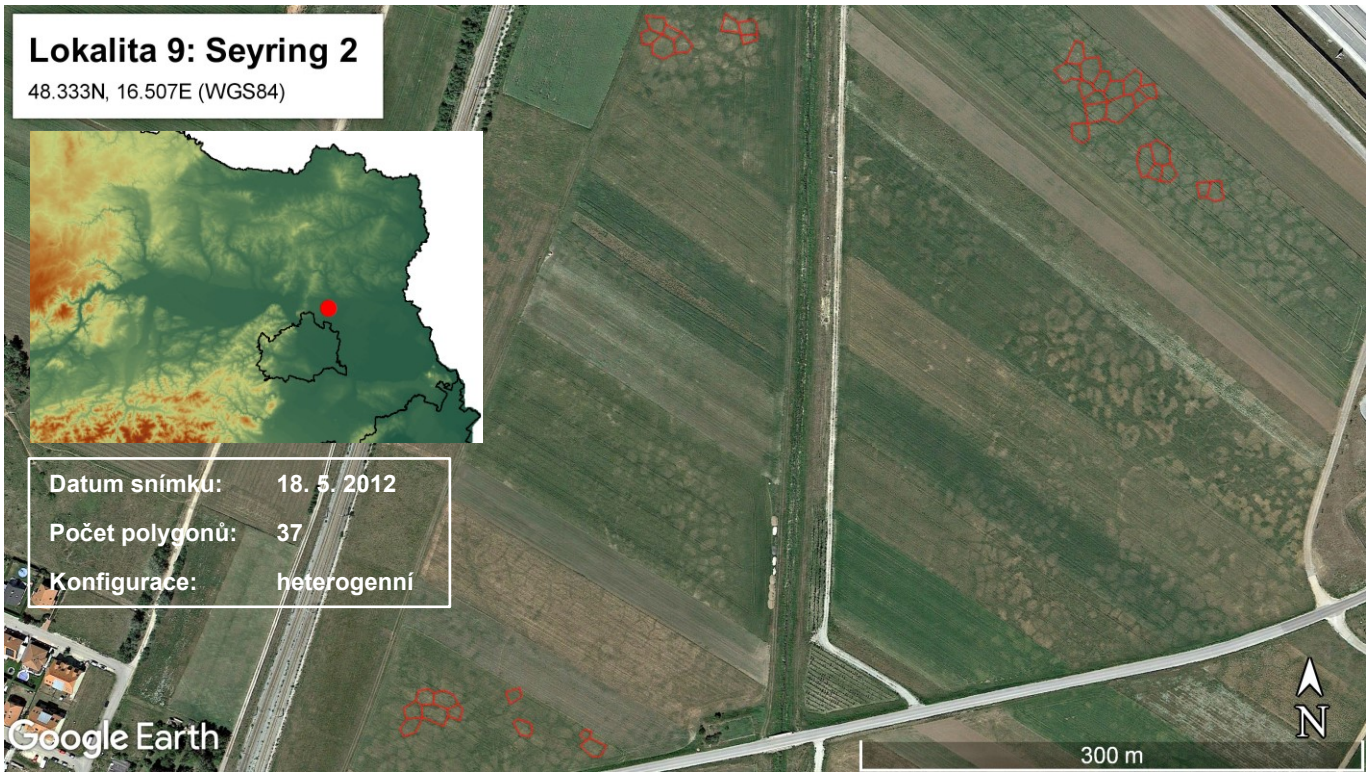
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.51 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	30.53	62.65	10.19	7.97	1.31	5.90
medián	29.60	56.19	10.08	7.40	1.25	6.00
rozpětí	29.11	130.14	9.89	9.63	0.86	4.00
minimální hodnota	19.03	22.81	5.60	4.68	1.02	4.00
maximální hodnota	48.15	152.95	15.49	14.30	1.88	8.00
směrodatná odchylka	7.09	30.96	2.38	2.24	0.24	1.04





Příloha 25: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 8.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 8 podle exponenciální funkce.*

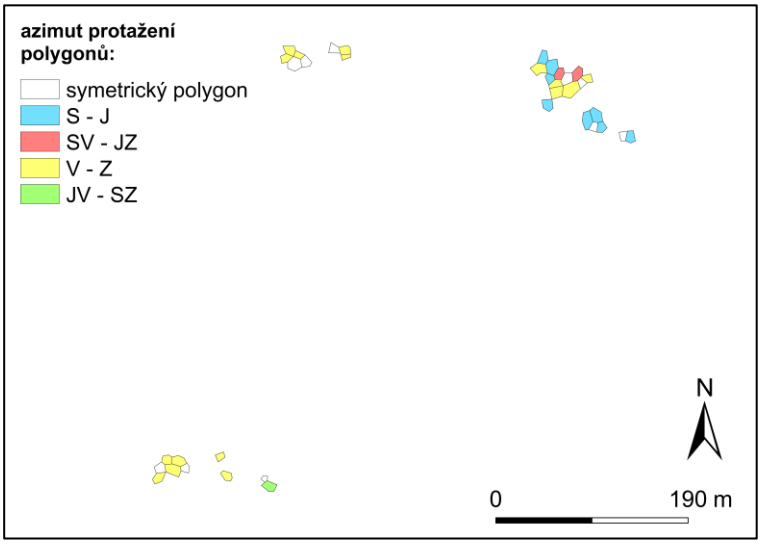


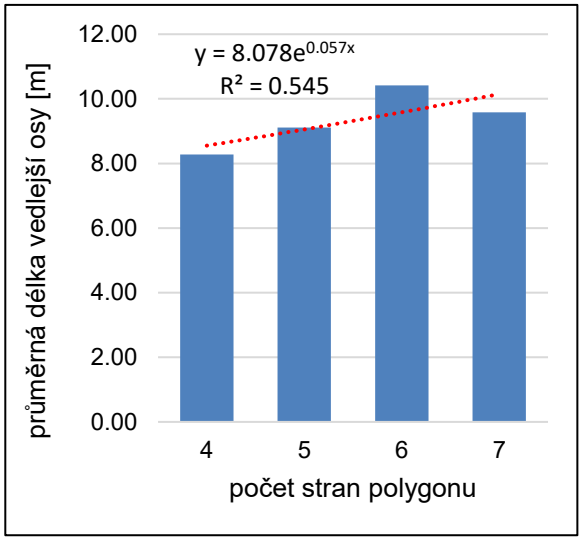
Příloha 26: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 9 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 27: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 9.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 9.*

přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.37 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	37.71	92.90	12.67	9.47	1.35	5.24
medián	36.69	88.31	12.34	9.58	1.29	5.00
rozpětí	35.54	180.67	13.78	9.15	0.83	3.00
minimální hodnota	20.75	28.36	6.35	5.24	1.00	4.00
maximální hodnota	56.29	209.03	20.13	14.39	1.83	7.00
směrodatná odchylka	6.93	35.88	2.91	1.85	0.25	0.82





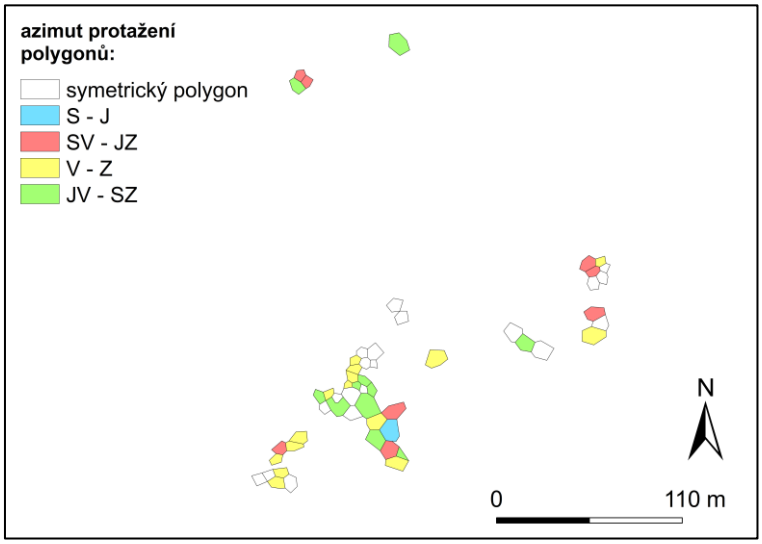
Příloha 28: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 9.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 9 podle exponenciální funkce.*

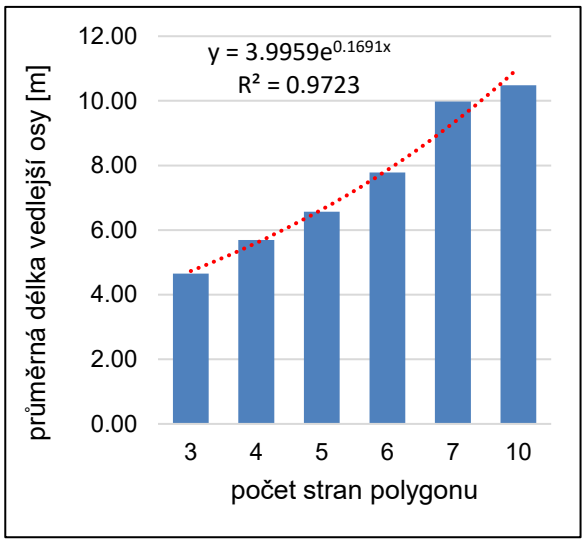
Příloha 29: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 10 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 30: Vlevo: *Vybranné fyzickogeografické údaje o lokalitě 10.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 10.*

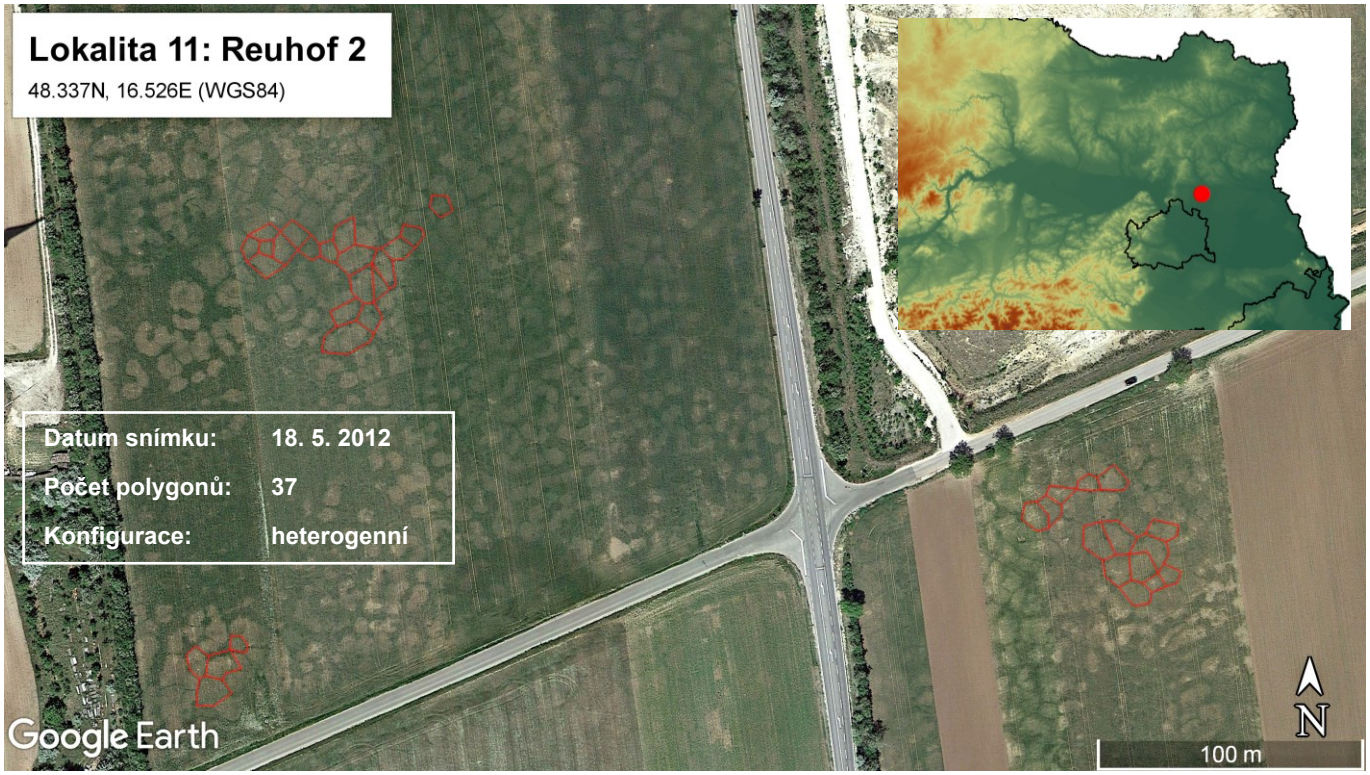
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.39 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	28.25	55.32	9.44	7.32	1.31	5.62
medián	26.25	45.89	9.03	6.73	1.27	6.00
rozpětí	29.90	131.28	10.89	7.74	1.16	7.00
minimální hodnota	16.79	17.78	4.87	4.45	1.01	3.00
maximální hodnota	46.69	149.06	15.75	12.18	2.17	10.00
směrodatná odchylka	7.37	29.86	2.68	2.01	0.25	1.14





Příloha 31: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 10.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 10 podle exponenciální funkce.*

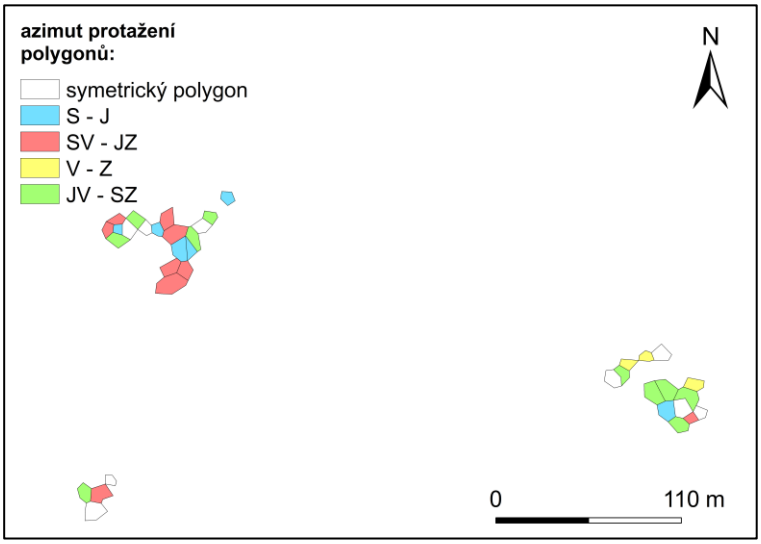


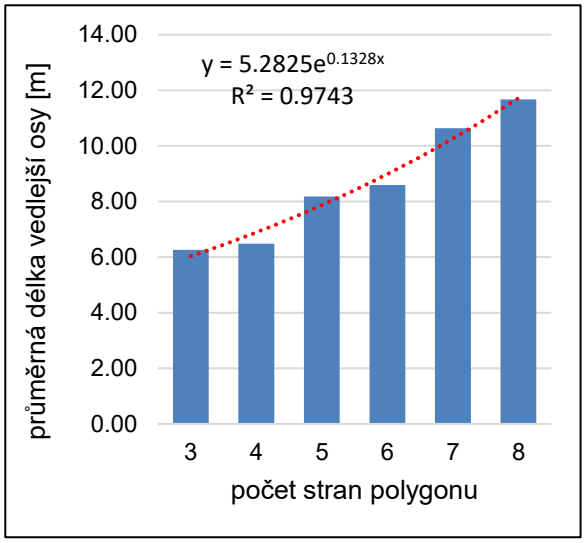
Příloha 32: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 11 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 33: Vlevo: *Vybranné fyzickogeografické údaje o lokalitě 11.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 11.*

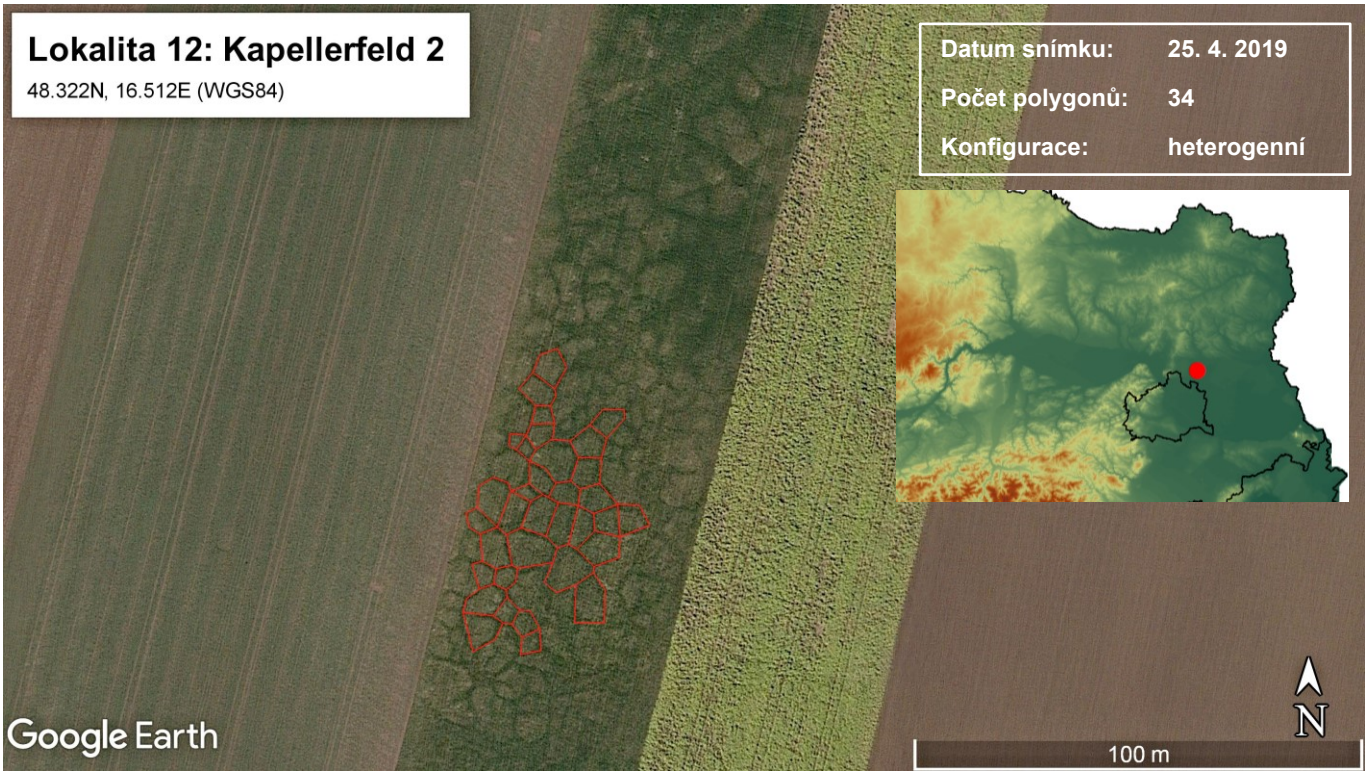
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.18 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	33.61	71.77	11.42	8.36	1.38	5.38
medián	33.68	69.44	11.20	8.41	1.24	5.00
rozpětí	28.50	132.36	13.90	6.07	1.36	5.00
minimální hodnota	22.06	29.86	6.51	5.60	1.01	3.00
maximální hodnota	50.57	162.22	20.41	11.67	2.37	8.00
směrodatná odchylka	6.74	28.46	2.92	1.67	0.32	0.97





Příloha 34: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 11.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 11 podle exponenciální funkce.*

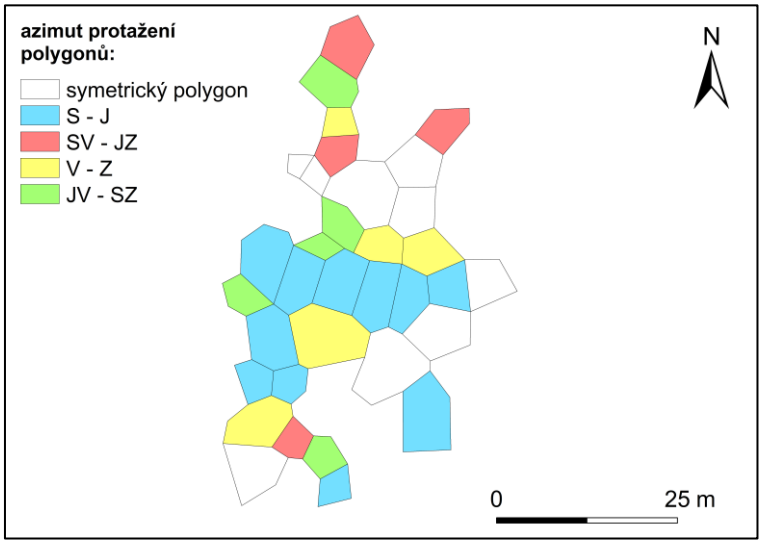


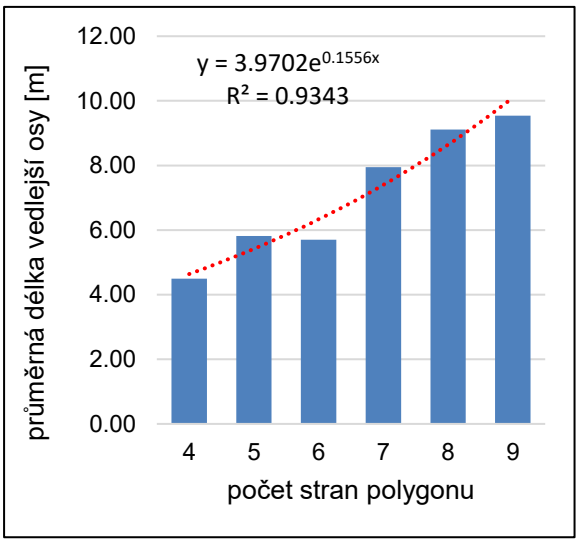
Příloha 35: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 12 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 36: Vlevo: *Vybranné fyzickogeografické údaje o lokalitě 12.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 12.*

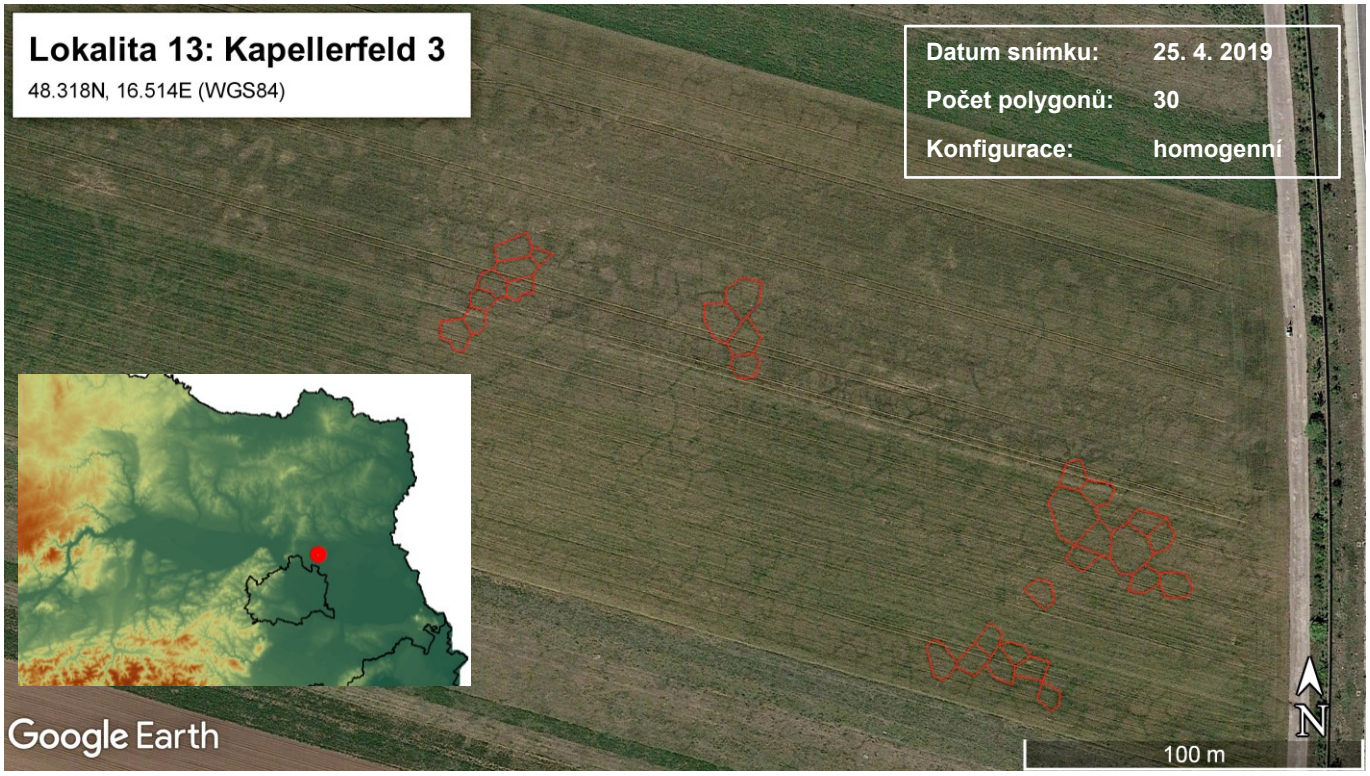
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.46 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	23.14	35.92	7.72	5.85	1.34	5.32
medián	23.56	35.51	7.53	5.42	1.28	5.00
rozpětí	20.87	64.60	7.57	6.22	0.93	5.00
minimální hodnota	11.86	8.19	3.57	3.33	1.04	4.00
maximální hodnota	32.73	72.79	11.13	9.54	1.97	9.00
směrodatná odchylka	5.30	16.50	1.91	1.55	0.27	1.13





Příloha 37: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 12.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 12 podle exponenciální funkce.*

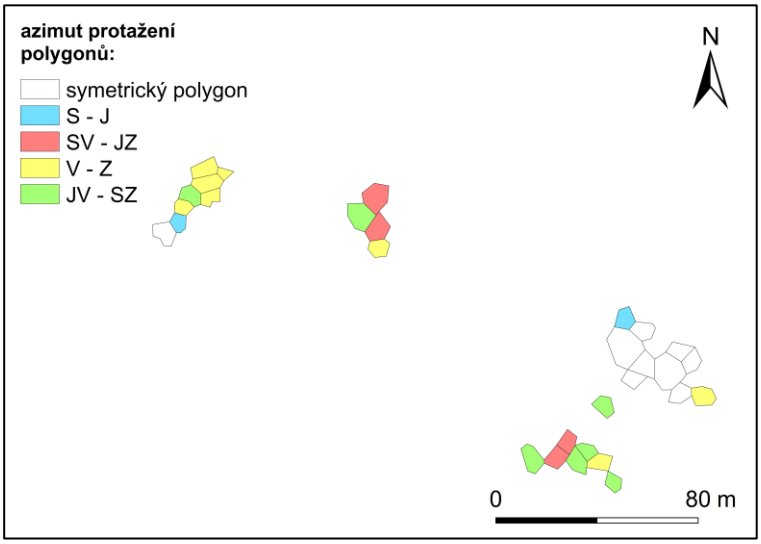


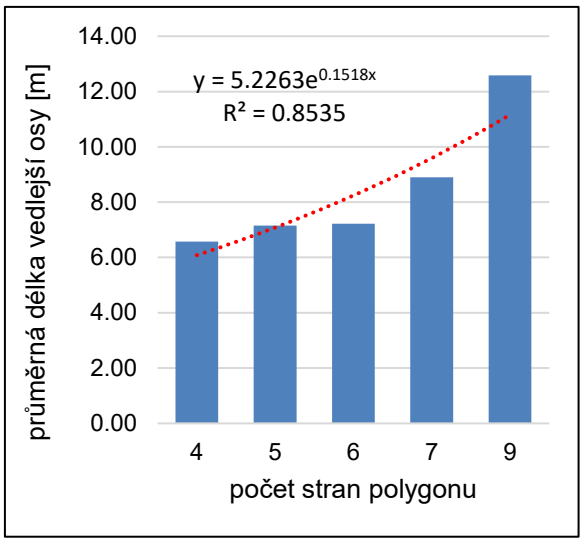
Příloha 38: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 13 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 39: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 13.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 13.*

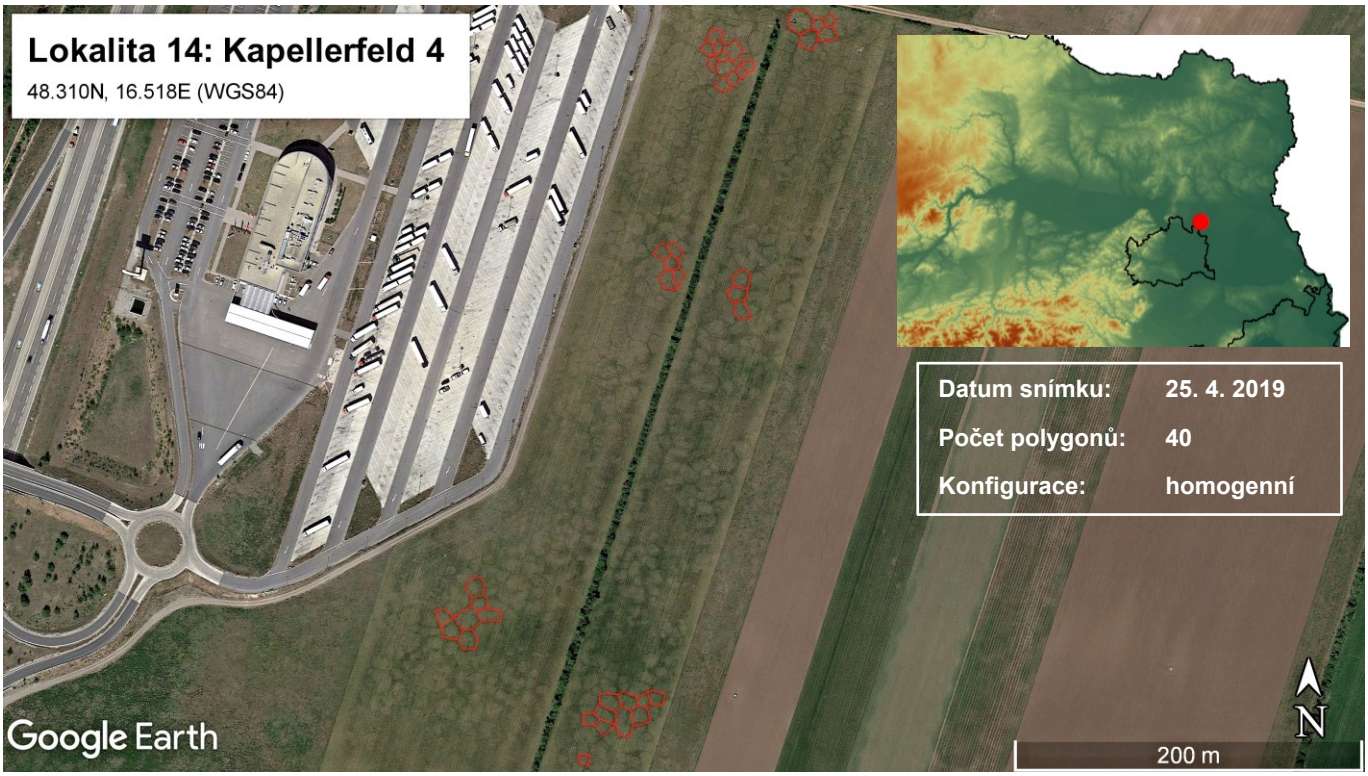
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.48 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	29.66	58.95	9.85	7.71	1.31	5.83
medián	28.26	50.73	9.28	7.29	1.29	6.00
rozpětí	29.53	142.06	8.33	9.22	1.06	5.00
minimální hodnota	18.62	19.23	6.68	4.60	1.01	4.00
maximální hodnota	48.16	161.29	15.01	13.81	2.07	9.00
směrodatná odchylka	5.77	27.98	1.96	1.94	0.23	1.10





Příloha 40: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 13.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 13 podle exponenciální funkce.*

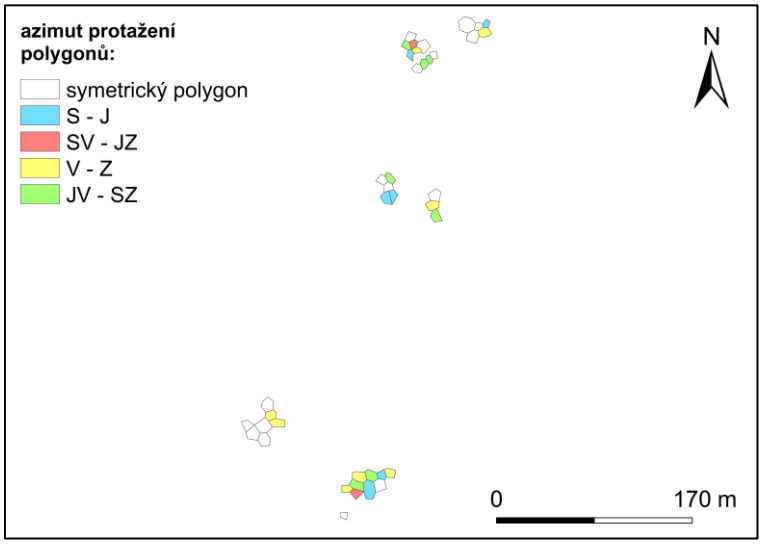


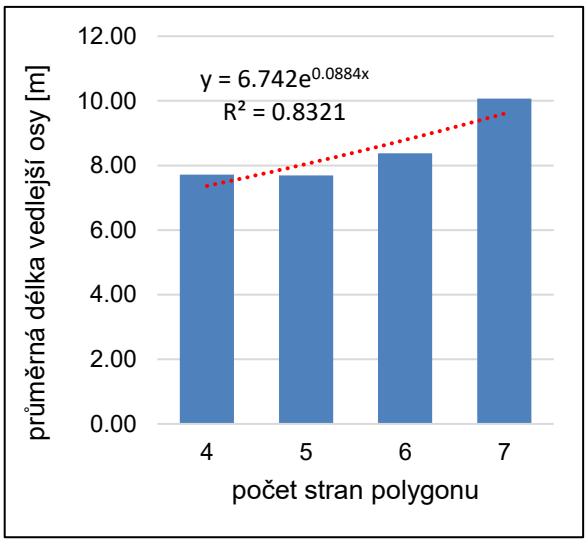
Příloha 41: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 14 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 42: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 14.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 14.*

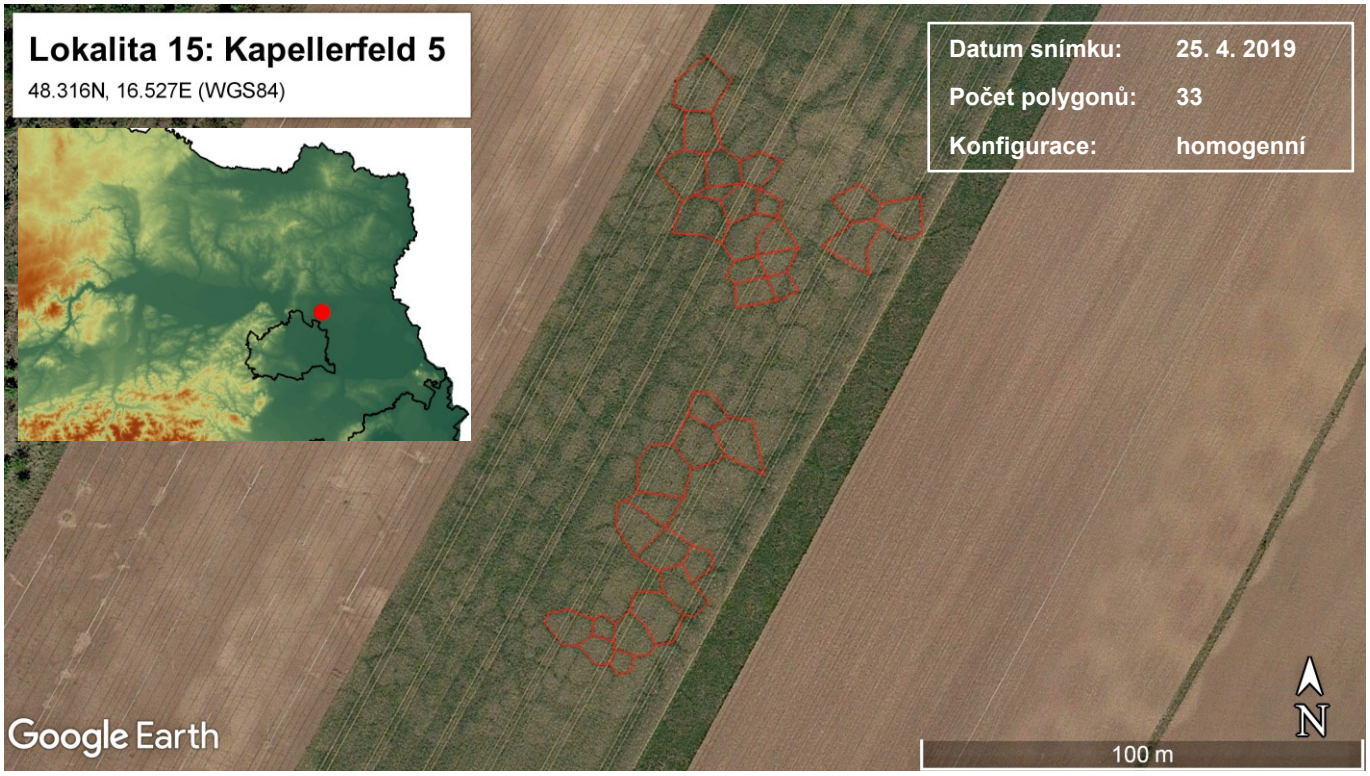
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	162 m n. m.
průměrný sklon	0.31 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	32.06	69.54	10.58	8.32	1.30	5.60
medián	32.00	62.32	10.74	8.01	1.20	6.00
rozpětí	23.77	123.06	11.29	8.12	0.90	3.00
minimální hodnota	22.09	31.14	6.57	5.31	1.00	4.00
maximální hodnota	45.86	154.20	17.86	13.43	1.91	7.00
směrodatná odchylka	6.33	29.34	2.32	1.94	0.27	0.86





Příloha 43: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 14.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 14 podle exponenciální funkce.*

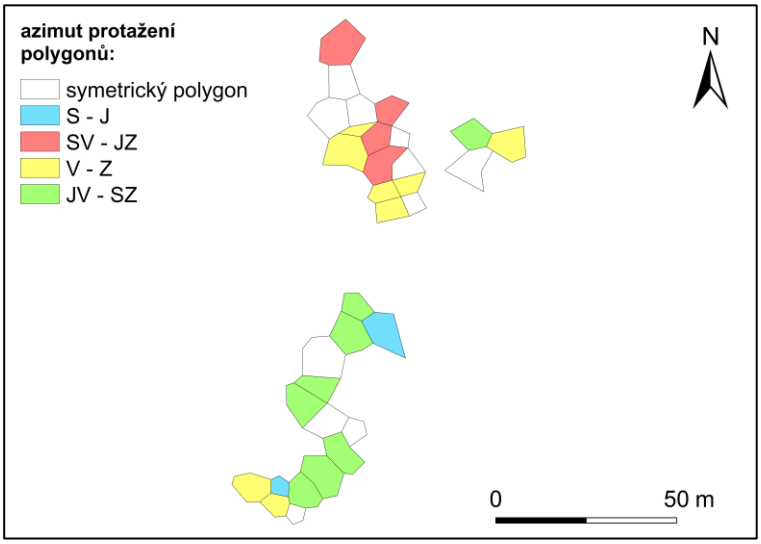


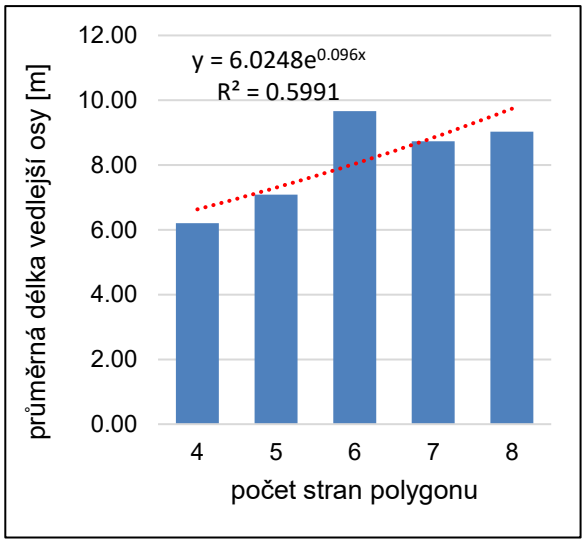
Příloha 44: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 15 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 45: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 15.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 15.*

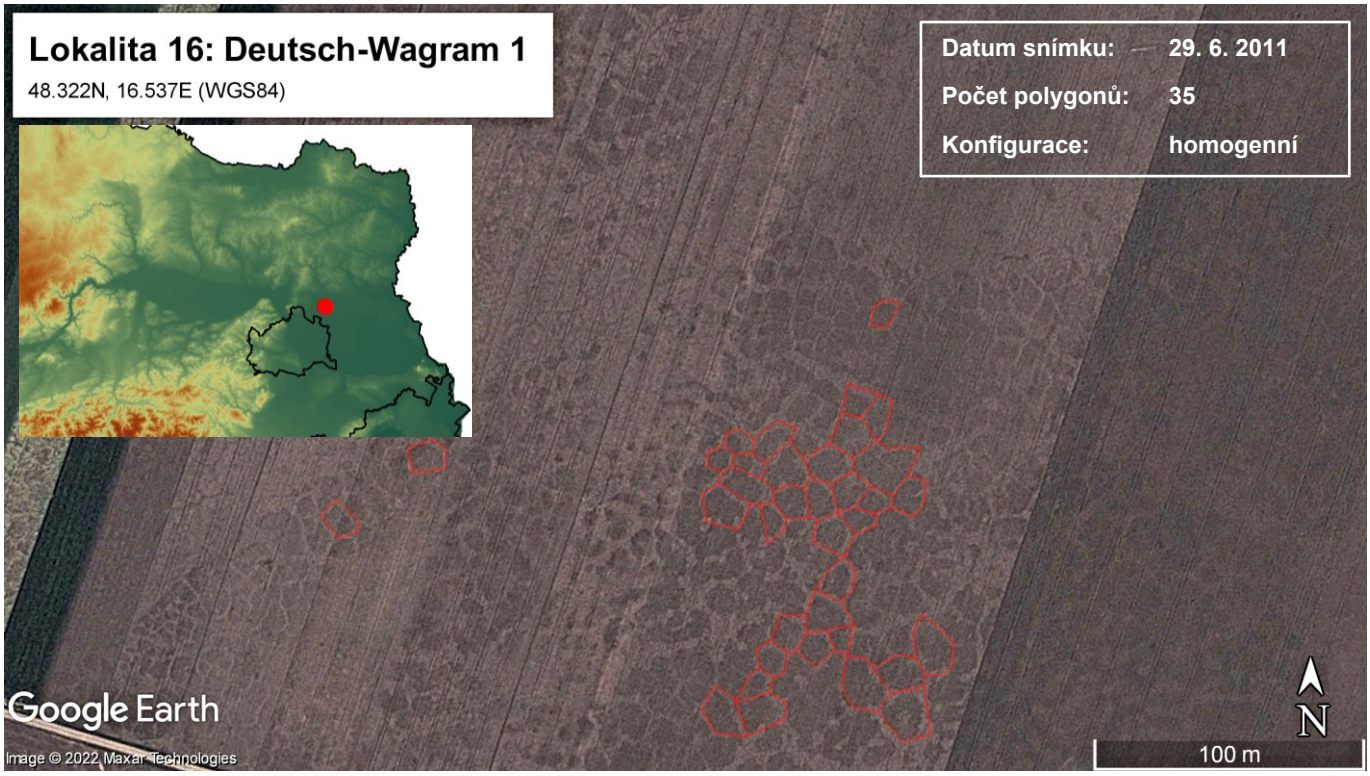
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	162 m n. m.
průměrný sklon	0.74 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	30.43	60.04	10.17	7.76	1.36	5.48
medián	30.52	59.87	9.93	7.91	1.26	5.00
rozpětí	22.89	94.67	9.14	8.23	2.42	4.00
minimální hodnota	17.72	19.75	5.32	3.27	1.01	4.00
maximální hodnota	40.61	114.41	14.46	11.50	3.43	8.00
směrodatná odchylka	6.55	25.25	2.43	2.02	0.43	1.13





Příloha 46: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 15.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 15 podle exponenciální funkce.*

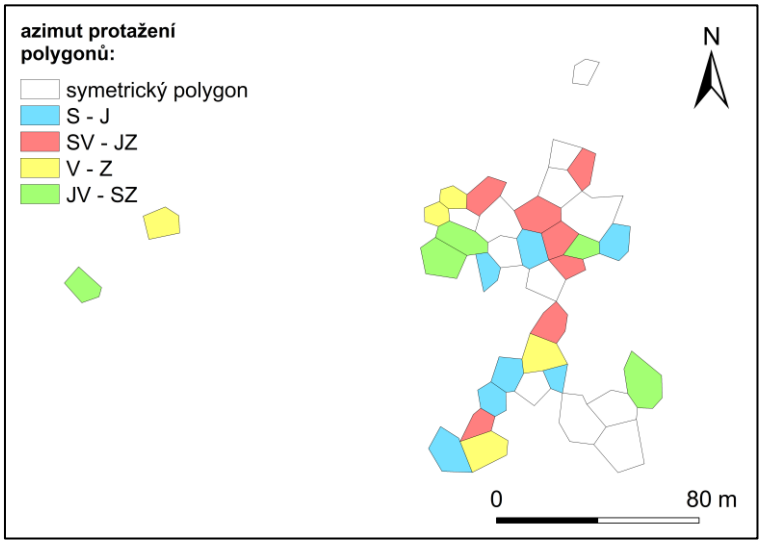


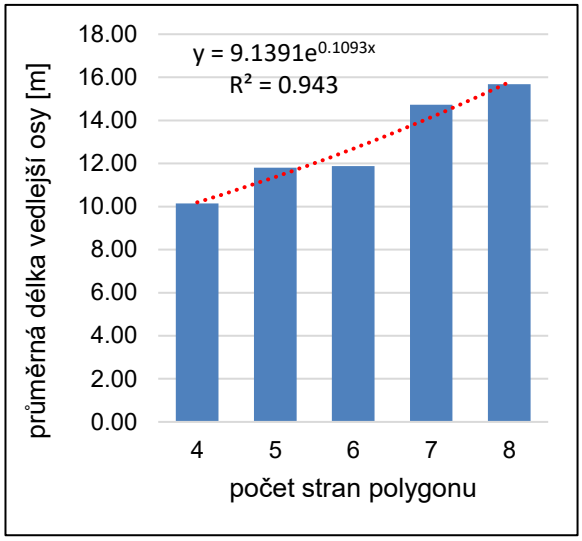
Příloha 47: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 16 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 48: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 16.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 16.*

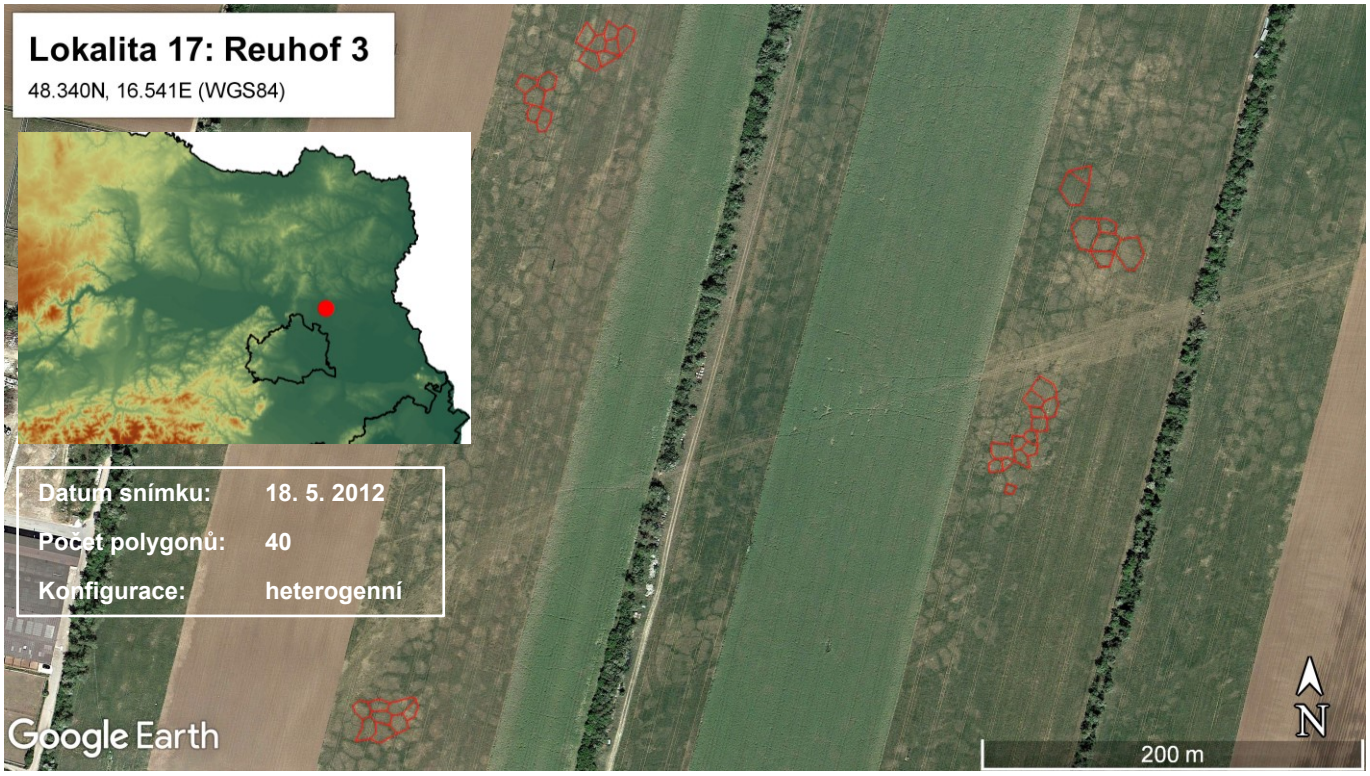
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	161 m n. m.
průměrný sklon	0.32 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	47.16	148.11	15.65	12.32	1.31	5.71
medián	45.24	133.08	15.43	11.26	1.23	6.00
rozpětí	39.01	240.09	11.49	11.99	1.22	4.00
minimální hodnota	31.97	66.78	10.44	8.49	1.00	4.00
maximální hodnota	70.98	306.87	21.92	20.48	2.22	8.00
směrodatná odchylka	9.11	58.03	3.07	3.01	0.27	1.00





Příloha 49: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 16.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 16 podle exponenciální funkce.*

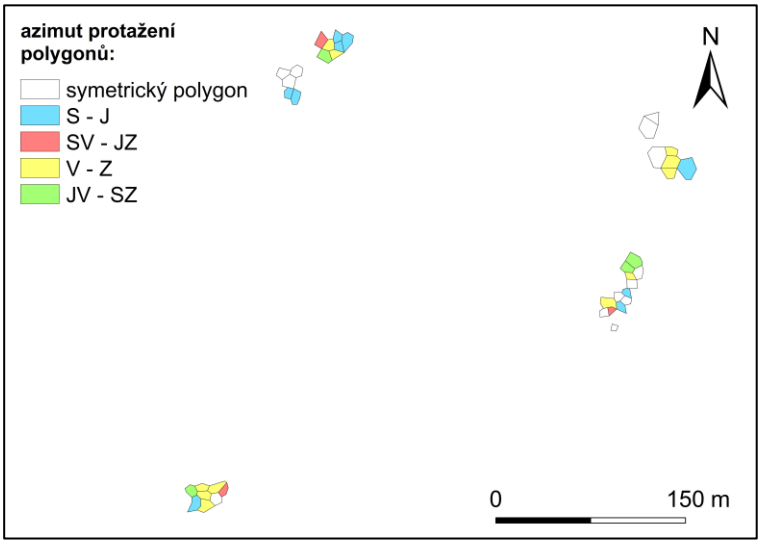


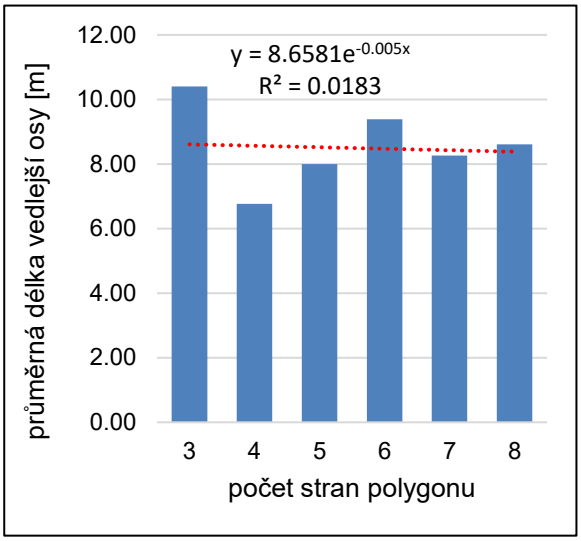
Příloha 50: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 17 dostupný z Google Earth Pro (2022).*

Příloha 51: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 17.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 17.*

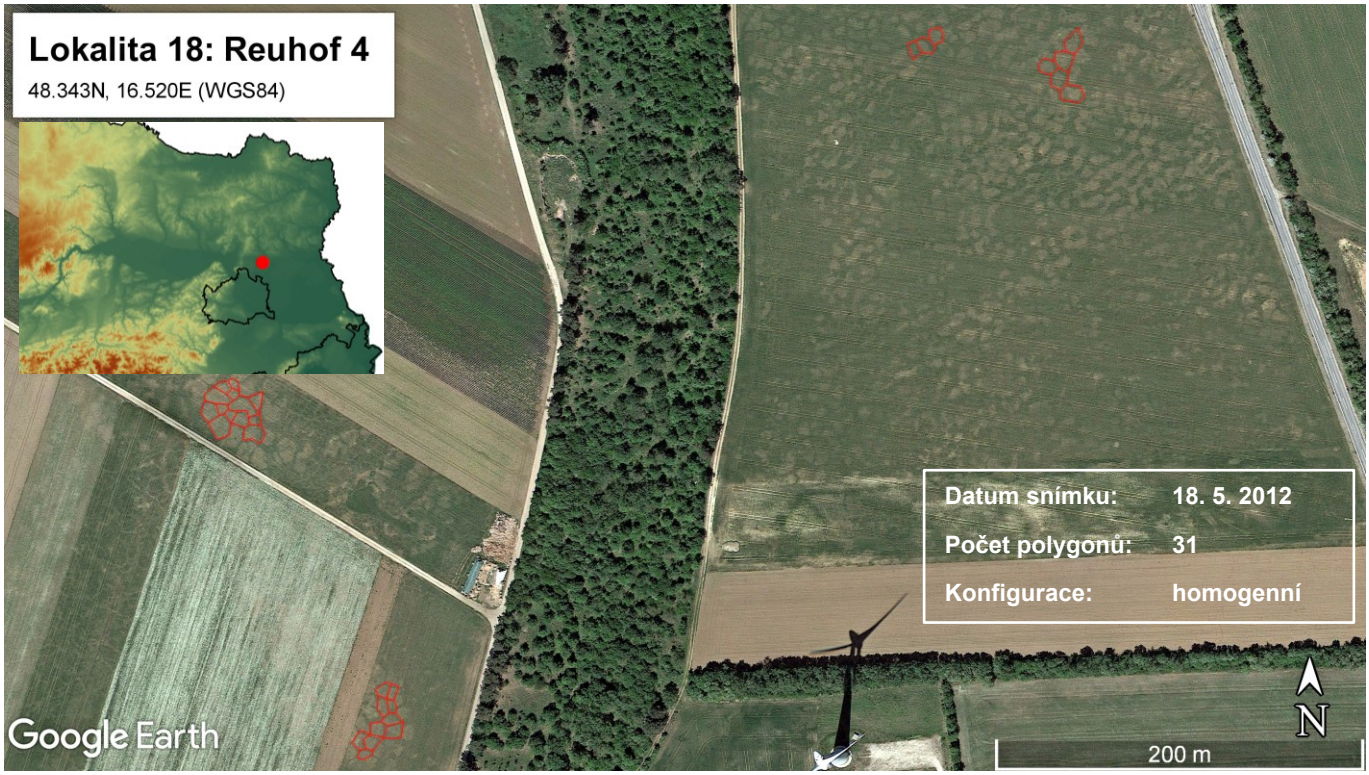
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.24 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	33.35	72.18	11.29	8.41	1.38	5.43
medián	31.67	63.96	10.74	7.98	1.34	5.50
rozpětí	33.45	165.83	12.37	10.30	1.33	5.00
minimální hodnota	18.98	22.29	5.15	5.01	1.00	3.00
maximální hodnota	52.43	188.11	17.52	15.30	2.33	8.00
směrodatná odchylka	7.31	36.35	2.83	2.23	0.31	1.05





Příloha 52: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 17.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 17 podle exponenciální funkce.*

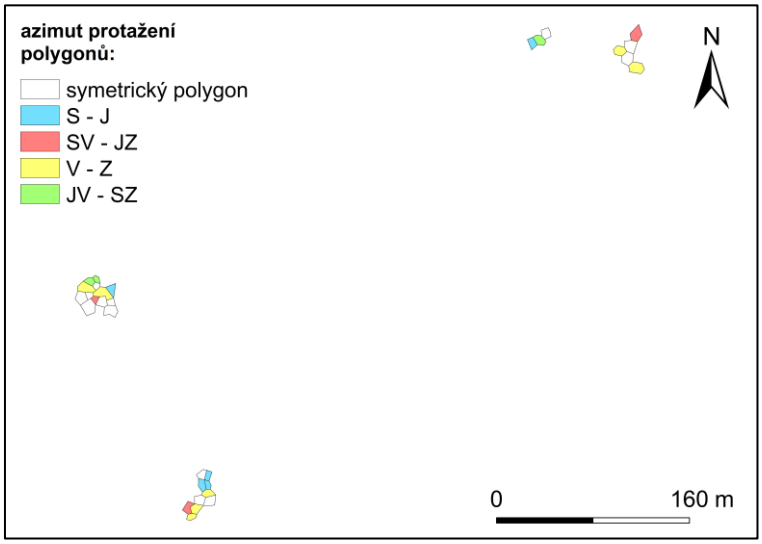


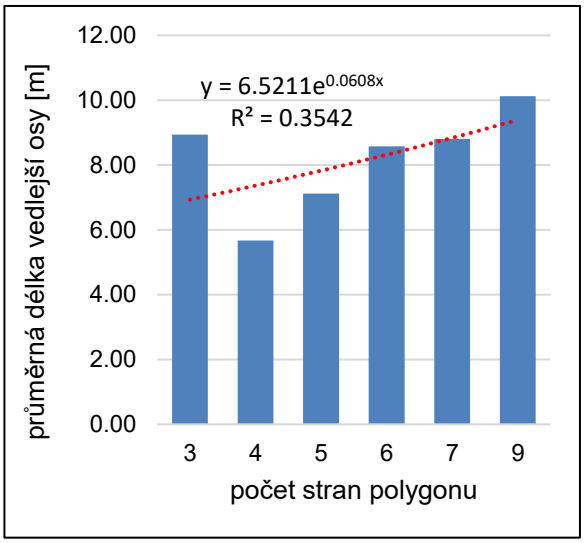
Příloha 53: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 18 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 54: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 18.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 18.*

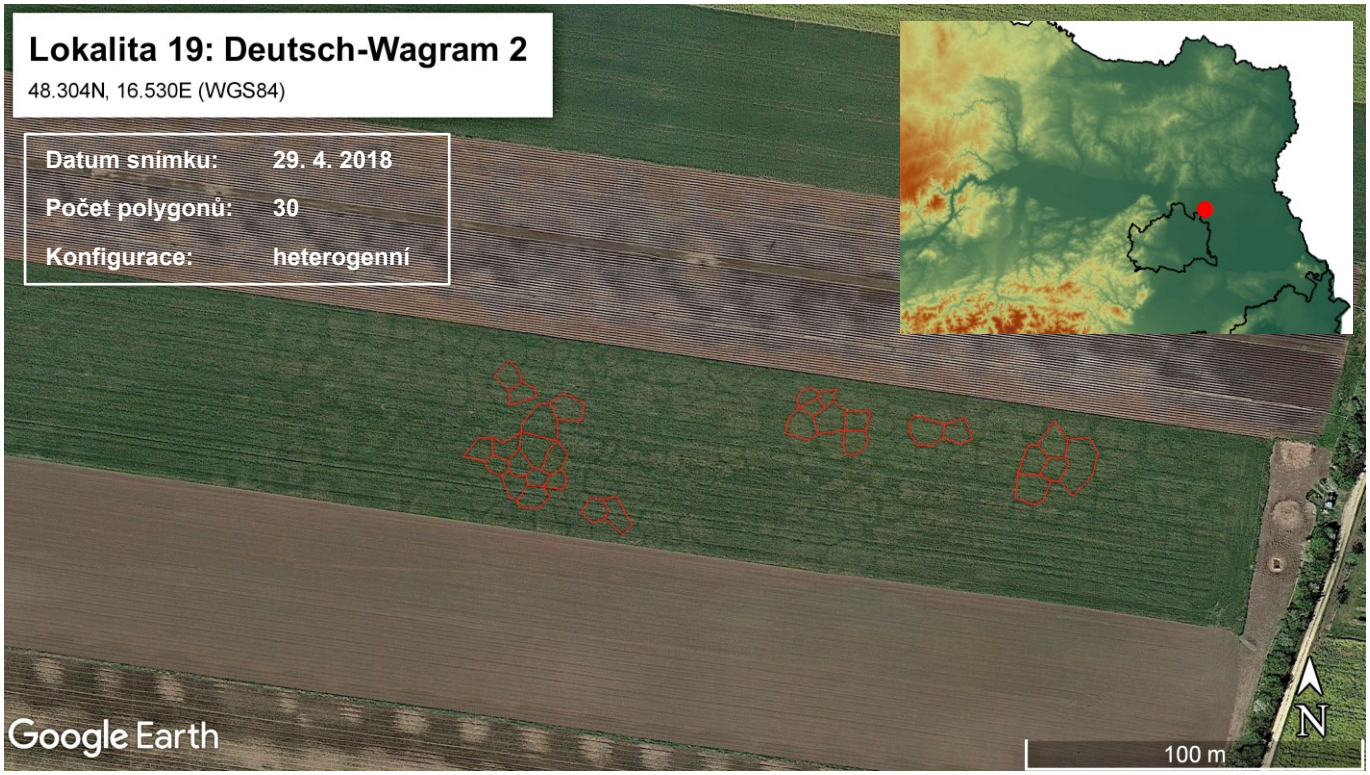
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	166 m n. m.
průměrný sklon	0.42 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	30.36	59.08	10.16	7.72	1.35	5.45
medián	30.35	55.09	10.20	7.83	1.24	5.00
rozpětí	26.03	87.00	11.19	6.47	1.01	6.00
minimální hodnota	20.17	24.79	6.28	4.58	1.00	3.00
maximální hodnota	46.20	111.78	17.46	11.05	2.01	9.00
směrodatná odchylka	6.40	24.40	2.54	1.82	0.30	1.13





Příloha 55: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 18.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 18 podle exponenciální funkce.*

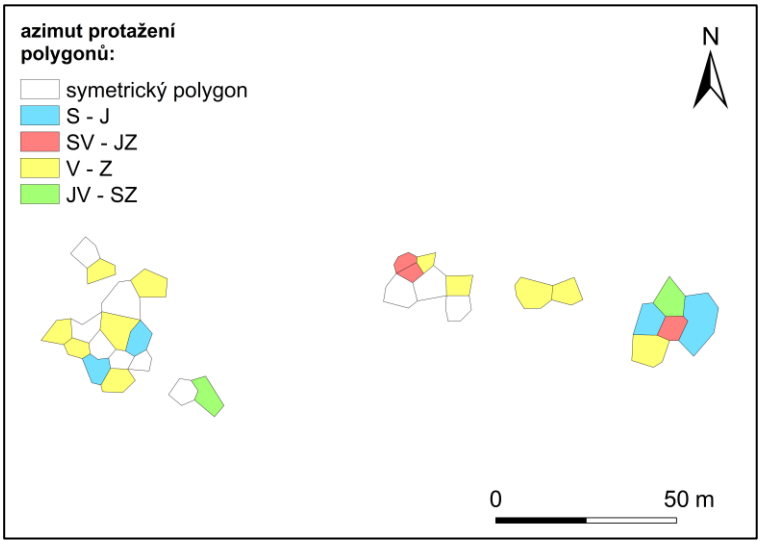


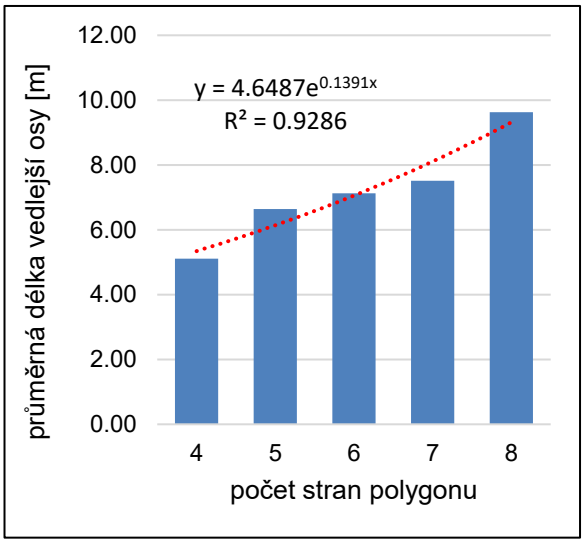
Příloha 56: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 19 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 57: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 19.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 19.*

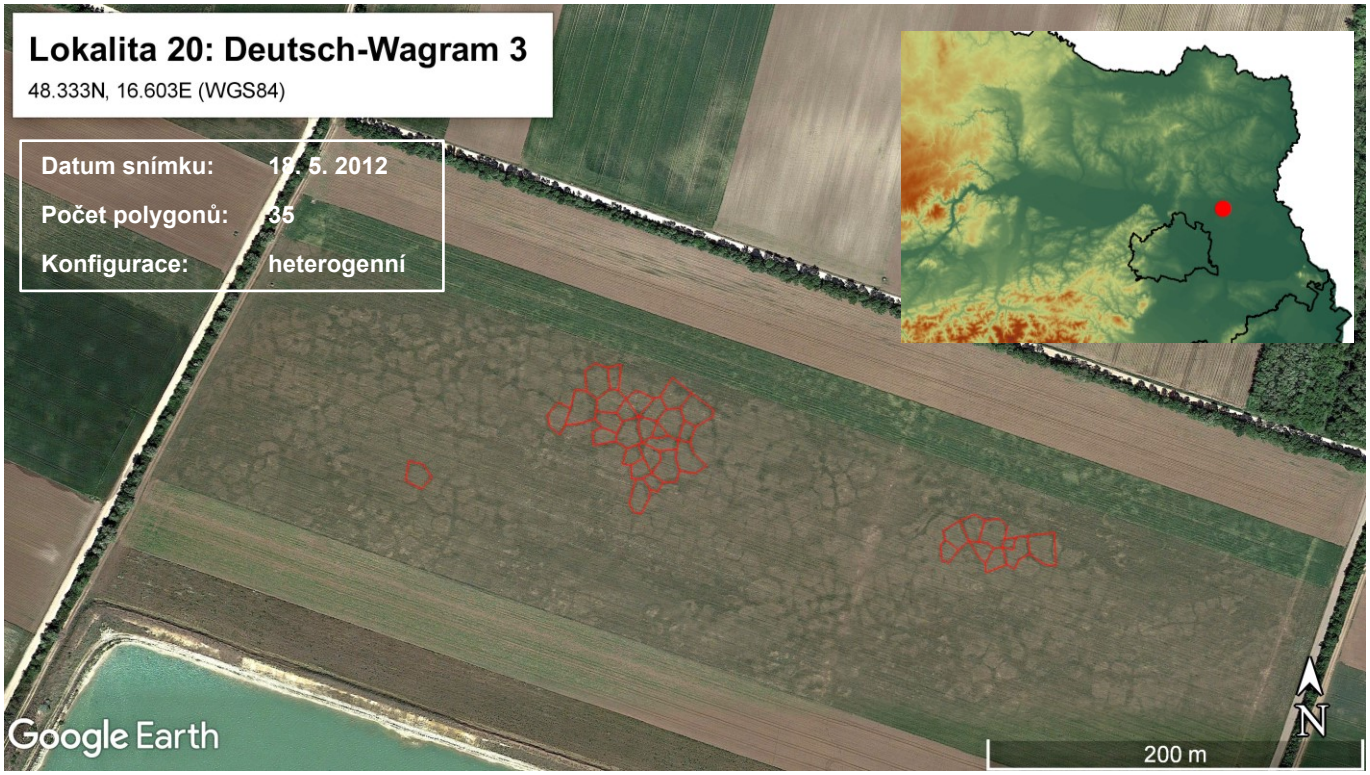
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	160 m n. m.
průměrný sklon	0.40 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	27.02	48.10	8.97	6.95	1.31	5.70
medián	26.12	42.51	8.80	6.87	1.25	6.00
rozpětí	28.88	106.48	12.16	6.35	0.95	4.00
minimální hodnota	17.55	18.71	5.77	3.80	1.00	4.00
maximální hodnota	46.43	125.20	17.93	10.15	1.95	8.00
směrodatná odchylka	5.96	21.31	2.36	1.55	0.27	0.82





Příloha 58: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 19.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 19 podle exponenciální funkce.*

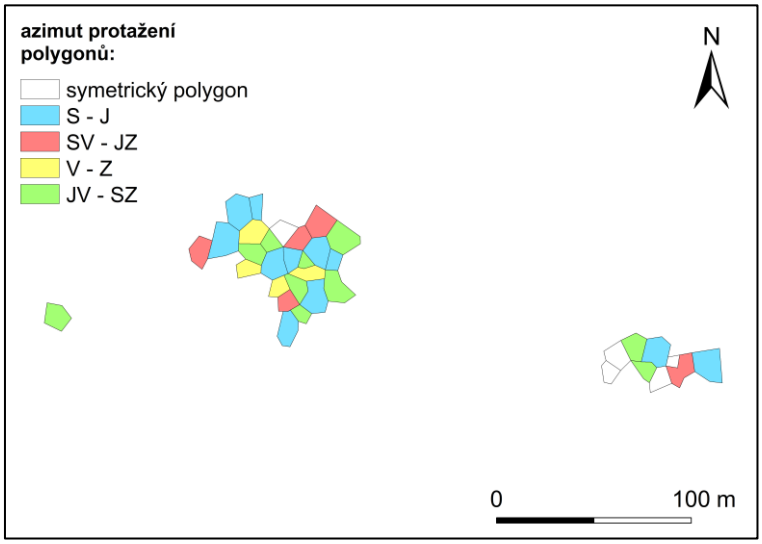


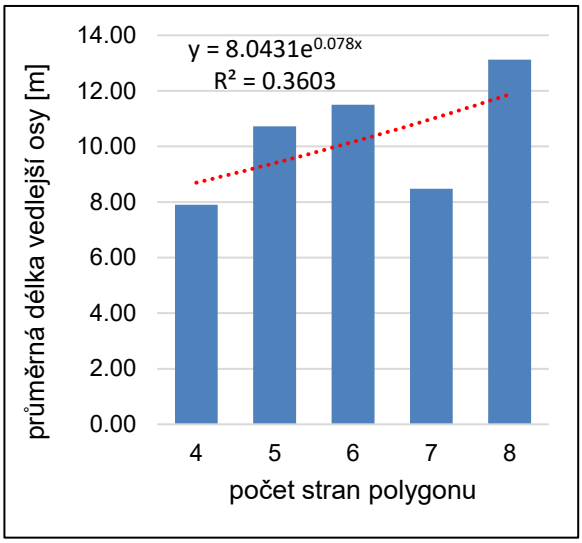
Příloha 59: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 20 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 60: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 20.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 20.*

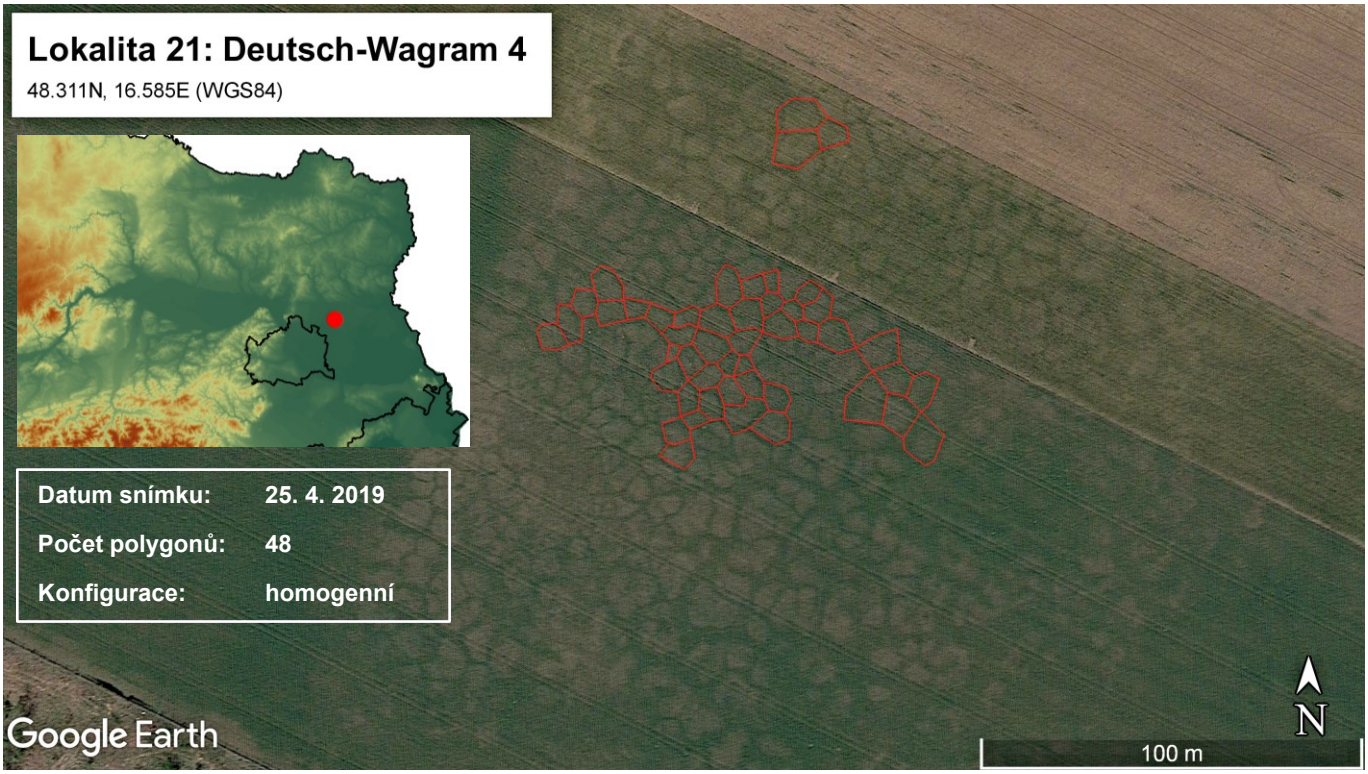
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	162 m n. m.
průměrný sklon	0.15 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	43.33	119.67	14.67	10.77	1.39	5.77
medián	43.13	112.17	15.01	10.90	1.28	5.00
rozpětí	36.09	185.02	13.83	8.66	1.46	4.00
minimální hodnota	23.35	32.91	6.65	6.03	1.04	4.00
maximální hodnota	59.44	217.92	20.48	14.69	2.50	8.00
směrodatná odchylka	8.55	46.81	3.18	2.47	0.31	1.35





Příloha 61: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 20.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 20 podle exponenciální funkce.*

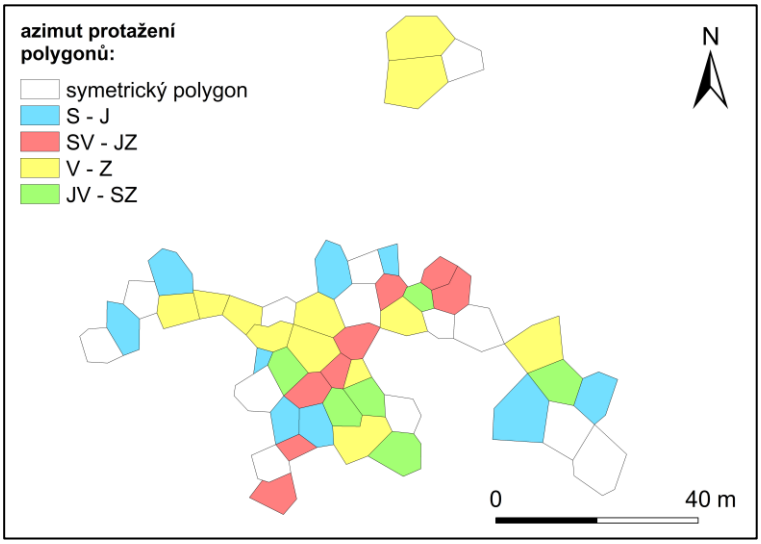


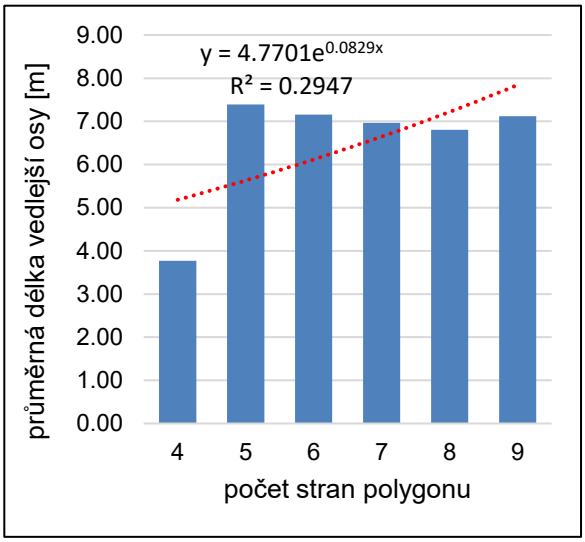
Příloha 62: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 21 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 63: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 21.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 21.*

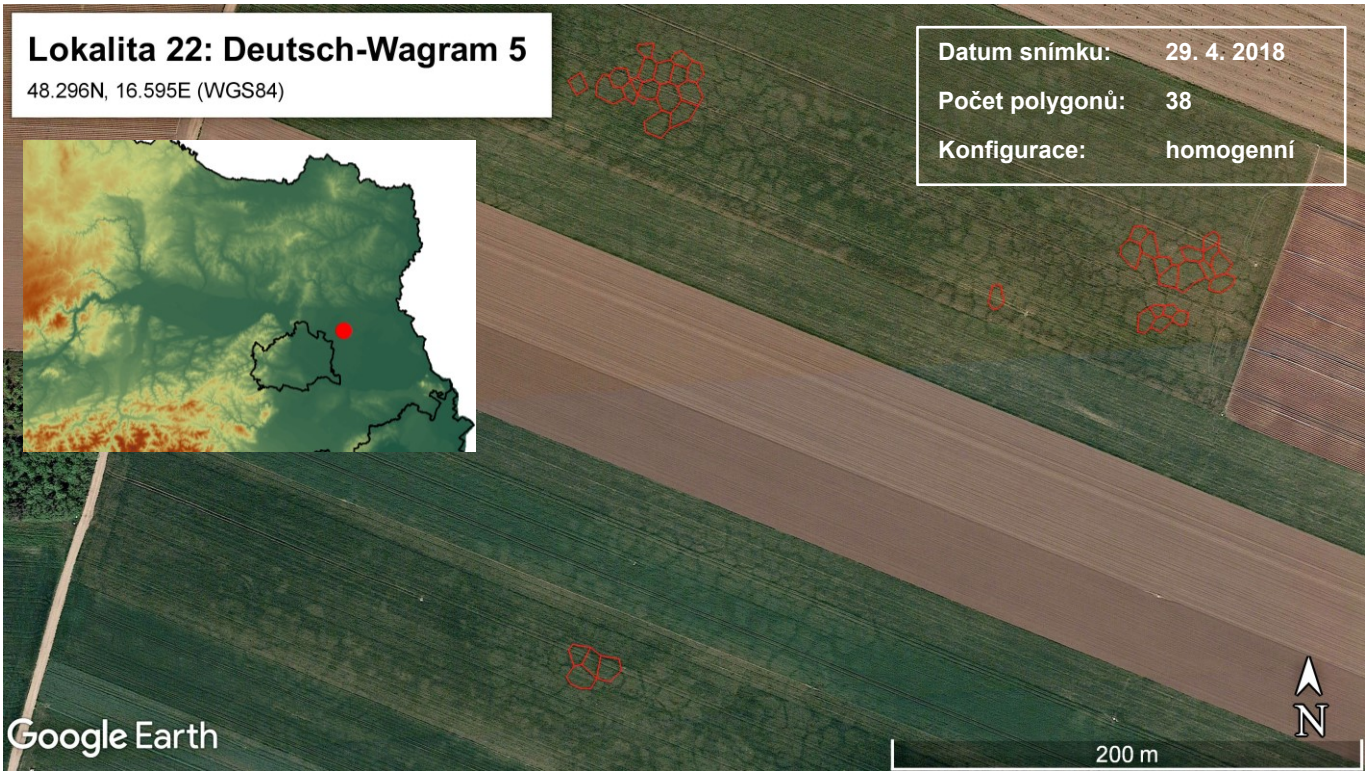
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.30 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	26.88	48.70	8.93	6.94	1.30	6.08
medián	26.03	43.62	8.67	6.81	1.26	6.00
rozpětí	26.36	96.29	8.31	7.49	0.71	5.00
minimální hodnota	14.60	11.16	5.21	3.27	1.02	4.00
maximální hodnota	40.96	107.45	13.52	10.75	1.73	9.00
směrodatná odchylka	5.66	21.06	2.00	1.56	0.20	1.19





Příloha 64: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 21.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 21 podle exponenciální funkce.*

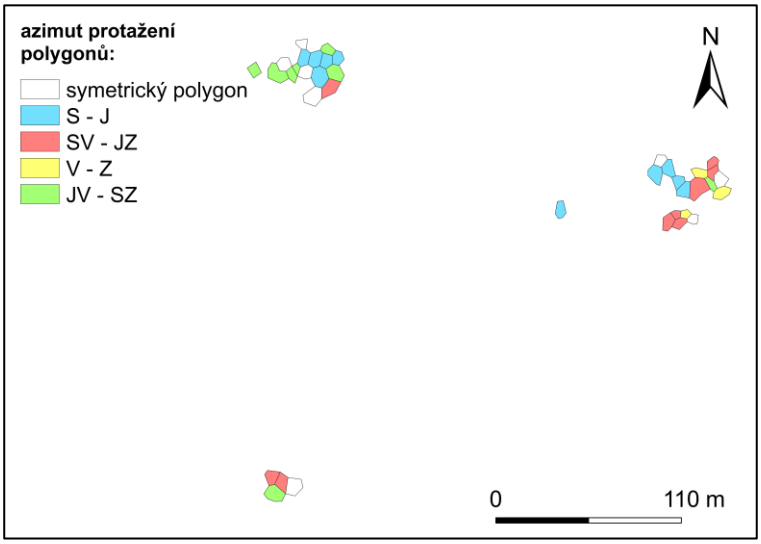


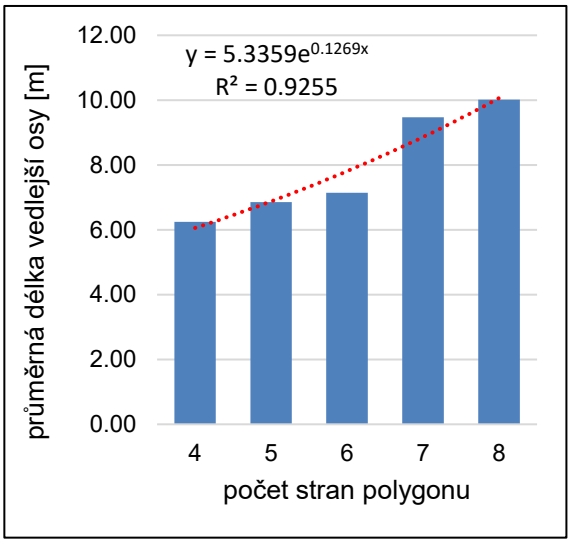
Příloha 65: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 22 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 66: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 22.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 22.*

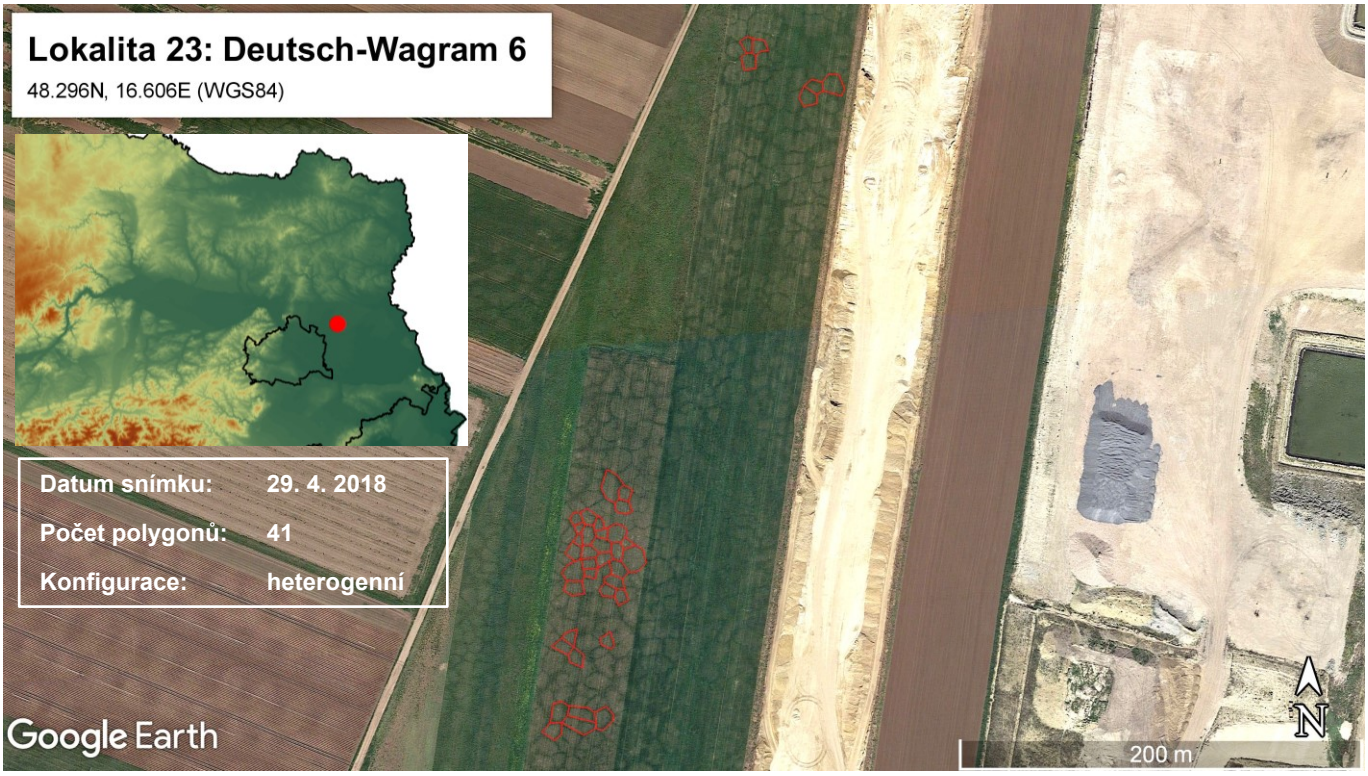
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice, regozem
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.15 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	28.77	55.03	9.71	7.39	1.35	5.79
medián	28.28	54.27	9.76	7.15	1.25	6.00
rozpětí	23.16	91.84	8.29	7.06	1.35	4.00
minimální hodnota	18.79	19.38	6.13	4.08	1.00	4.00
maximální hodnota	41.96	111.22	14.42	11.14	2.35	8.00
směrodatná odchylka	5.53	21.96	2.05	1.74	0.29	0.92





Příloha 67: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 22.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 22 podle exponenciální funkce.*

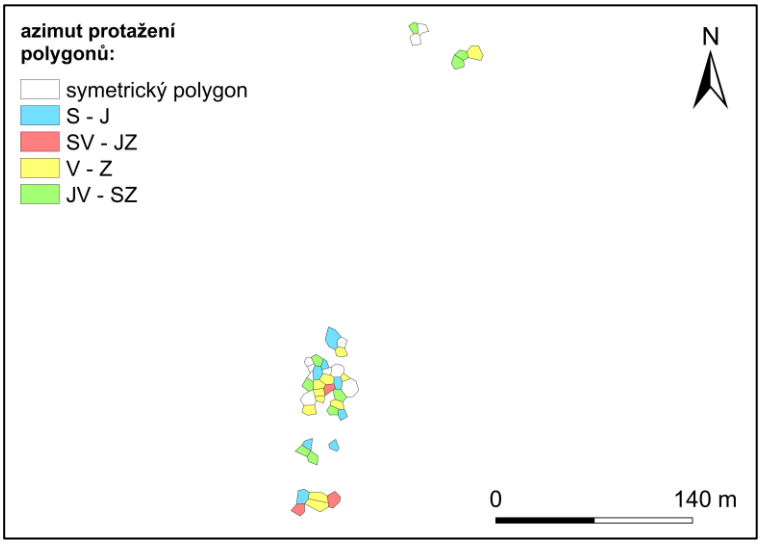


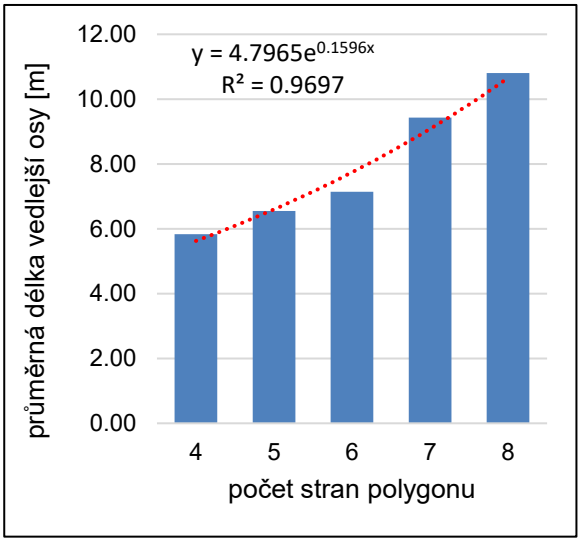
Příloha 68: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 23 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 69: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 23.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 23.*

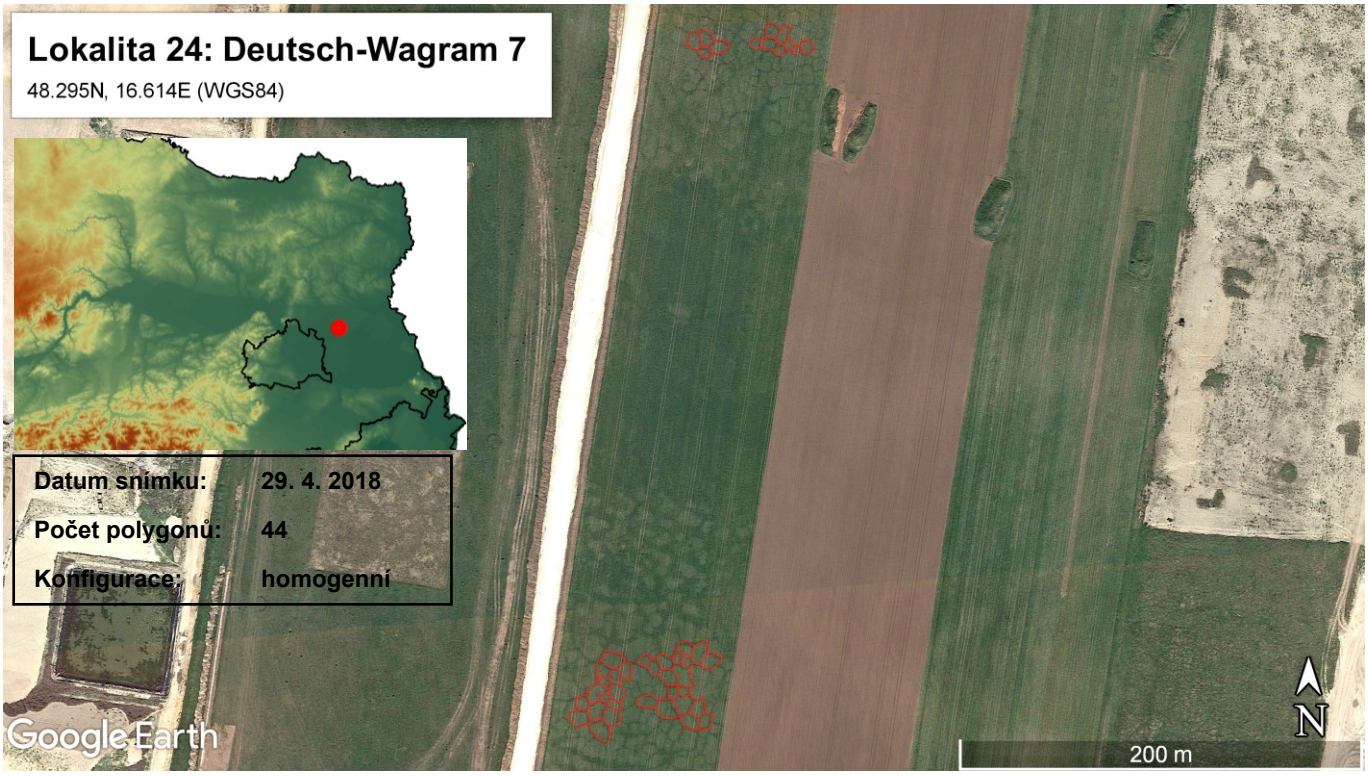
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice, regozem
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	162 m n. m.
průměrný sklon	0.28 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	28.08	52.18	9.50	7.13	1.35	5.56
medián	27.08	46.54	9.28	6.72	1.32	5.00
rozpětí	24.65	100.11	11.74	7.12	1.40	4.00
minimální hodnota	18.22	19.22	5.33	4.99	1.01	4.00
maximální hodnota	42.87	119.33	17.07	12.10	2.41	8.00
směrodatná odchylka	5.72	22.65	2.34	1.58	0.29	1.04





Příloha 70: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 23.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 23 podle exponenciální funkce.*

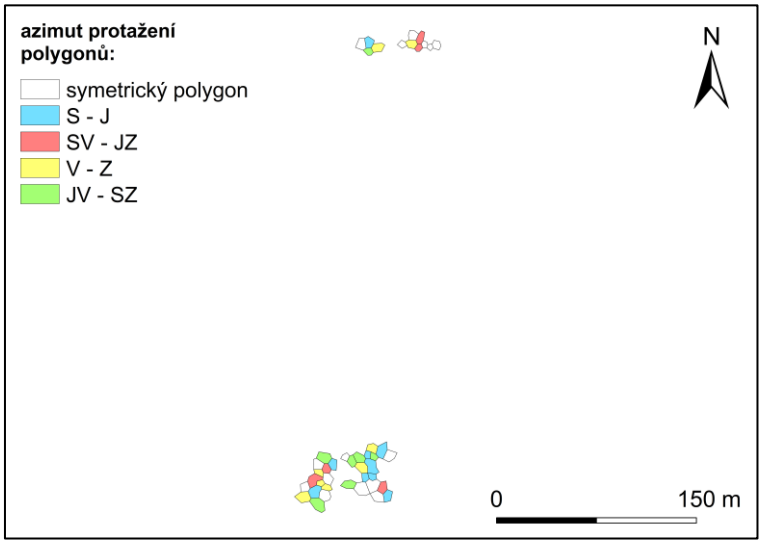


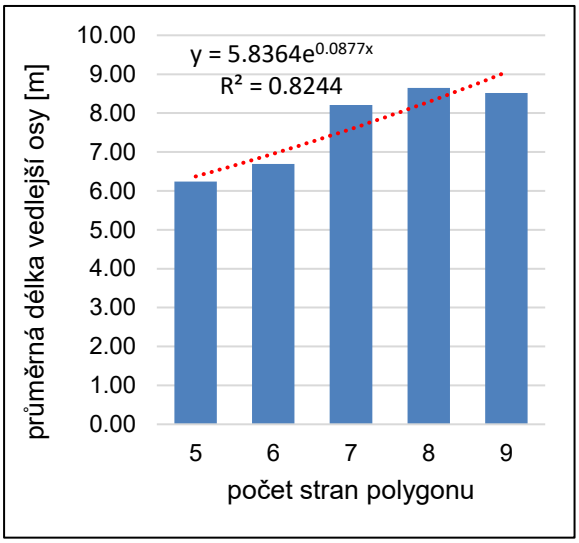
Příloha 71: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 24 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 72: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 24.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 24.*

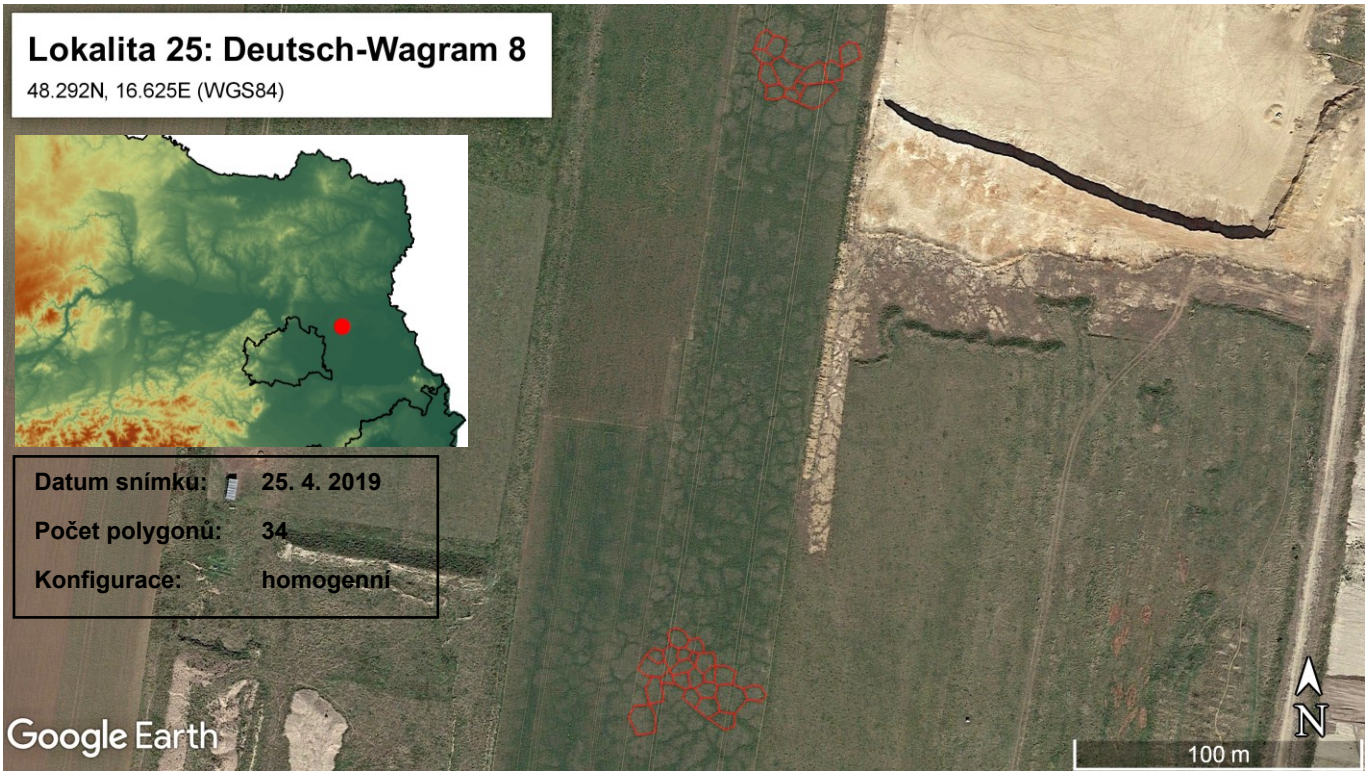
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.30 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	26.37	47.27	8.86	6.89	1.30	5.93
medián	26.64	45.78	8.80	6.82	1.26	6.00
rozpětí	22.67	72.26	8.65	5.93	0.99	4.00
minimální hodnota	15.14	15.50	4.82	4.45	1.03	5.00
maximální hodnota	37.82	87.76	13.47	10.38	2.01	9.00
směrodatná odchylka	5.63	18.83	2.16	1.51	0.22	0.96





Příloha 73: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 24.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 24 podle exponenciální funkce.*

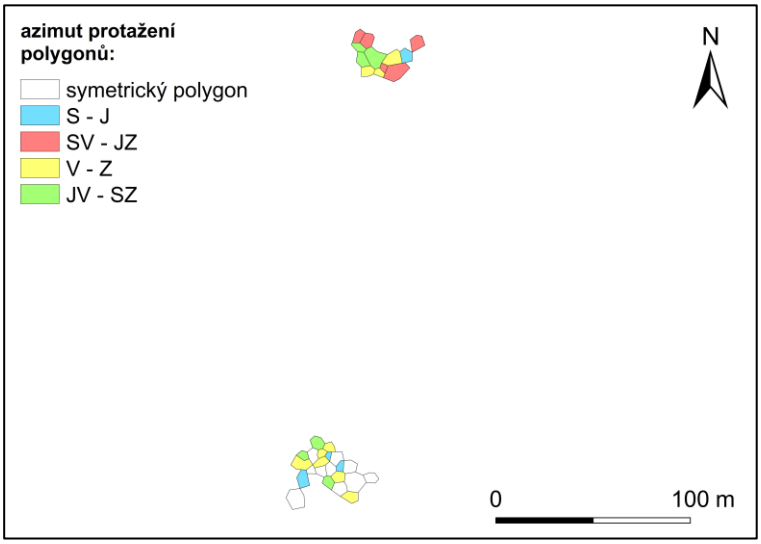


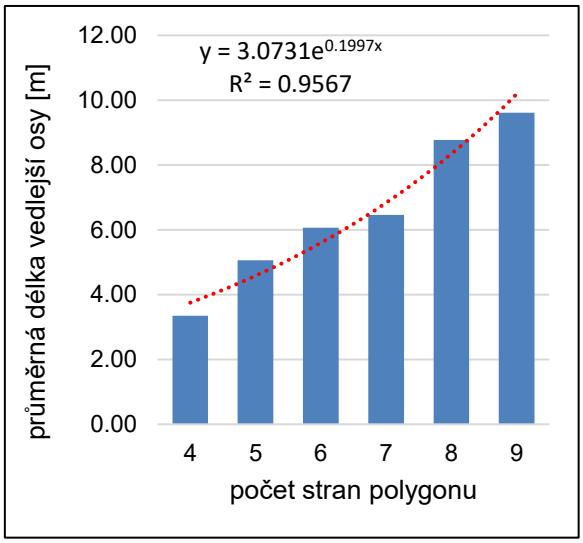
Příloha 74: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 25 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 75: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 25.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 25.*

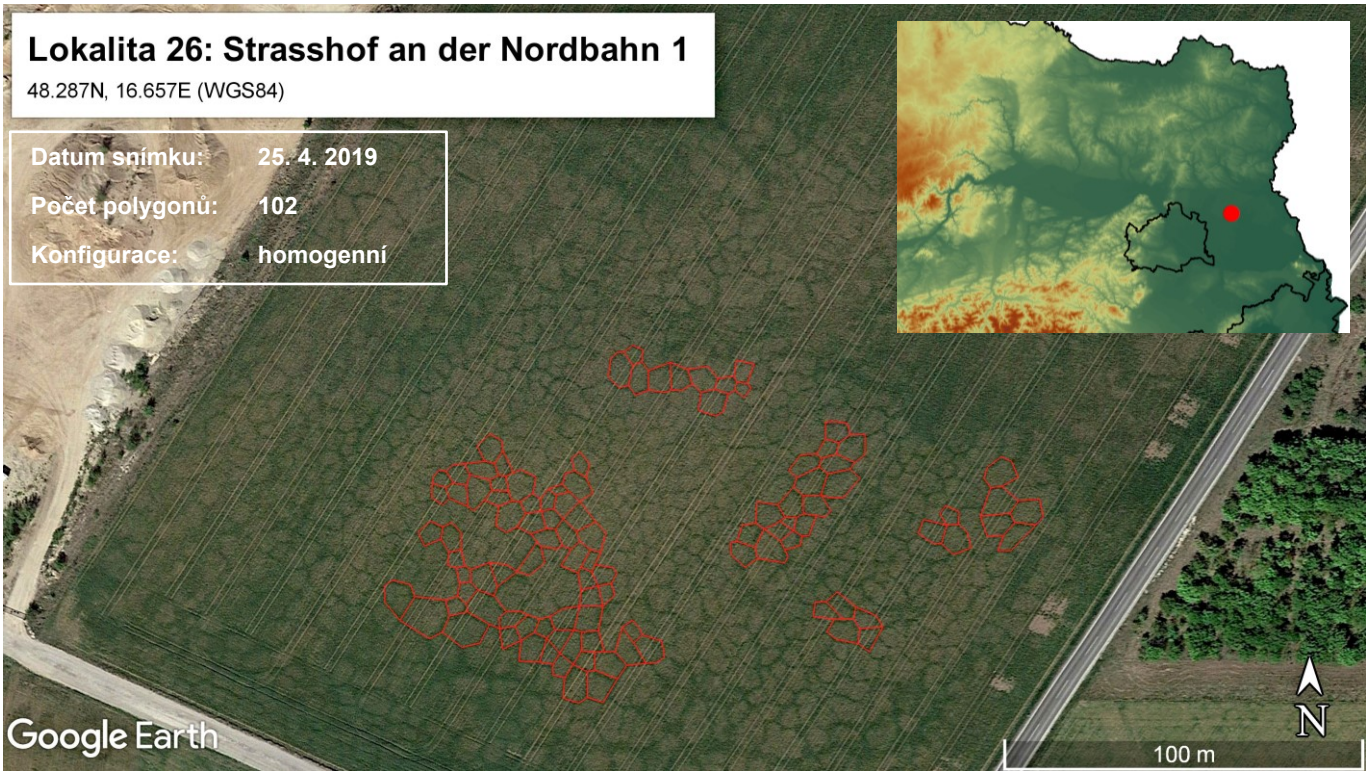
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.43 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	23.20	36.83	7.80	6.03	1.32	6.00
medián	22.47	32.73	7.54	5.94	1.27	6.00
rozpětí	22.62	76.62	8.81	7.18	0.94	5.00
minimální hodnota	13.50	10.17	4.42	3.08	1.01	4.00
maximální hodnota	36.11	86.79	13.22	10.25	1.95	9.00
směrodatná odchylka	5.73	19.00	2.02	1.72	0.25	1.11





Příloha 76: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 25.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 25 podle exponenciální funkce.*

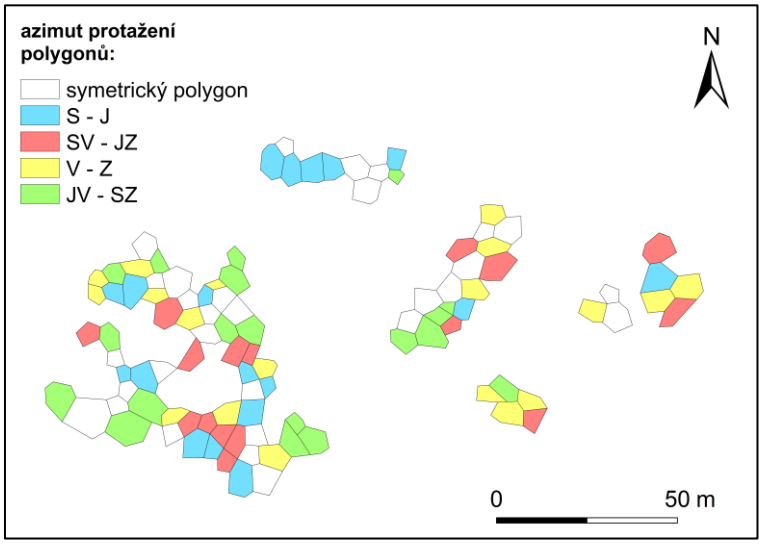


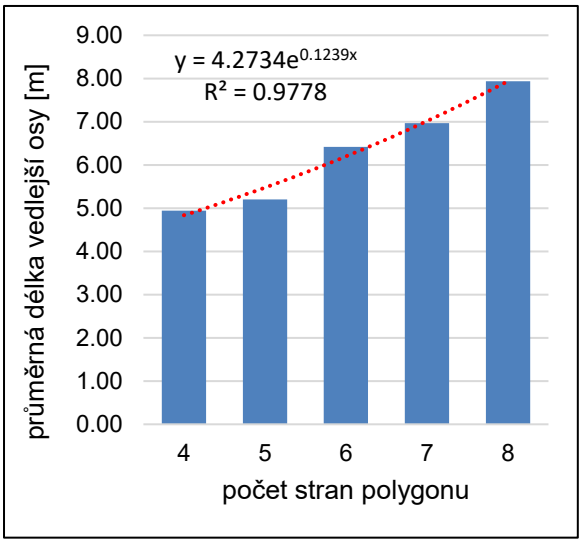
Příloha 77: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 26 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 78: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 26.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 26.*

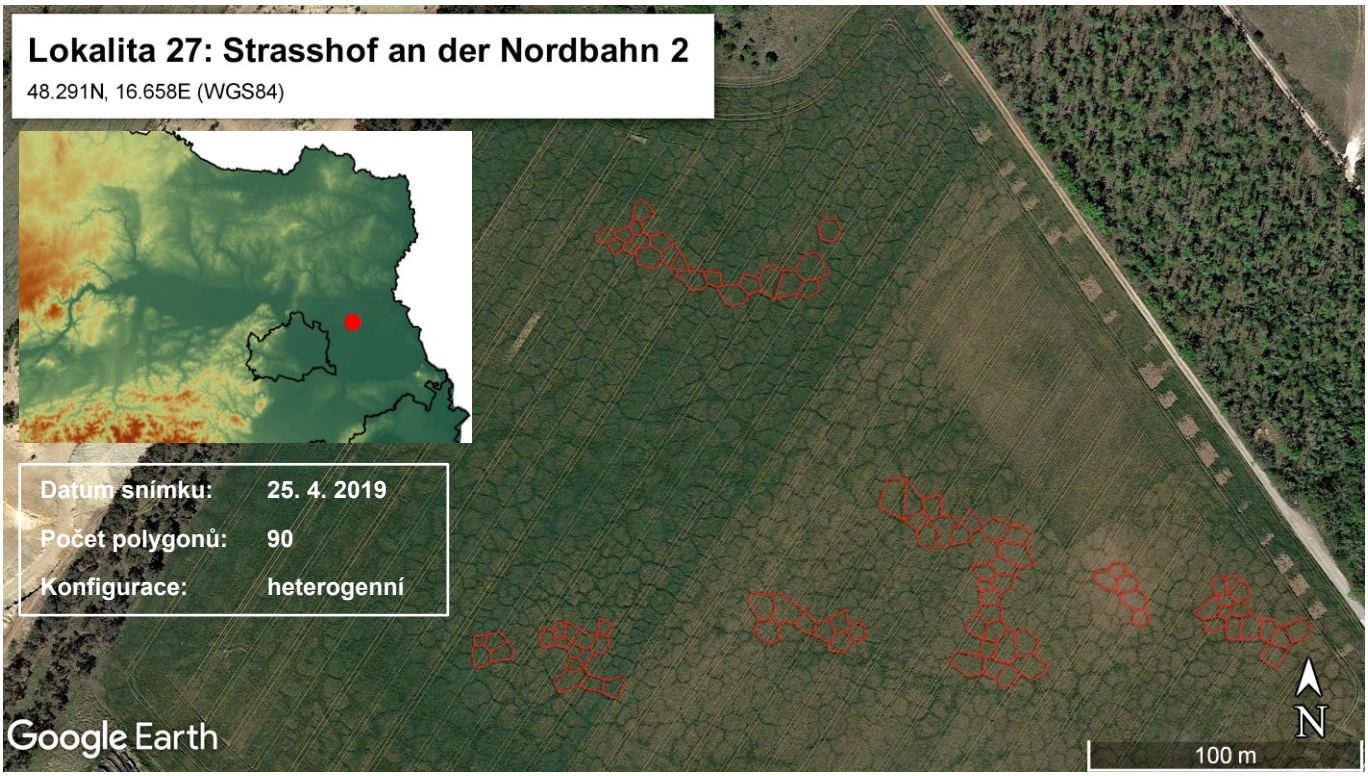
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.24 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	22.81	34.65	7.69	5.80	1.36	5.48
medián	22.69	33.12	7.65	5.64	1.26	5.00
rozpětí	25.90	96.62	8.41	8.87	1.69	4.00
minimální hodnota	13.36	9.70	4.25	2.51	1.00	4.00
maximální hodnota	39.26	106.31	12.65	11.39	2.70	8.00
směrodatná odchylka	4.62	15.07	1.79	1.39	0.32	0.87





Příloha 79: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 26.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 26 podle exponenciální funkce.*

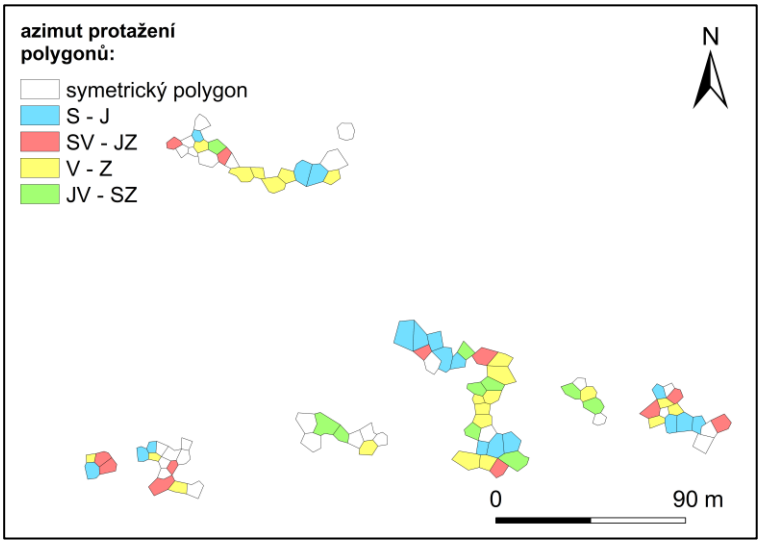


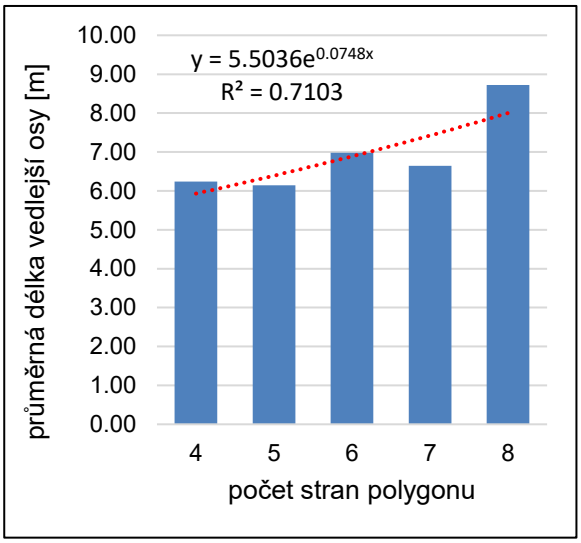
Příloha 80: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 27 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 81: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 27.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 27.*

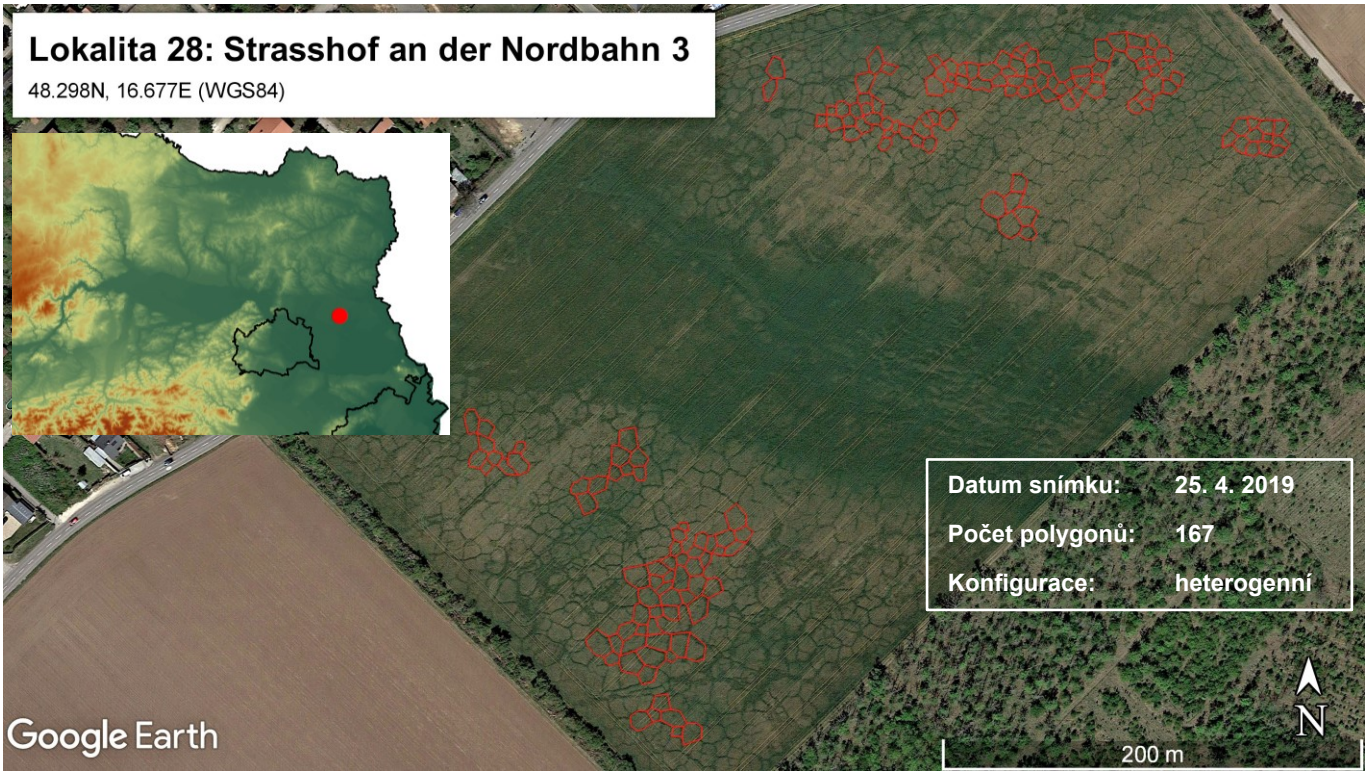
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.34 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	25.84	43.94	8.65	6.59	1.32	5.61
medián	25.31	41.26	8.30	6.56	1.28	5.00
rozpětí	27.28	89.46	10.03	6.78	1.00	4.00
minimální hodnota	15.18	14.62	4.81	3.78	1.00	4.00
maximální hodnota	42.46	104.08	14.84	10.56	2.00	8.00
směrodatná odchylka	5.75	18.60	2.30	1.41	0.23	0.97





Příloha 82: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 27.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 27 podle exponenciální funkce.*

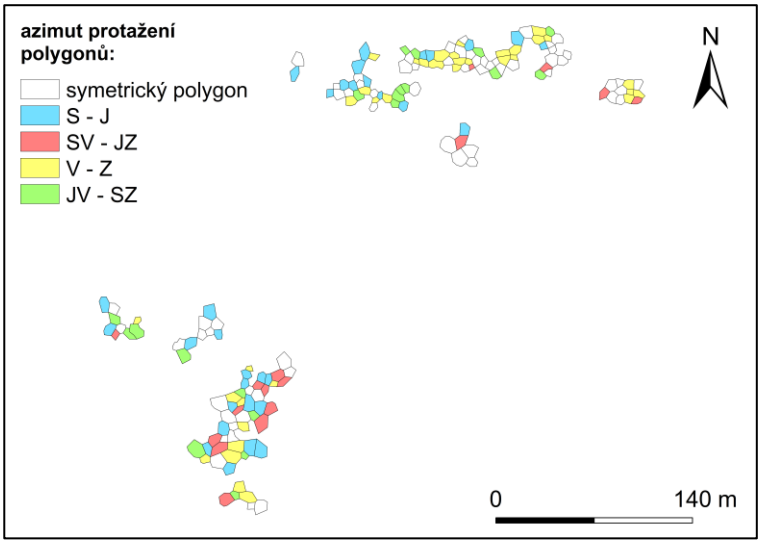


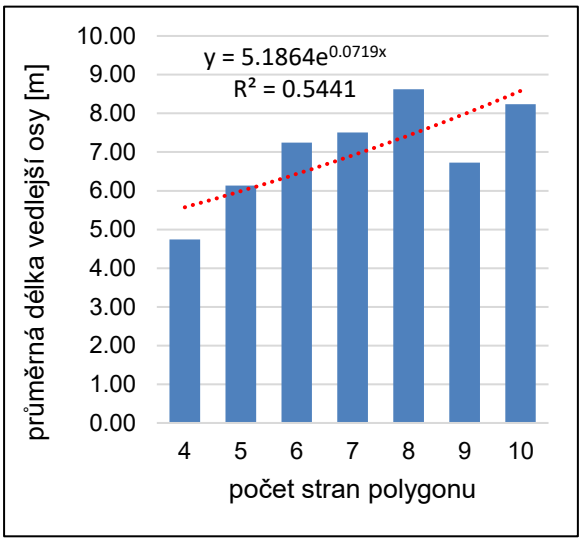
Příloha 83: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 28 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 84: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 28.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 28.*

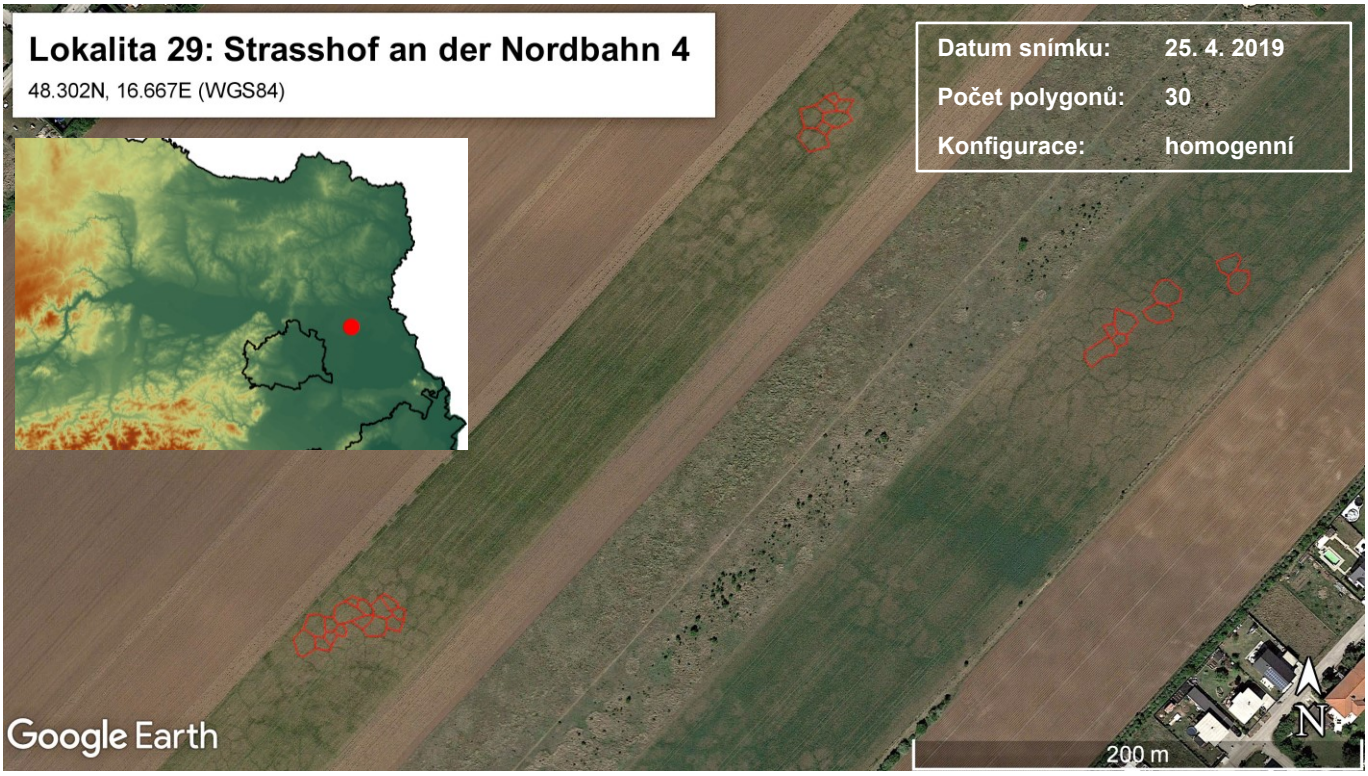
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.27 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	25.96	45.54	8.59	6.75	1.30	5.78
medián	24.68	39.30	8.24	6.51	1.21	6.00
rozpětí	25.53	97.22	11.43	8.05	1.56	6.00
minimální hodnota	14.37	12.47	4.36	3.34	1.00	4.00
maximální hodnota	39.90	109.69	15.80	11.40	2.56	10.00
směrodatná odchylka	5.79	21.32	2.21	1.68	0.28	1.12





Příloha 85: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 28.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 28 podle exponenciální funkce.*

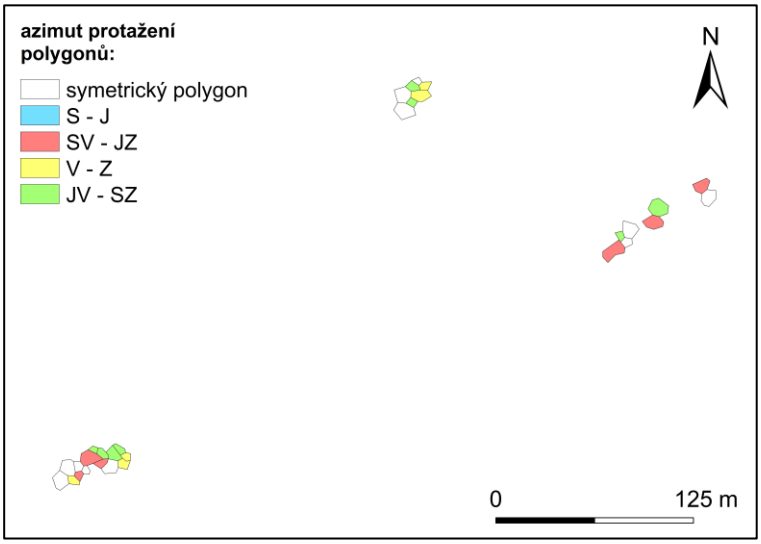


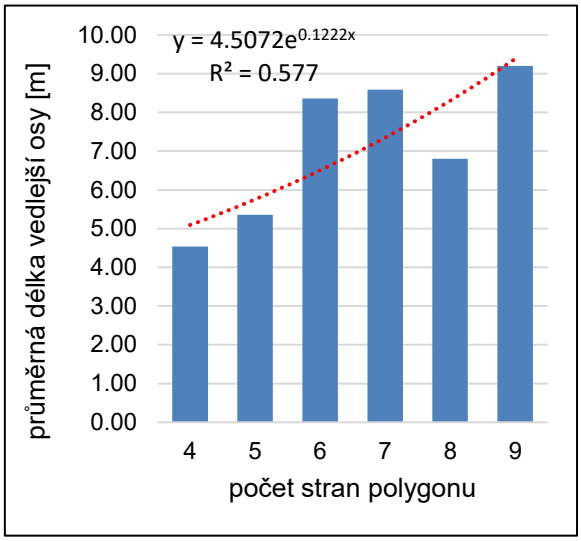
Příloha 86: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 29 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 87: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 29.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 29.*

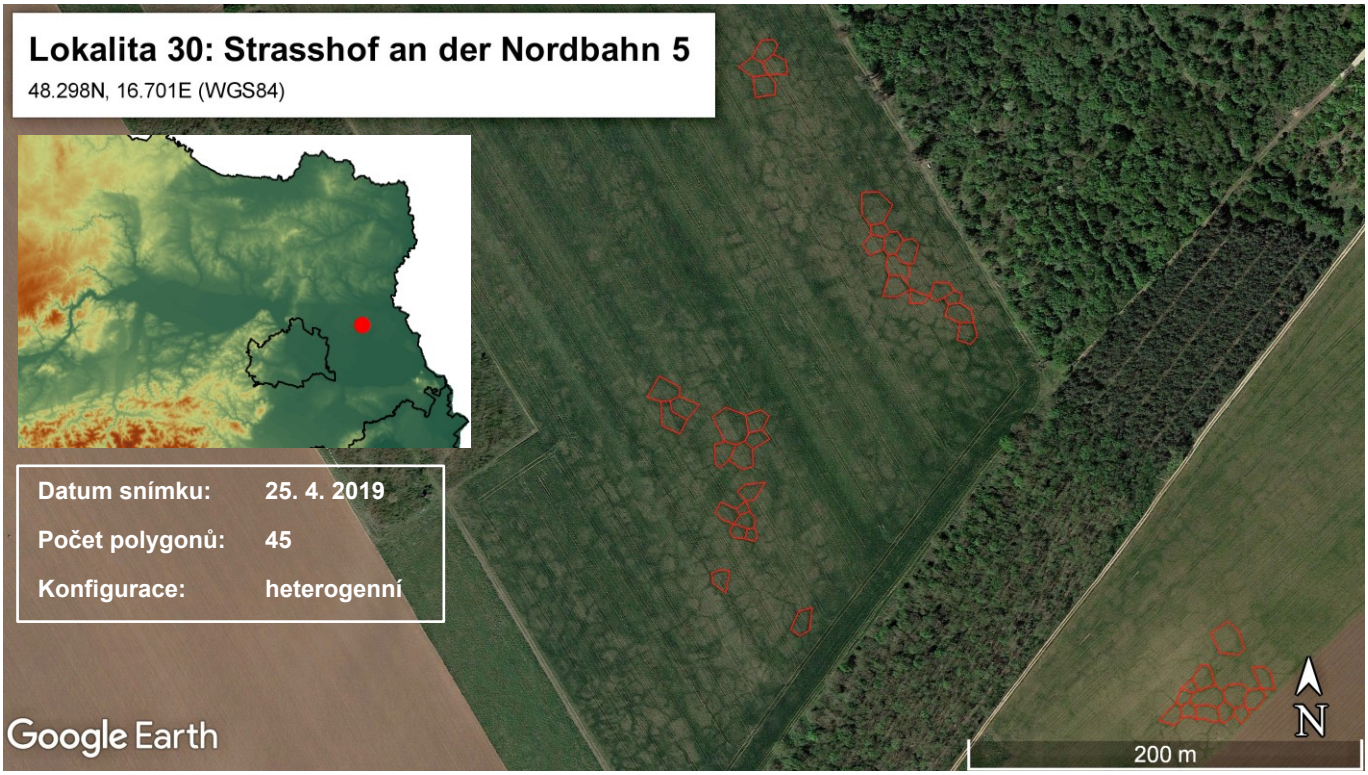
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.20 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	27.74	53.04	9.33	7.16	1.34	6.03
medián	24.99	37.81	9.79	6.32	1.21	6.00
rozpětí	26.09	86.94	9.92	7.44	0.94	5.00
minimální hodnota	17.20	17.17	5.08	3.73	1.01	4.00
maximální hodnota	43.29	104.11	15.00	11.17	1.95	9.00
směrodatná odchylka	7.43	28.52	2.60	2.22	0.29	1.22





Příloha 88: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 29.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 29 podle exponenciální funkce.*

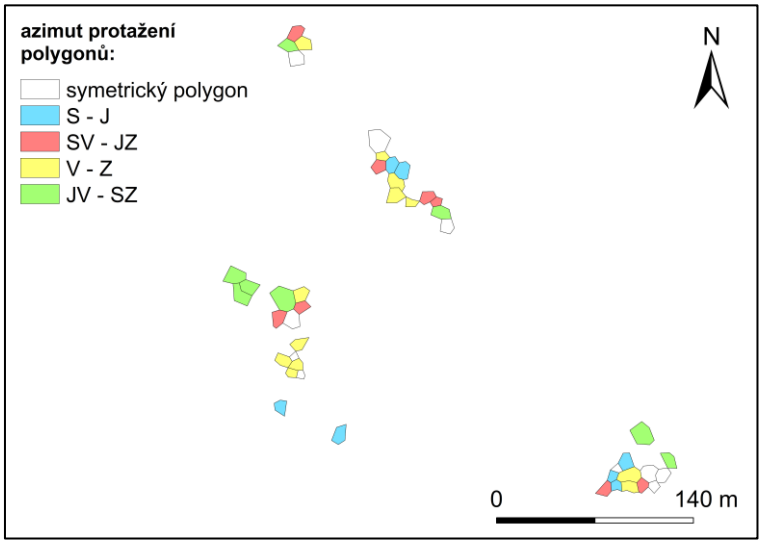


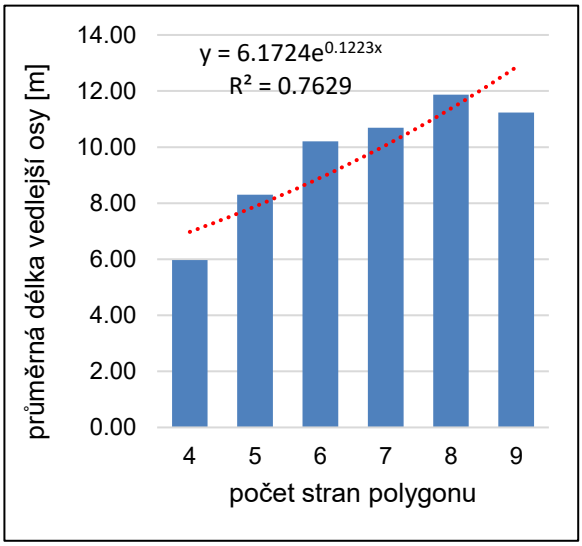
Příloha 89: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 30 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 90: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 30.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 30.*

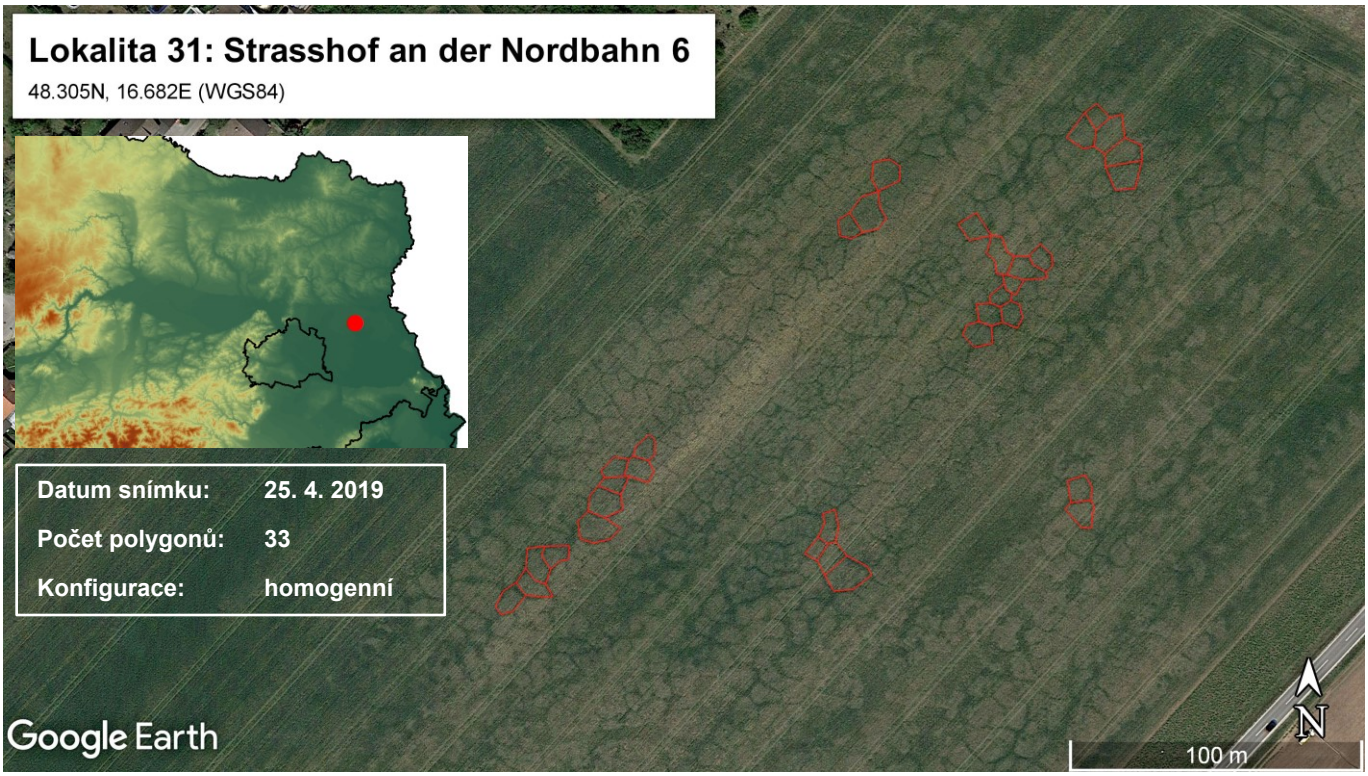
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	152 m n. m.
průměrný sklon	0.27 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	36.10	87.59	12.17	9.31	1.32	5.76
medián	36.97	83.20	11.98	8.92	1.27	6.00
rozpětí	36.11	199.69	13.54	9.89	0.88	5.00
minimální hodnota	20.66	25.88	5.81	5.55	1.05	4.00
maximální hodnota	56.77	225.57	19.35	15.43	1.93	9.00
směrodatná odchylka	7.90	40.40	2.96	2.26	0.21	1.08





Příloha 91: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 30.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 30 podle exponenciální funkce.*

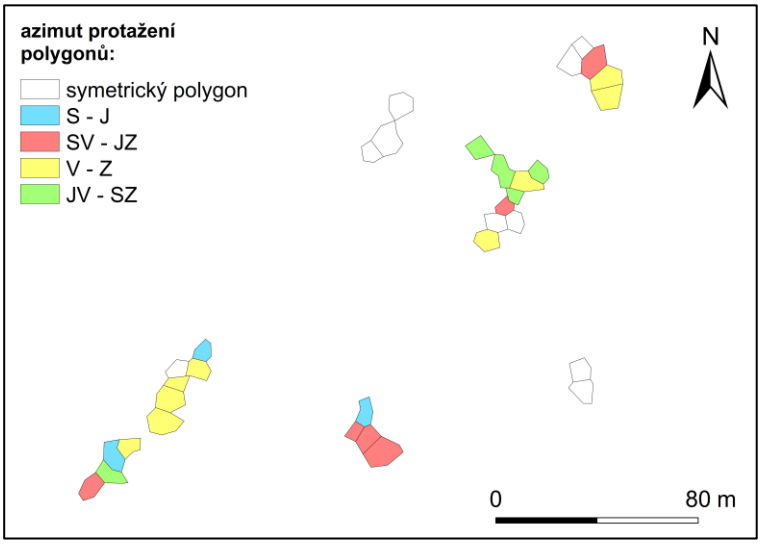


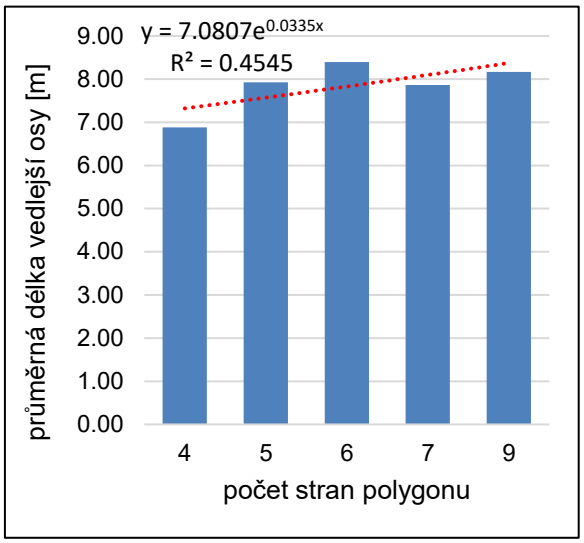
Příloha 92: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 31 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 93: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 31.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 31.*

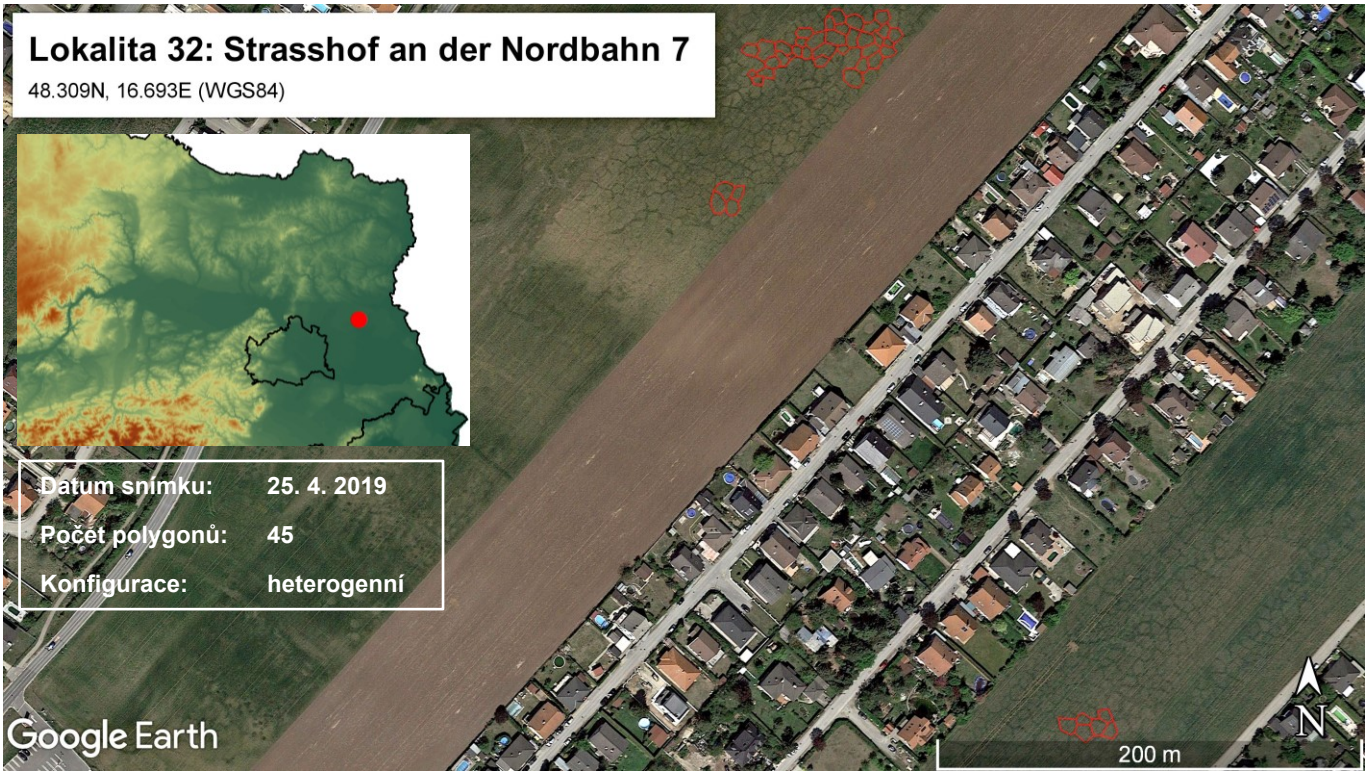
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	163 m n. m.
průměrný sklon	0.30 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	31.66	64.32	10.57	7.96	1.34	5.91
medián	31.37	61.29	10.28	7.90	1.28	6.00
rozpětí	19.38	87.56	7.47	6.73	0.92	5.00
minimální hodnota	22.69	30.55	7.03	4.84	1.01	4.00
maximální hodnota	42.07	118.11	14.50	11.58	1.93	9.00
směrodatná odchylka	5.24	21.67	2.35	1.38	0.24	1.11





Příloha 94: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 31.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 31 podle exponenciální funkce.*

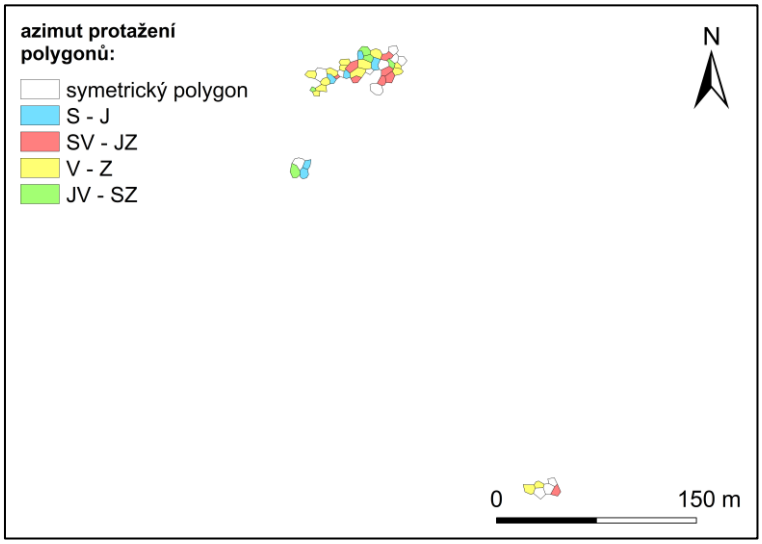


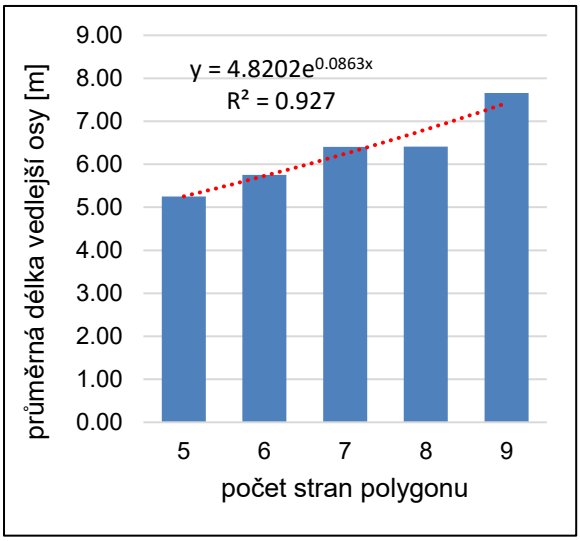
Příloha 95: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 32 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 96: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 32.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 32.*

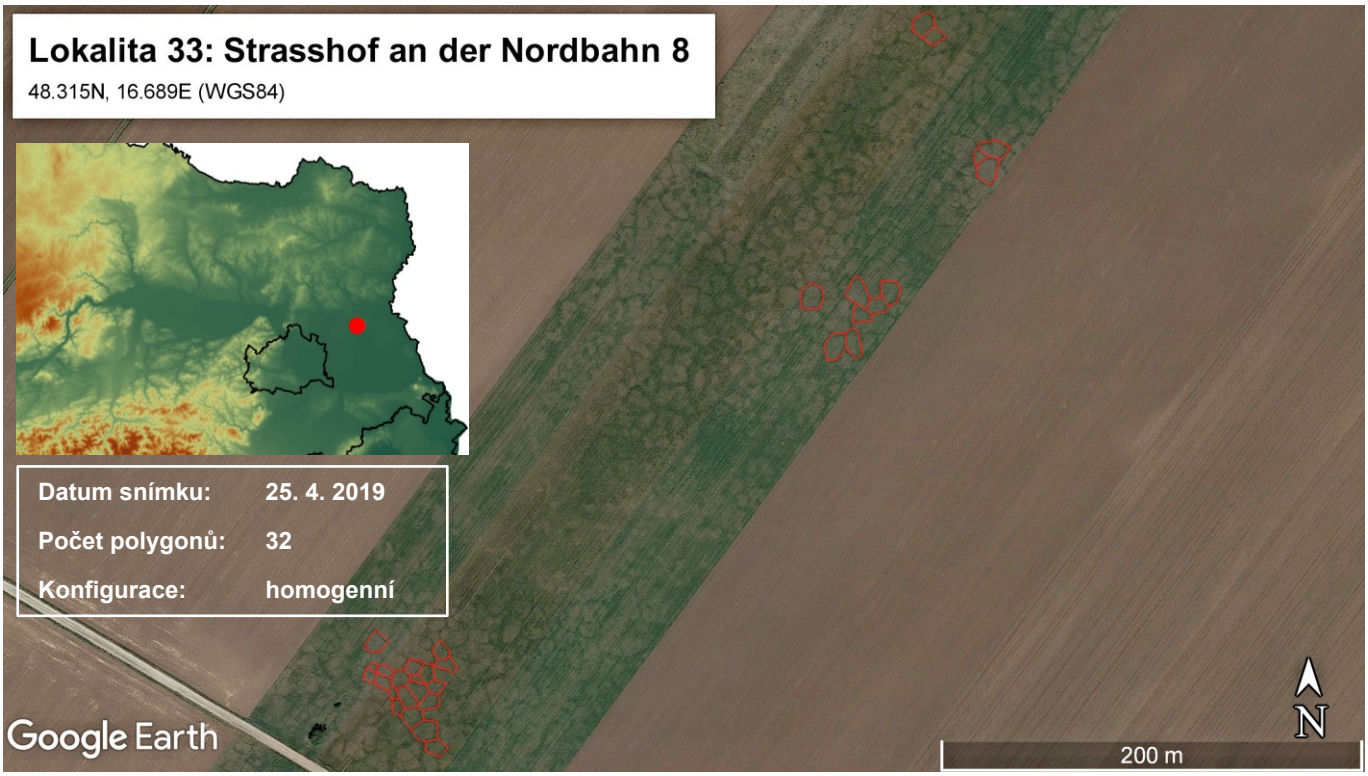
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.29 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	23.72	36.97	8.15	6.00	1.38	6.53
medián	23.56	34.59	8.34	5.86	1.37	6.00
rozpětí	21.66	59.57	8.56	6.38	0.86	4.00
minimální hodnota	12.13	7.77	3.83	2.85	1.00	5.00
maximální hodnota	33.80	67.35	12.39	9.24	1.86	9.00
směrodatná odchylka	4.78	14.14	1.86	1.37	0.24	1.22





Příloha 97: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 32.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 32 podle exponenciální funkce.*

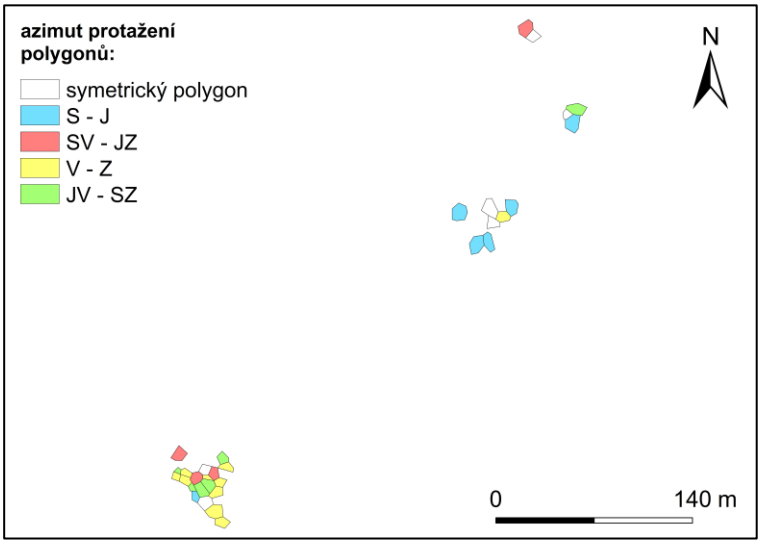


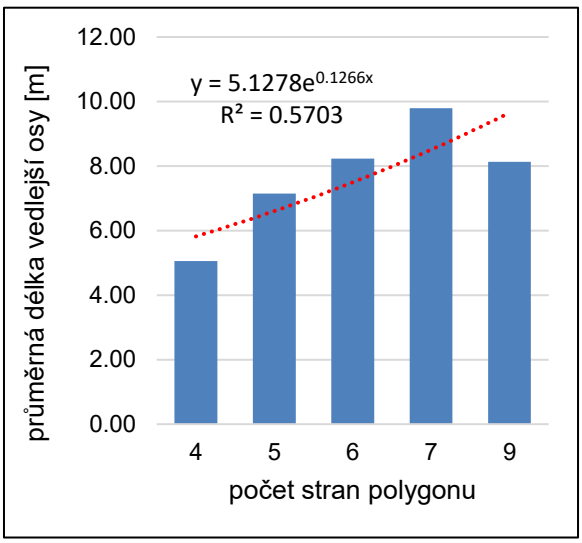
Příloha 98: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 33 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 99: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 33.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 33.*

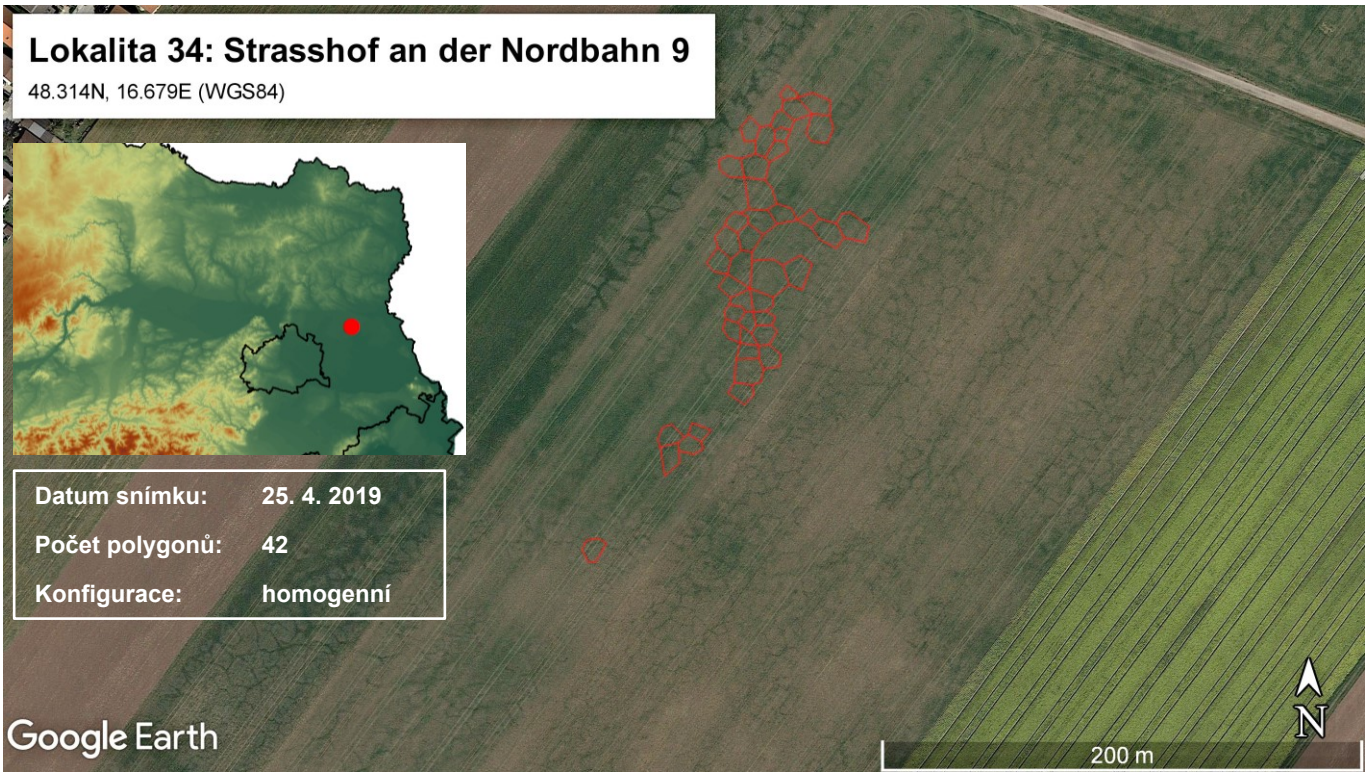
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.28 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	30.16	60.73	10.22	7.61	1.39	5.59
medián	29.88	58.19	10.25	7.60	1.31	6.00
rozpětí	25.48	93.09	9.32	8.64	1.56	5.00
minimální hodnota	15.64	14.23	5.25	3.27	1.03	4.00
maximální hodnota	41.12	107.32	14.57	11.91	2.59	9.00
směrodatná odchylka	6.43	25.96	2.25	2.03	0.33	1.03





Příloha 100: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 33.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 33 podle exponenciální funkce.*

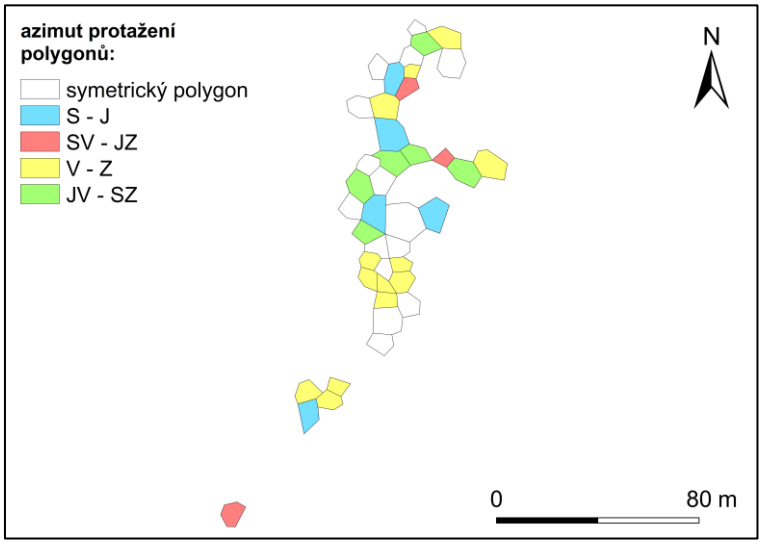


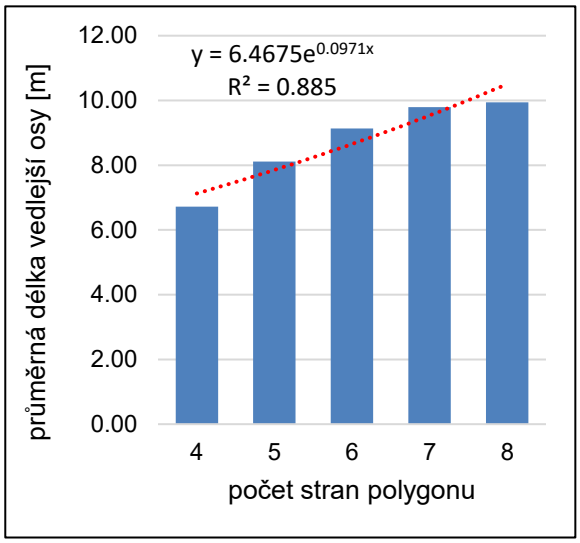
Příloha 101: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 34 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 102: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 34.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 34.*

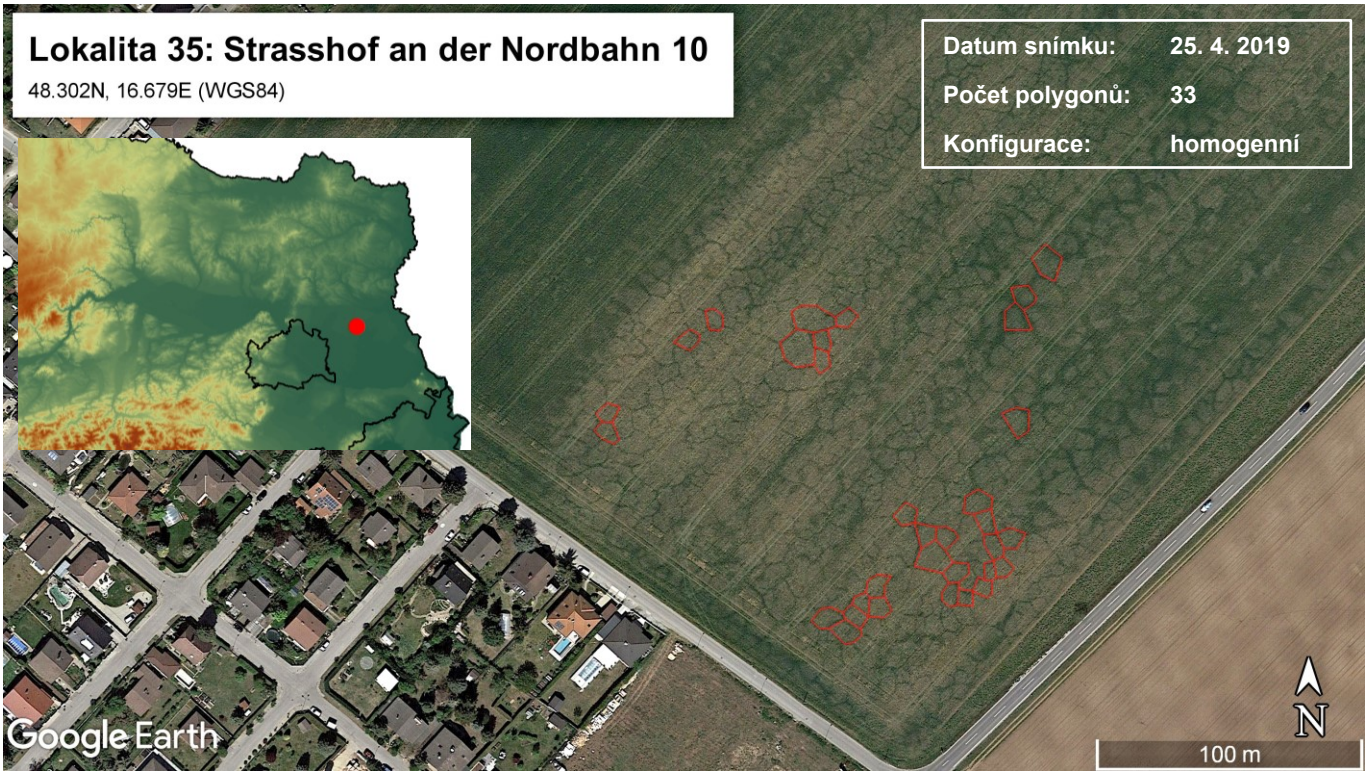
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.26 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	32.85	71.88	10.73	8.62	1.26	5.62
medián	32.30	64.50	10.57	8.53	1.21	6.00
rozpětí	31.18	162.97	9.55	10.13	0.78	4.00
minimální hodnota	20.91	27.93	6.57	5.51	1.01	4.00
maximální hodnota	52.09	190.90	16.11	15.64	1.79	8.00
směrodatná odchylka	6.46	31.03	2.28	1.92	0.20	0.95





Příloha 103: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 34.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 34 podle exponenciální funkce.*

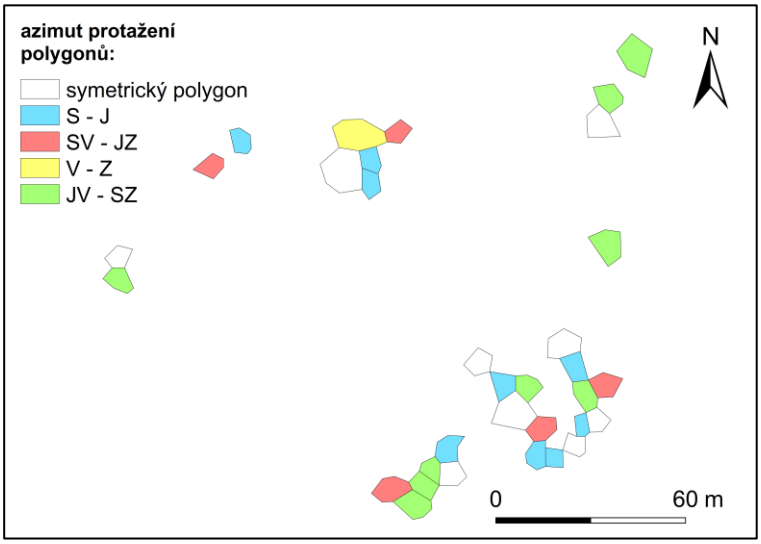


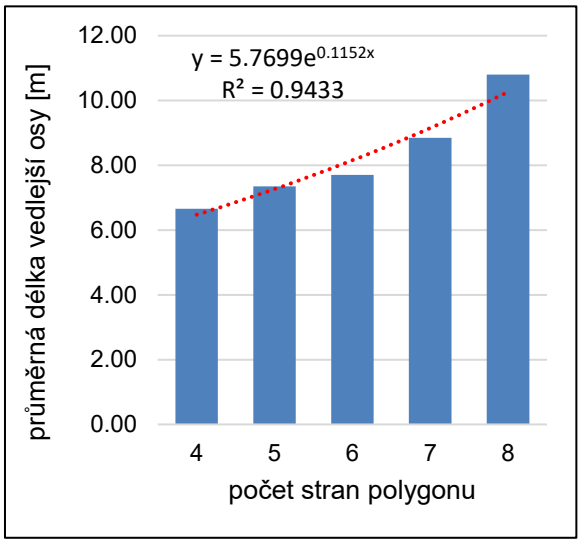
Příloha 104: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 35 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 105: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 35.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 35.*

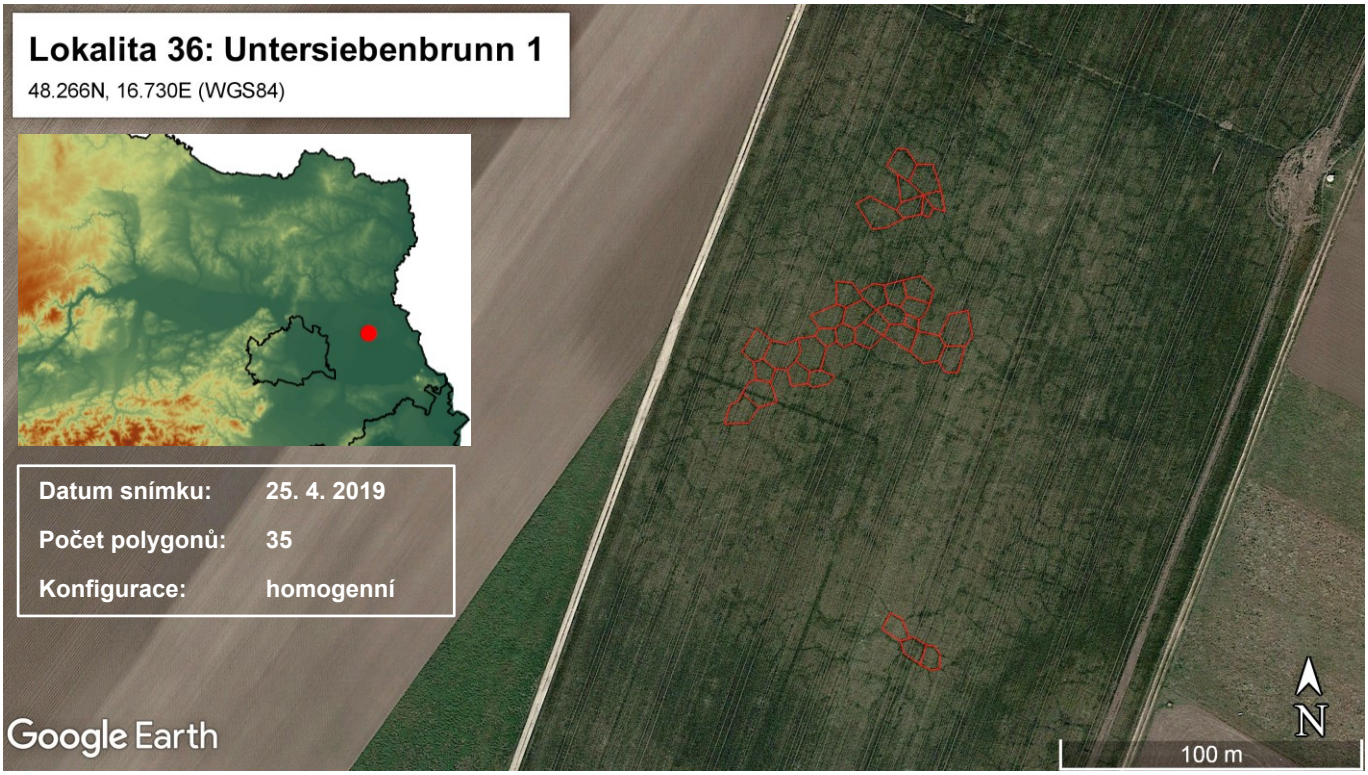
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	164 m n. m.
průměrný sklon	0.25 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	29.60	58.75	9.77	7.70	1.29	5.61
medián	28.13	50.64	9.43	7.34	1.30	6.00
rozpětí	24.09	117.34	9.22	8.54	0.71	4.00
minimální hodnota	21.22	27.52	6.41	4.35	1.02	4.00
maximální hodnota	45.30	144.86	15.63	12.89	1.73	8.00
směrodatná odchylka	5.71	25.96	1.93	1.86	0.19	0.92





Příloha 106: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 35.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 35 podle exponenciální funkce.*

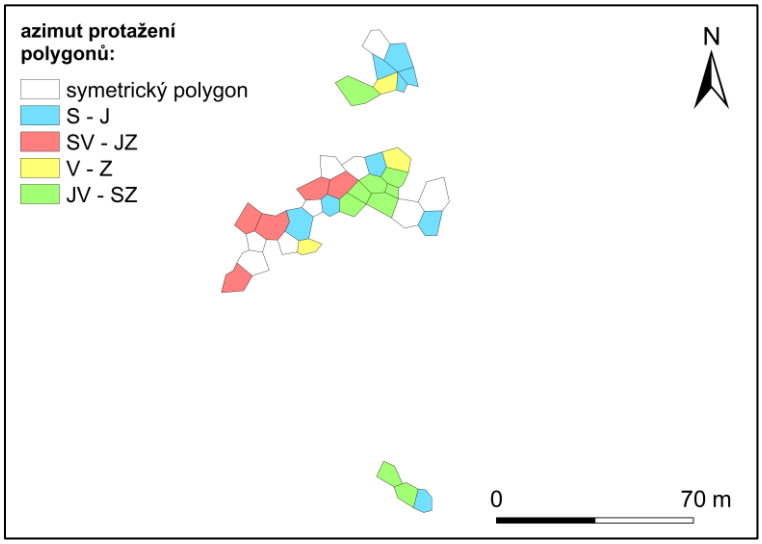


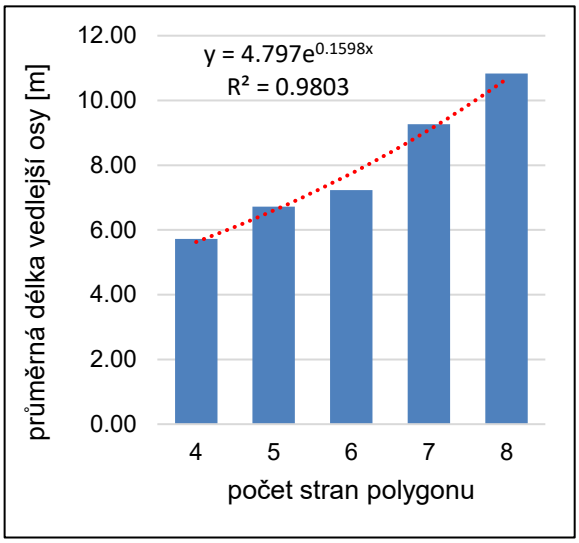
Příloha 107: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 36 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 108: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 36.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 36.*

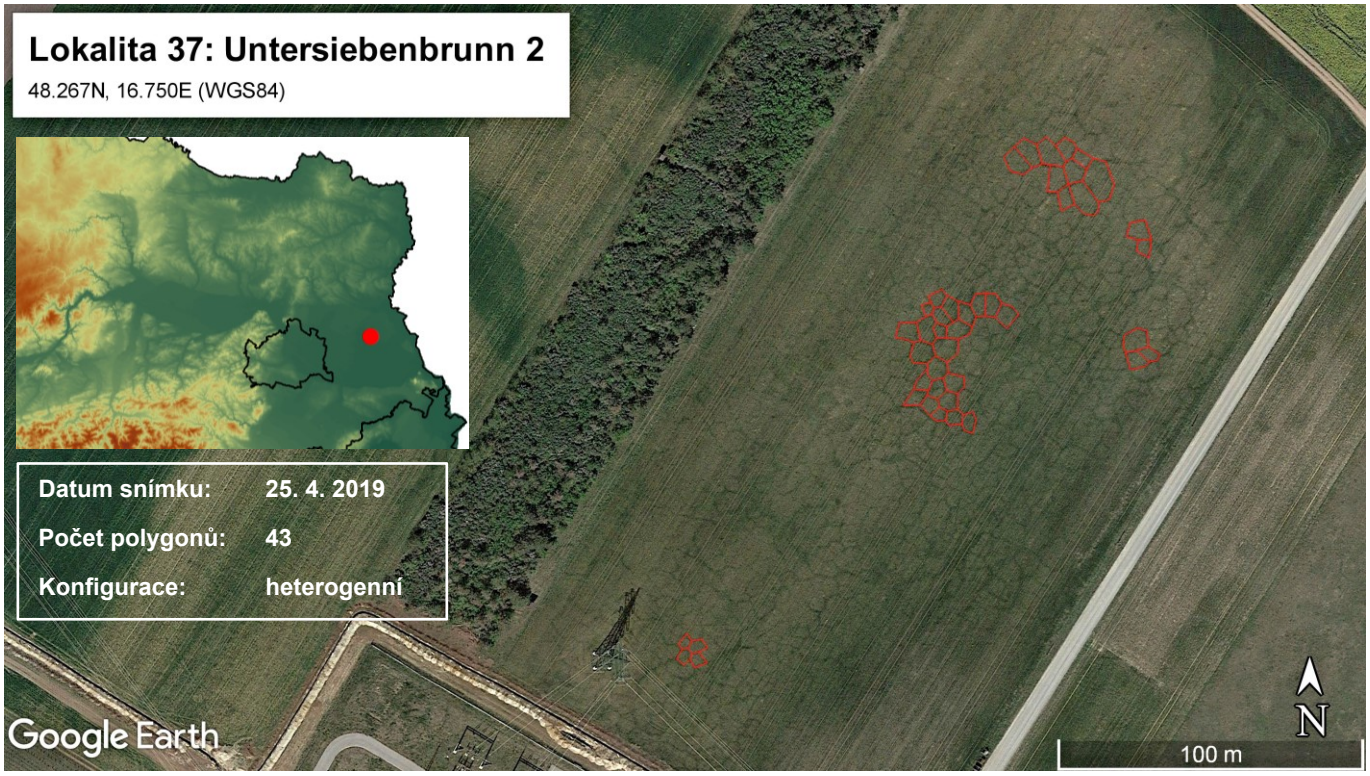
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	150 m n. m.
průměrný sklon	0.27 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	28.55	53.76	9.49	7.40	1.32	5.46
medián	28.03	50.45	9.56	7.15	1.28	6.00
rozpětí	23.35	79.40	7.00	7.27	0.91	4.00
minimální hodnota	16.63	16.17	5.60	3.57	1.02	4.00
maximální hodnota	39.97	95.57	12.60	10.83	1.93	8.00
směrodatná odchylka	5.24	19.89	1.66	1.72	0.23	0.87





Příloha 109: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 36.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 36 exponenciální podle funkce.*

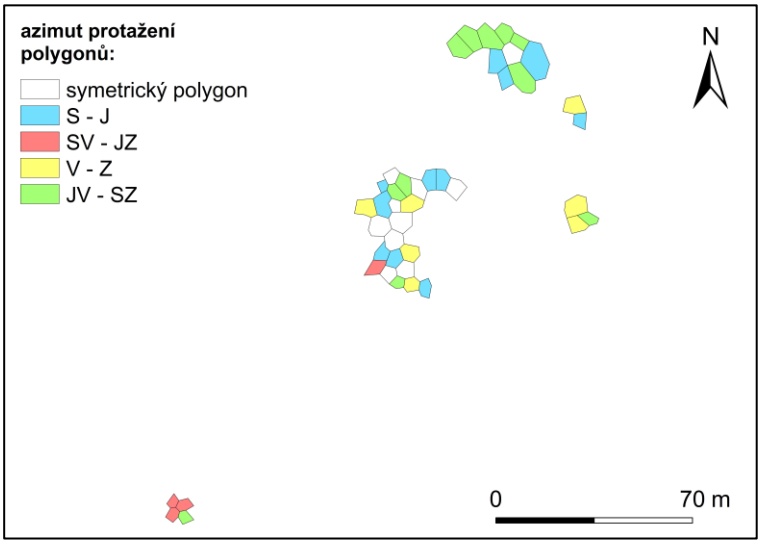


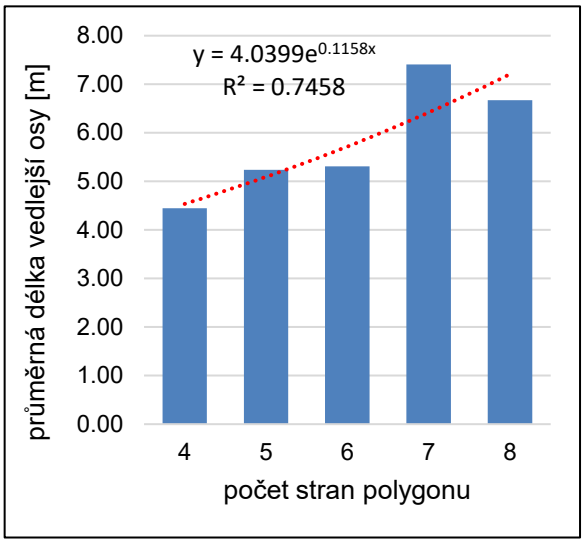
Příloha 110: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 37 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 111: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 37.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 37.*

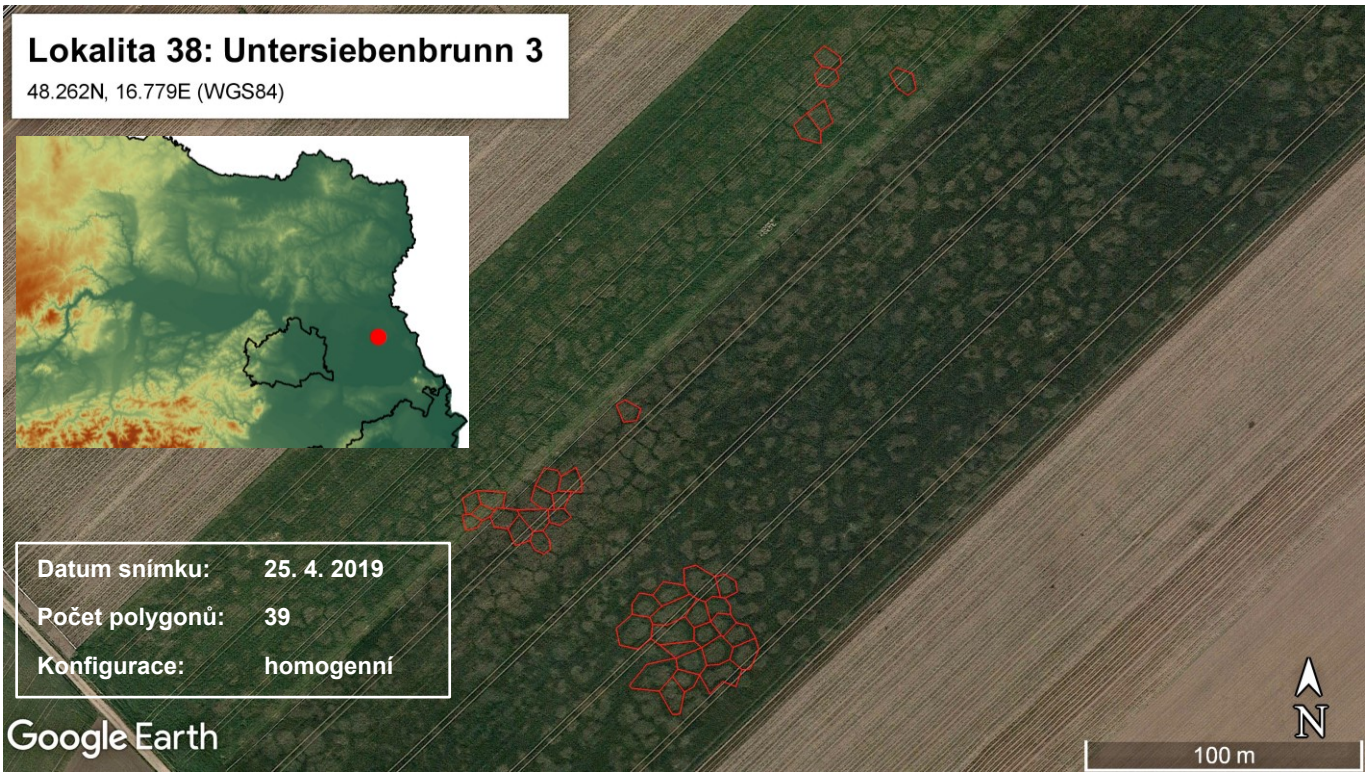
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	regozem, černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	156 m n. m.
průměrný sklon	0.43 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	22.38	33.81	7.61	5.62	1.37	5.70
medián	22.20	31.63	7.57	5.58	1.28	6.00
rozpětí	24.34	85.04	10.54	5.95	0.98	4.00
minimální hodnota	13.58	11.94	3.99	3.36	1.00	4.00
maximální hodnota	37.93	96.97	14.53	9.31	1.98	8.00
směrodatná odchylka	4.89	15.72	2.05	1.28	0.25	0.98





Příloha 112: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 37.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 37 podle exponenciální funkce.*

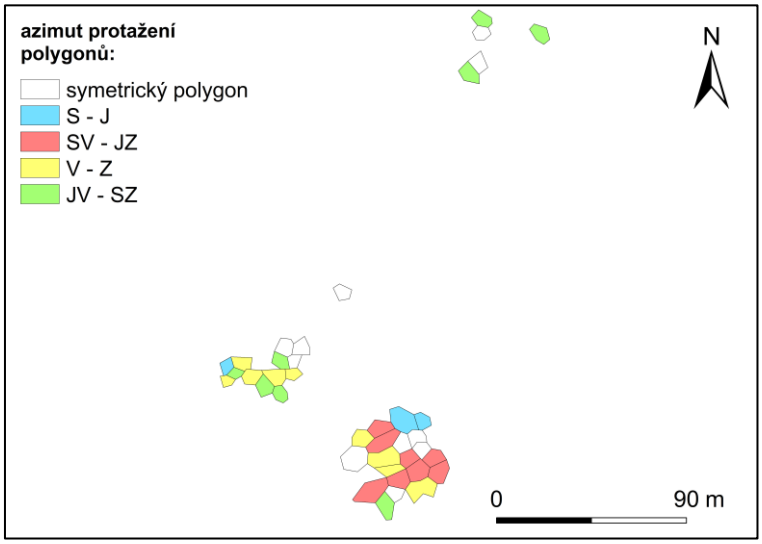


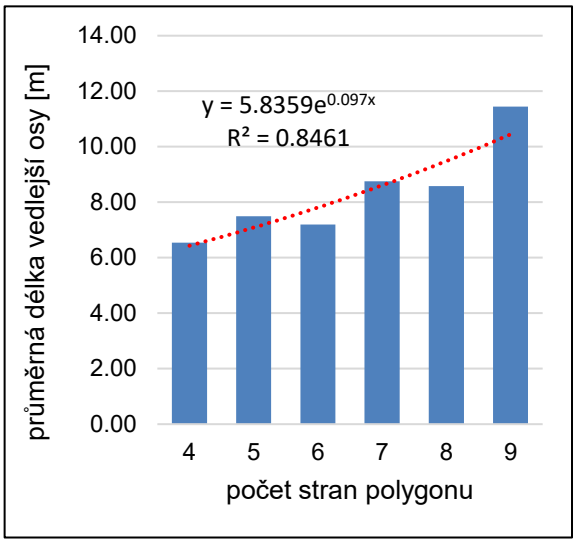
Příloha 113: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 38 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 114: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 38.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 38.*

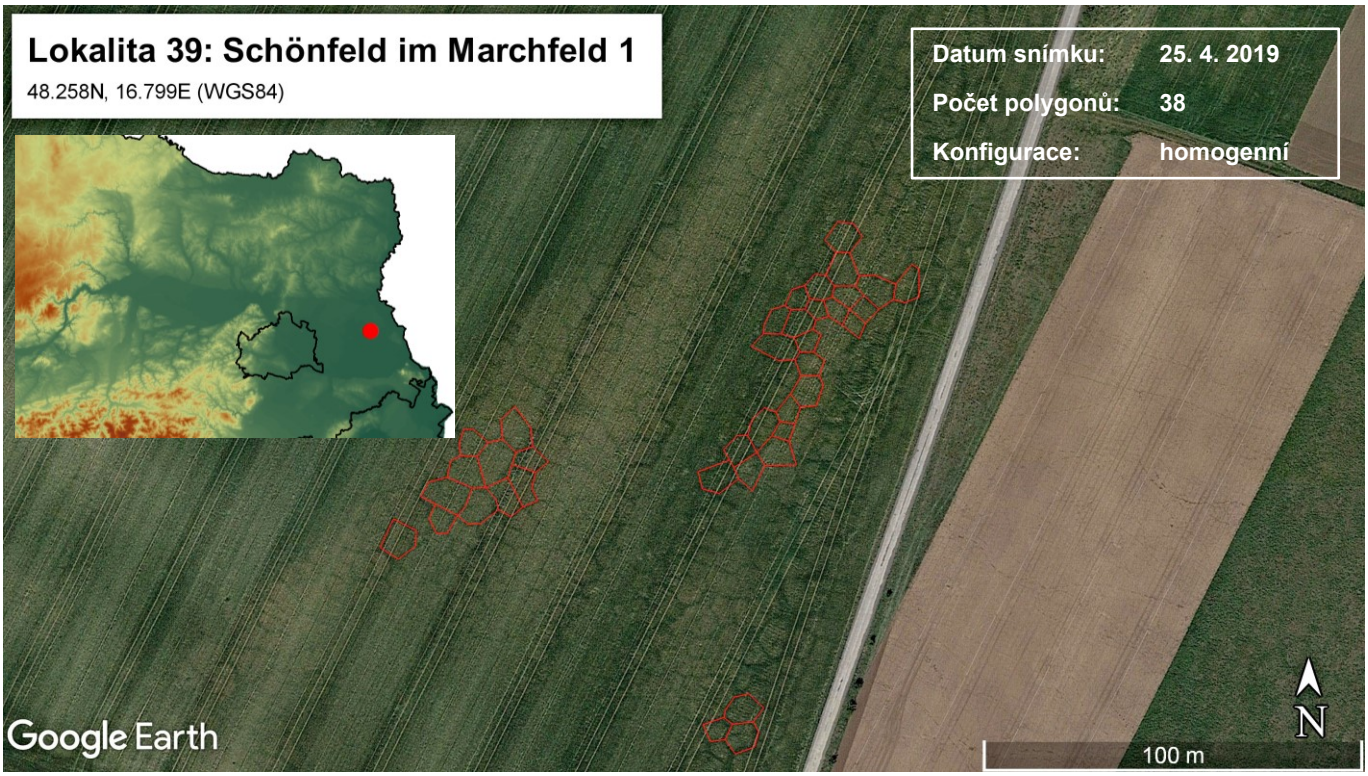
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	155 m n. m.
průměrný sklon	0.58 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	30.96	62.31	10.58	7.76	1.38	5.97
medián	29.78	56.09	9.96	7.71	1.30	6.00
rozpětí	25.37	97.27	11.99	6.64	1.80	5.00
minimální hodnota	20.75	26.81	6.59	5.31	1.01	4.00
maximální hodnota	46.12	124.08	18.58	11.95	2.81	9.00
směrodatná odchylka	6.37	25.06	2.92	1.46	0.38	1.12





Příloha 115: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 38.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 38 podle exponenciální funkce.*

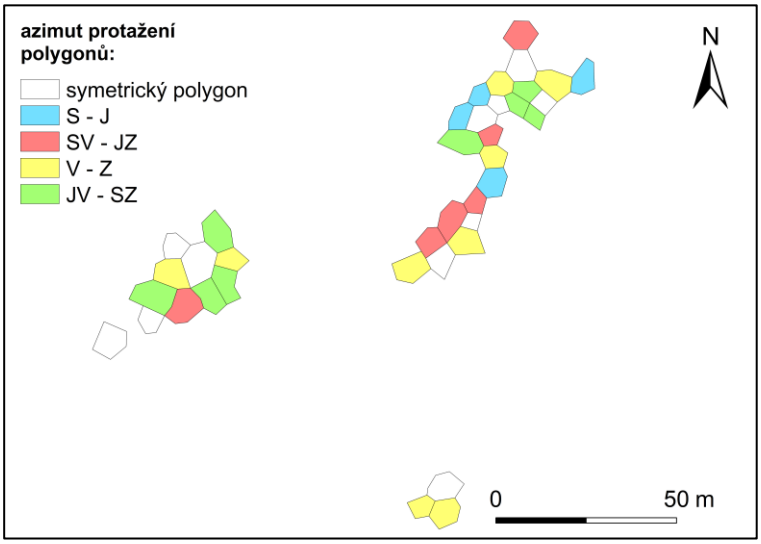


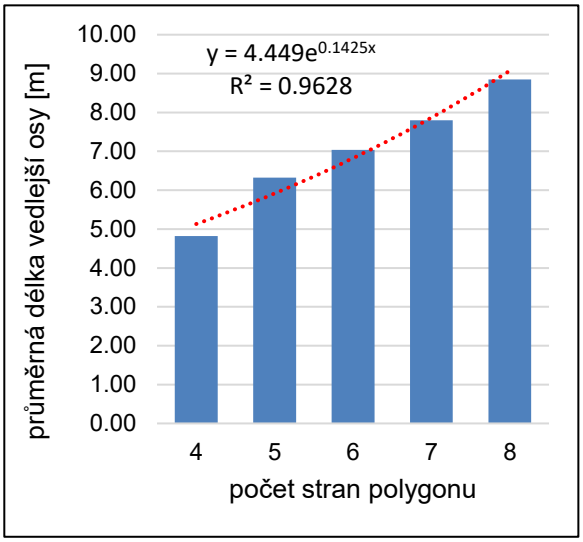
Příloha 116: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 39 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 117: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 39.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 39.*

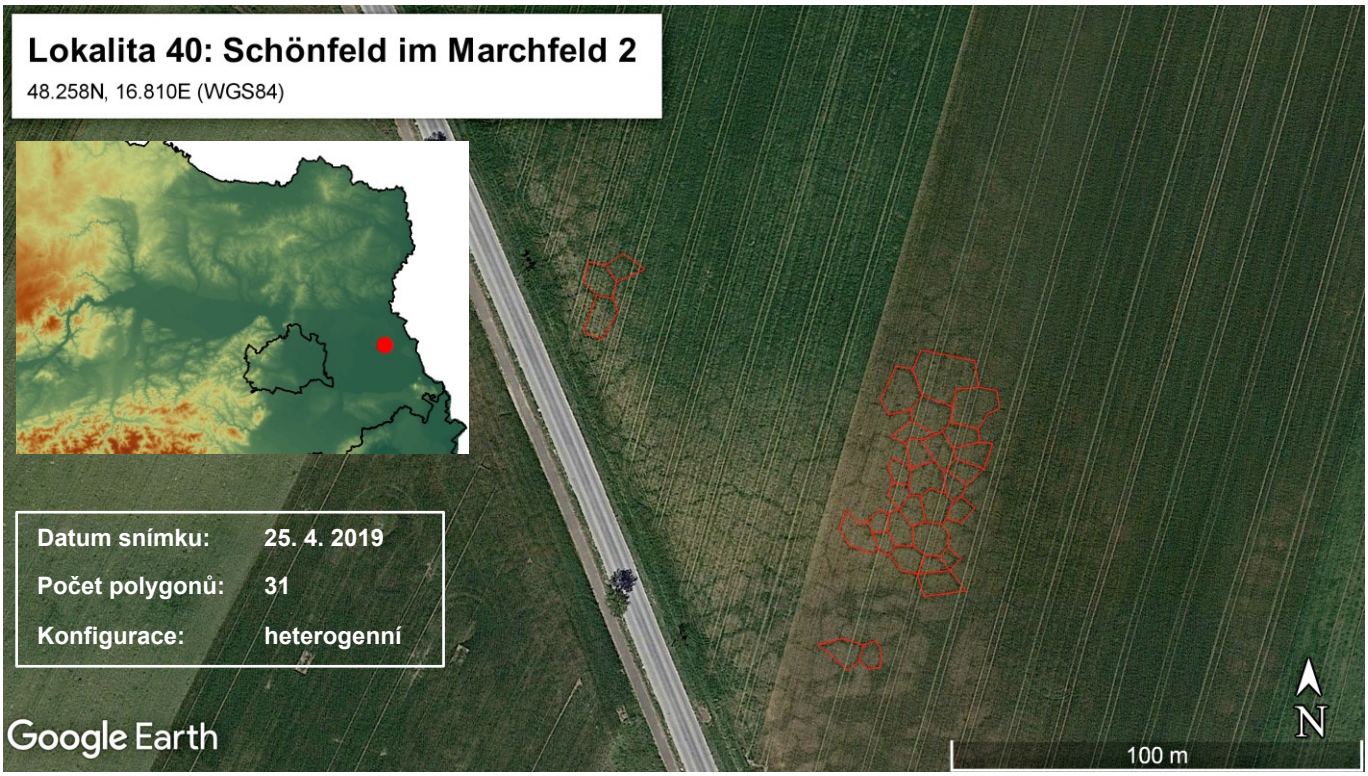
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	kambizem, černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	155 m n. m.
průměrný sklon	0.45 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	26.42	46.93	8.80	6.84	1.30	5.79
medián	26.96	46.45	8.89	6.95	1.26	6.00
rozpětí	17.70	65.44	7.10	5.62	0.74	4.00
minimální hodnota	18.00	19.70	4.98	4.50	1.00	4.00
maximální hodnota	35.70	85.14	12.08	10.12	1.74	8.00
směrodatná odchylka	4.54	15.82	1.78	1.28	0.21	0.92





Příloha 118: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 39.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 39 podle exponenciální funkce.*

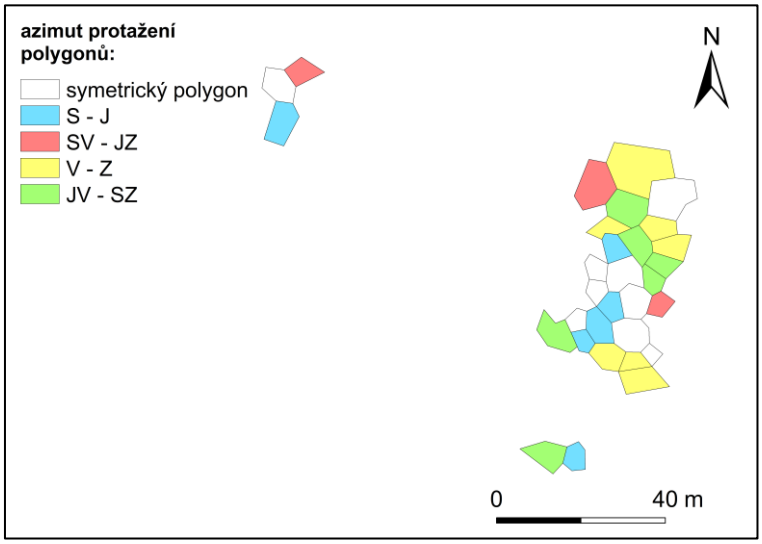


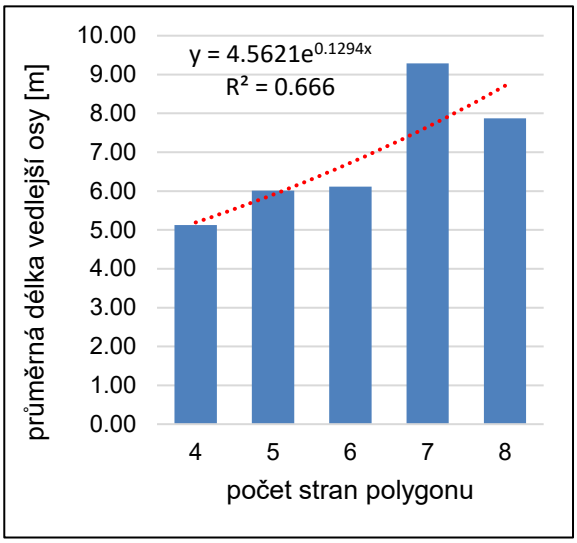
Příloha 119: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 40 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 120: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 40.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů lokalitě 40.*

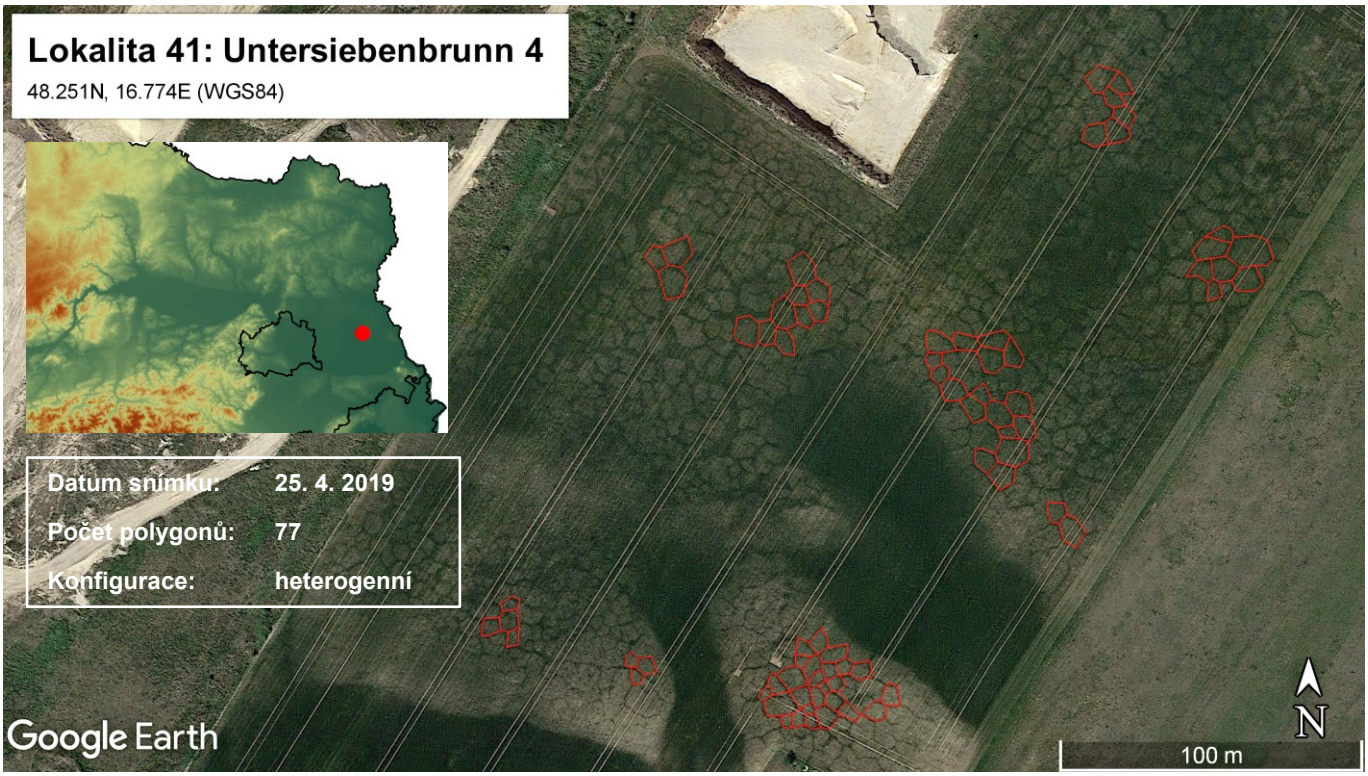
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	kambizem, černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	155 m n. m.
průměrný sklon	0.29 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	25.76	43.88	8.61	6.51	1.34	5.77
medián	25.25	40.33	8.20	6.11	1.25	6.00
rozpětí	34.37	130.70	12.50	8.17	1.03	4.00
minimální hodnota	15.28	14.36	4.21	3.93	1.02	4.00
maximální hodnota	49.65	145.06	16.71	12.10	2.05	8.00
směrodatná odchylka	6.75	25.26	2.42	1.72	0.27	1.29





Příloha 121: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 40.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 40 podle exponenciální funkce.*

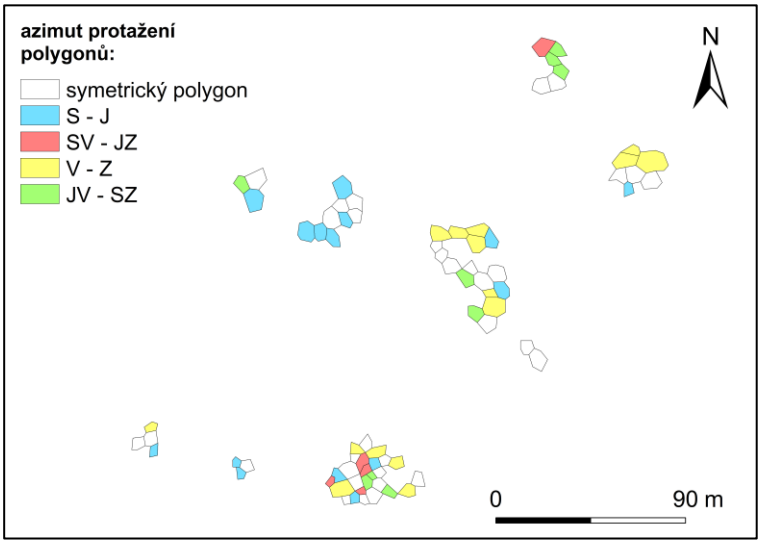


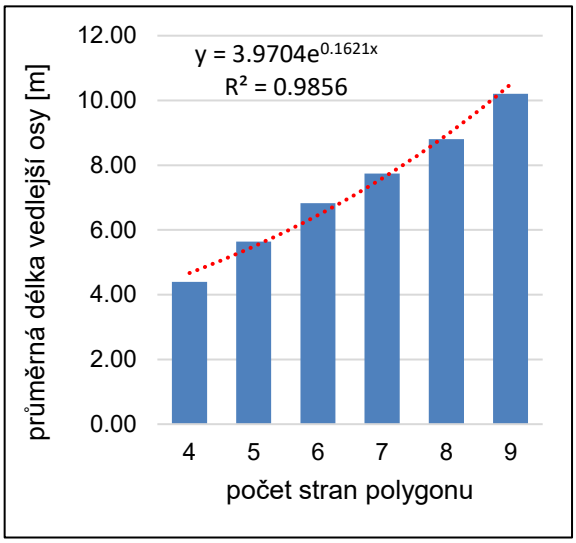
Příloha 122: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 41 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 123: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 41.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 41.*

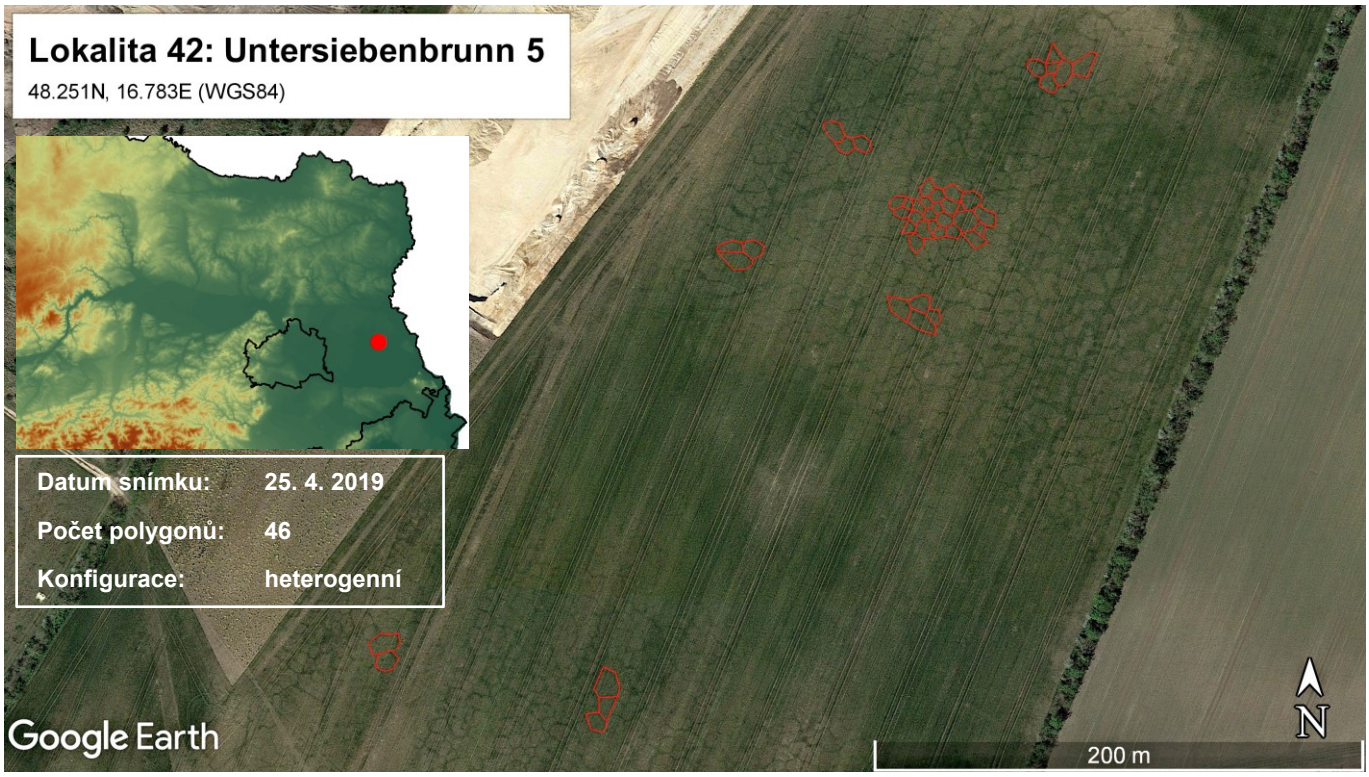
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	153 m n. m.
průměrný sklon	0.81 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	24.38	40.37	8.04	6.40	1.28	5.68
medián	23.81	36.32	8.26	6.36	1.21	6.00
rozpětí	28.19	110.46	11.25	7.00	1.01	5.00
minimální hodnota	14.00	11.53	4.20	3.20	1.00	4.00
maximální hodnota	42.19	121.99	15.45	10.20	2.01	9.00
směrodatná odchylka	5.38	19.29	2.01	1.56	0.22	0.93





Příloha 124: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 41.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 41 podle exponenciální funkce.*

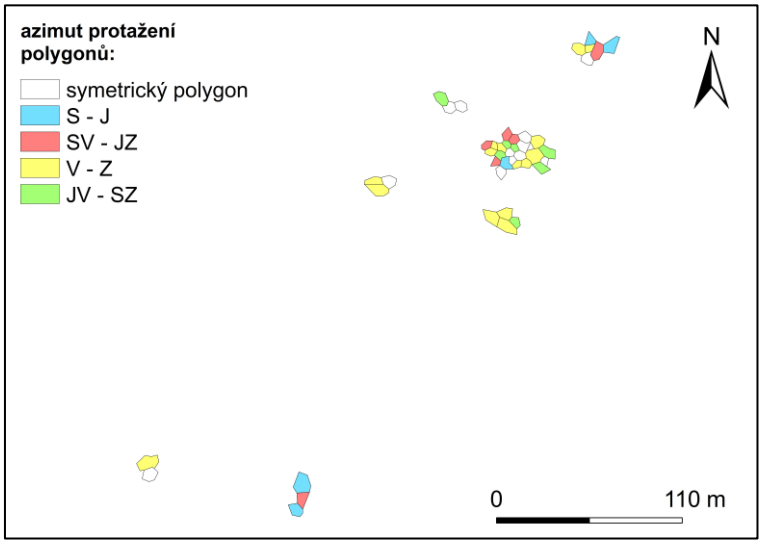


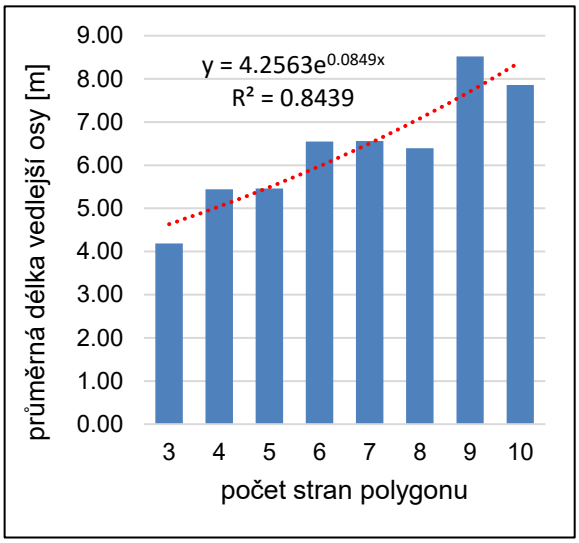
Příloha 125: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 42 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 126: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 42.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 42.*

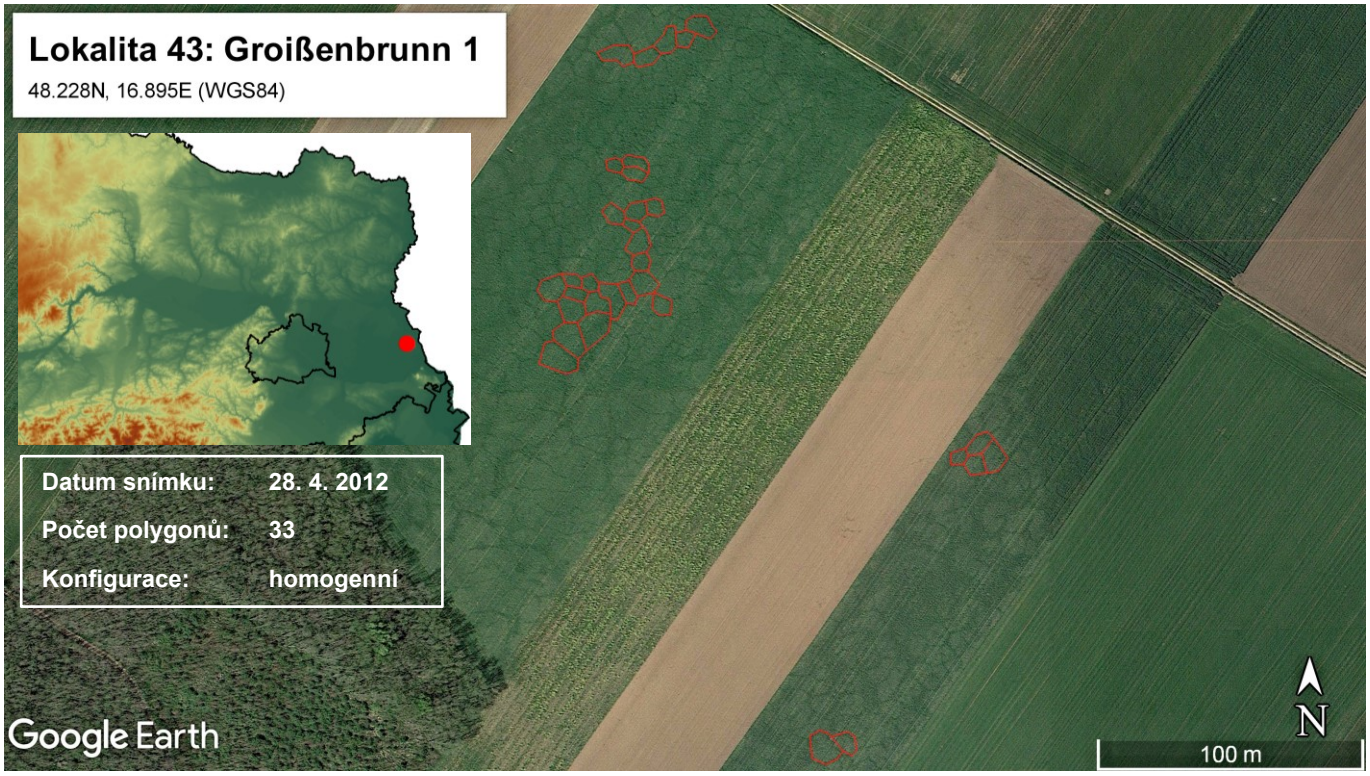
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky, jíly a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Hochterrasse/Gänserndorfer (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	153 m n. m.
průměrný sklon	0.40 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	24.41	39.13	8.35	6.23	1.35	6.13
medián	24.53	37.35	7.93	6.35	1.29	6.00
rozpětí	23.21	82.73	10.14	6.14	1.46	7.00
minimální hodnota	14.13	9.38	4.48	3.96	1.01	3.00
maximální hodnota	37.34	92.11	14.62	10.10	2.47	10.00
směrodatná odchylka	5.94	18.57	2.44	1.43	0.31	1.47





Příloha 127: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 42.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 42 podle exponenciální funkce.*

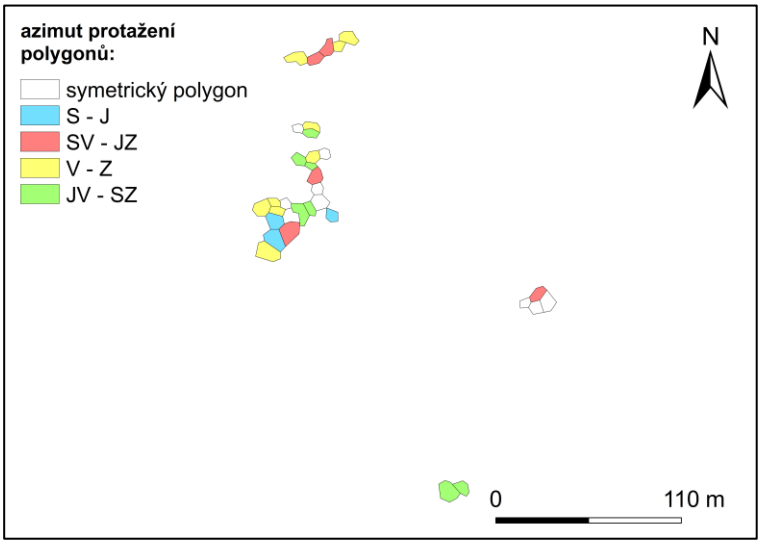


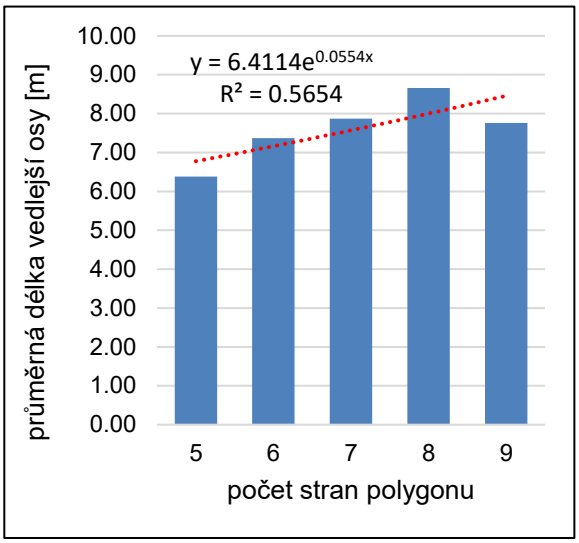
Příloha 128: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 43 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 129: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 43.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 43.*

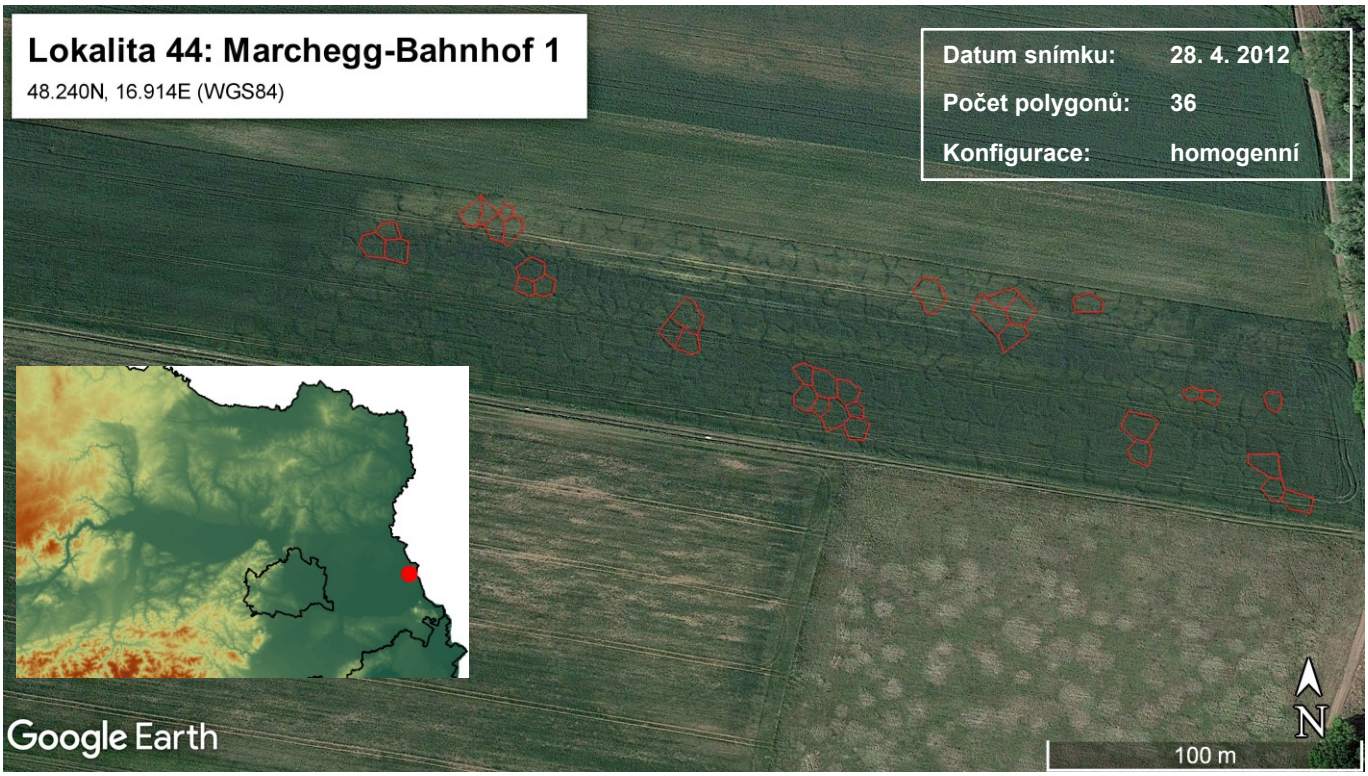
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Schlosshof (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	172 m n. m.
průměrný sklon	0.34 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	29.88	58.91	10.35	7.41	1.43	6.30
medián	28.55	51.68	10.44	7.21	1.38	6.00
rozpětí	23.24	95.79	9.70	6.26	1.08	4.00
minimální hodnota	19.79	23.66	6.23	4.48	1.02	5.00
maximální hodnota	43.03	119.45	15.93	10.74	2.10	9.00
směrodatná odchylka	6.47	25.68	2.68	1.80	0.33	1.09





Příloha 130: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 43.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 43 podle exponenciální funkce.*

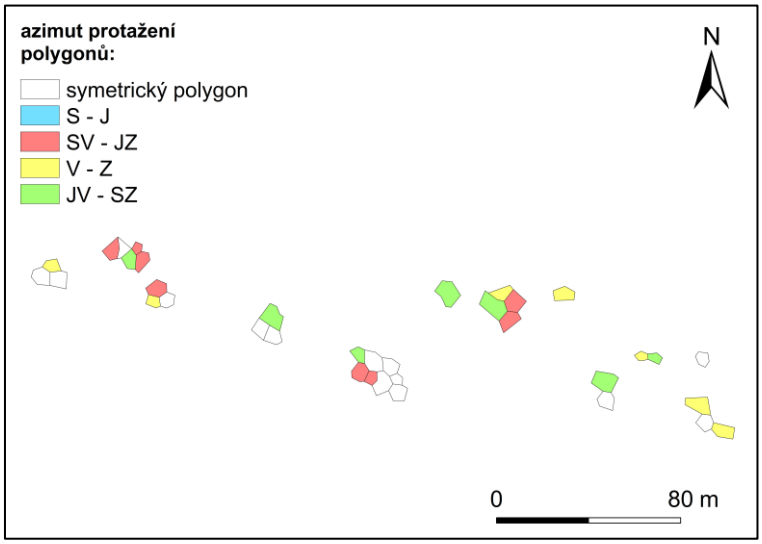


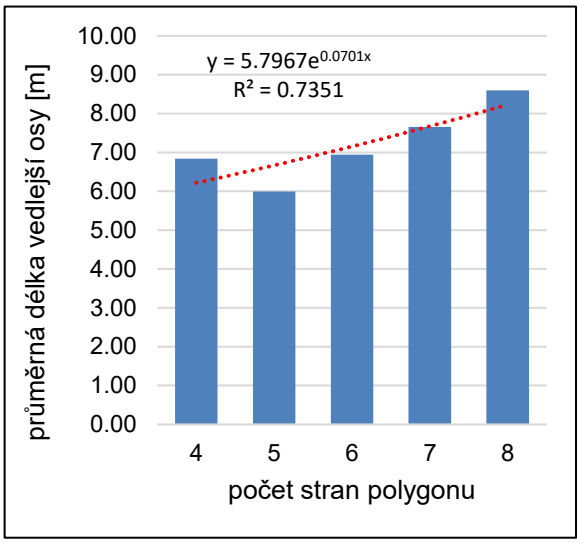
Příloha 131: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 44 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 132: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 44.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 44.*

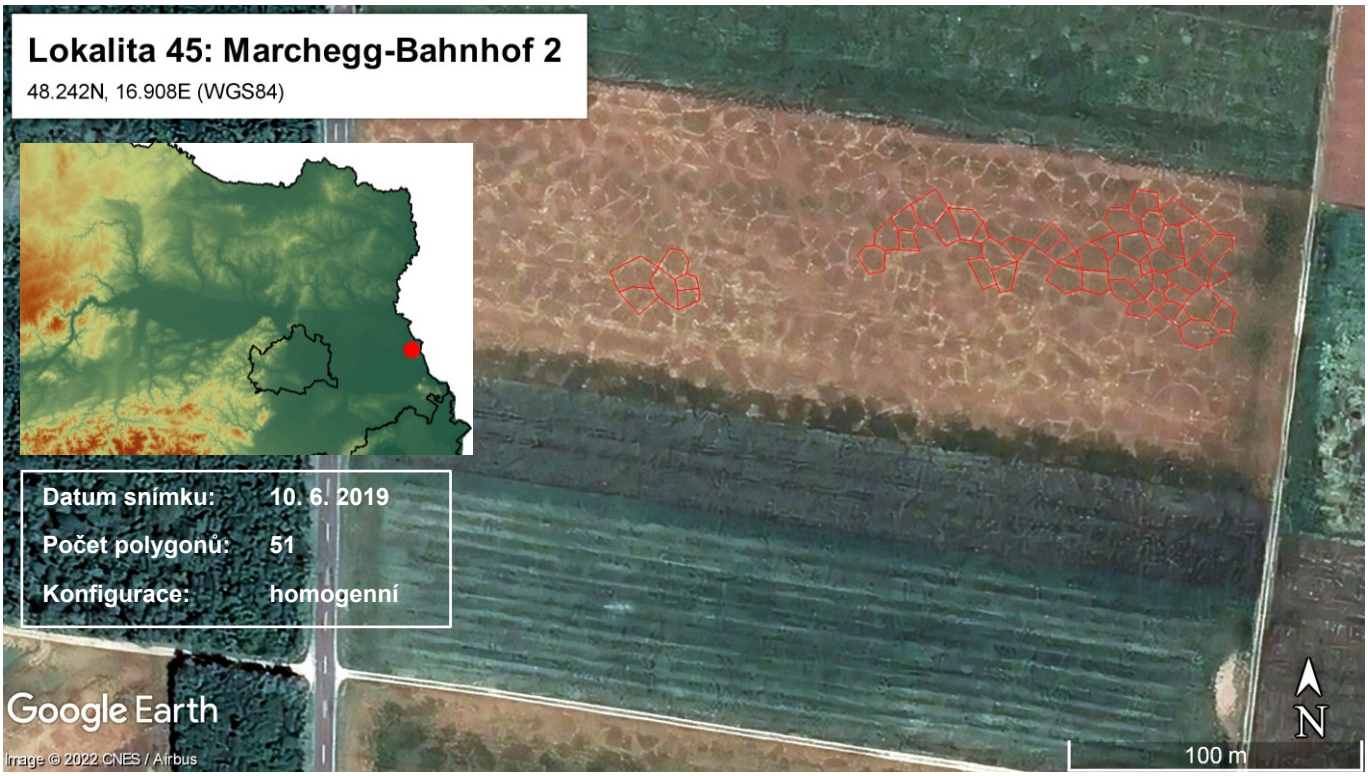
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Schlosshof (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	168 m n. m.
průměrný sklon	1.20 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	25.67	43.41	8.47	6.63	1.30	5.67
medián	25.51	43.08	8.28	6.85	1.25	5.00
rozpětí	21.59	65.16	7.80	4.58	0.87	4.00
minimální hodnota	15.84	16.76	5.32	4.12	1.02	4.00
maximální hodnota	37.43	81.93	13.11	8.70	1.89	8.00
směrodatná odchylka	5.08	16.14	1.76	1.28	0.23	0.88





Příloha 133: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 44.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 44 podle exponenciální funkce.*

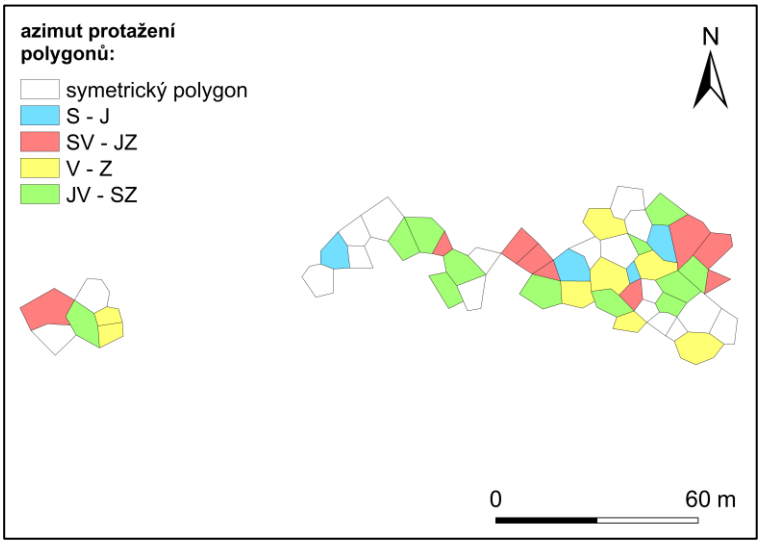


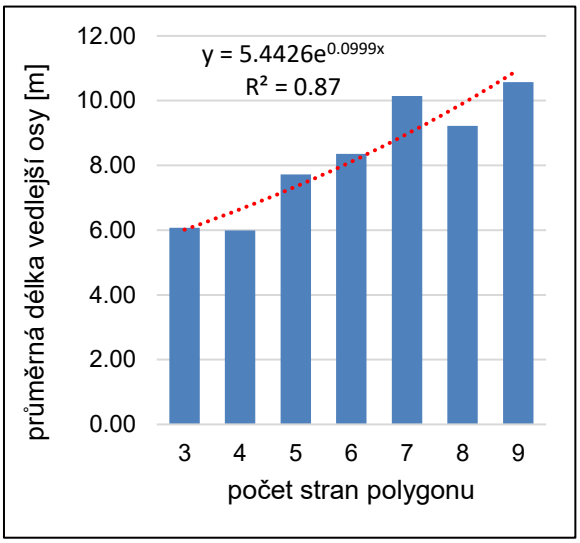
Příloha 134: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 45 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 135: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 45.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 45.*

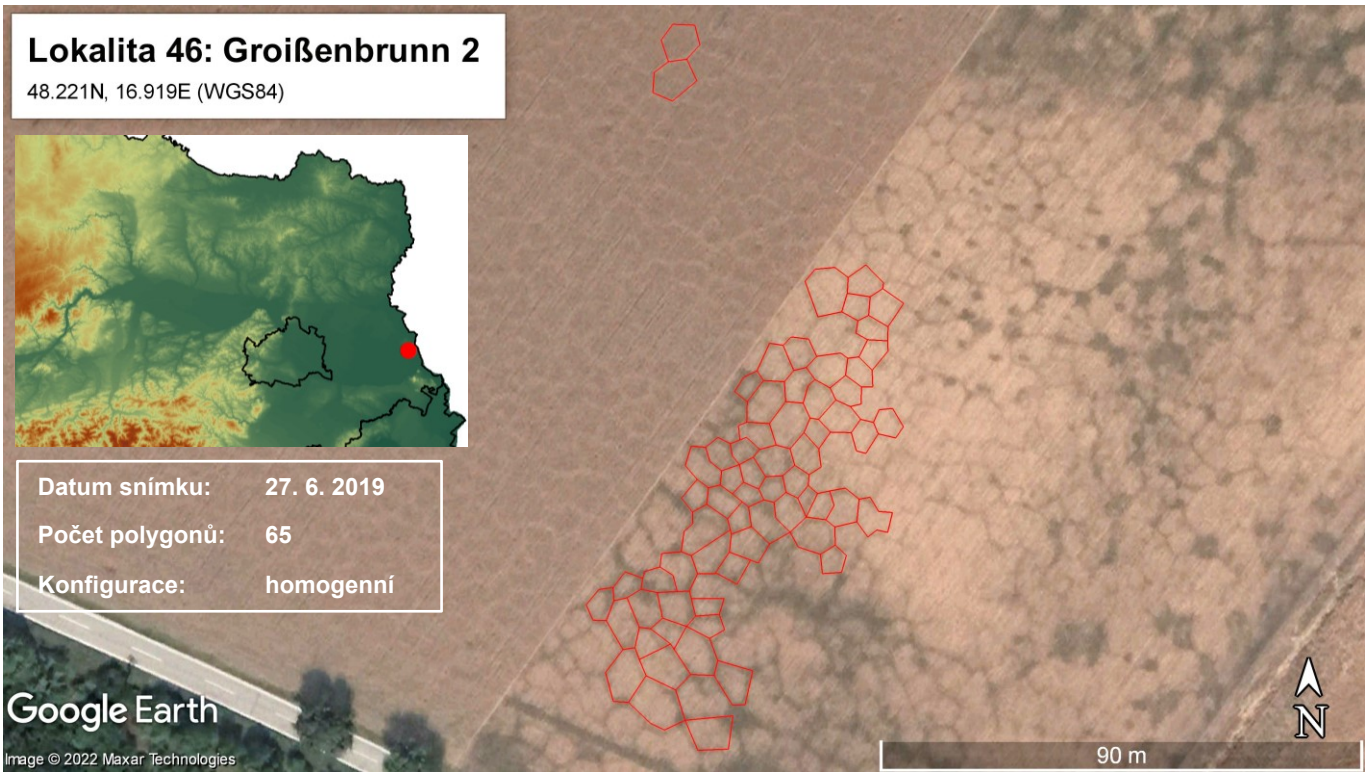
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Schlosshof (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	170 m n. m.
průměrný sklon	0.39 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	30.67	60.00	10.18	7.88	1.32	5.47
medián	31.66	60.99	10.19	8.01	1.26	5.00
rozpětí	29.58	104.70	9.58	8.29	1.12	6.00
minimální hodnota	17.22	16.67	5.97	3.65	1.01	3.00
maximální hodnota	46.80	121.37	15.54	11.94	2.13	9.00
směrodatná odchylka	6.23	24.68	2.33	1.88	0.26	1.33





Příloha 136: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 45.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 45 podle exponenciální funkce.*

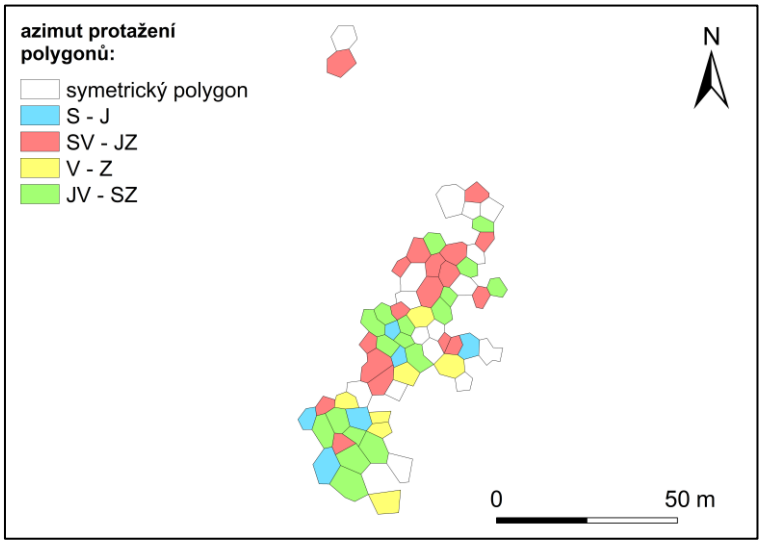


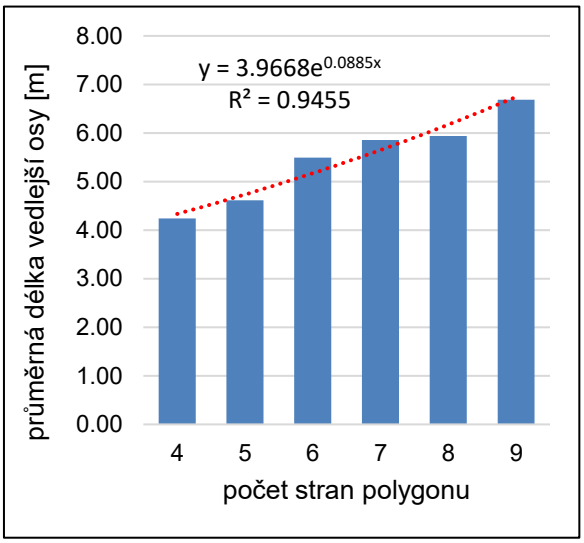
Příloha 137: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 46 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 138: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 46.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 46.*

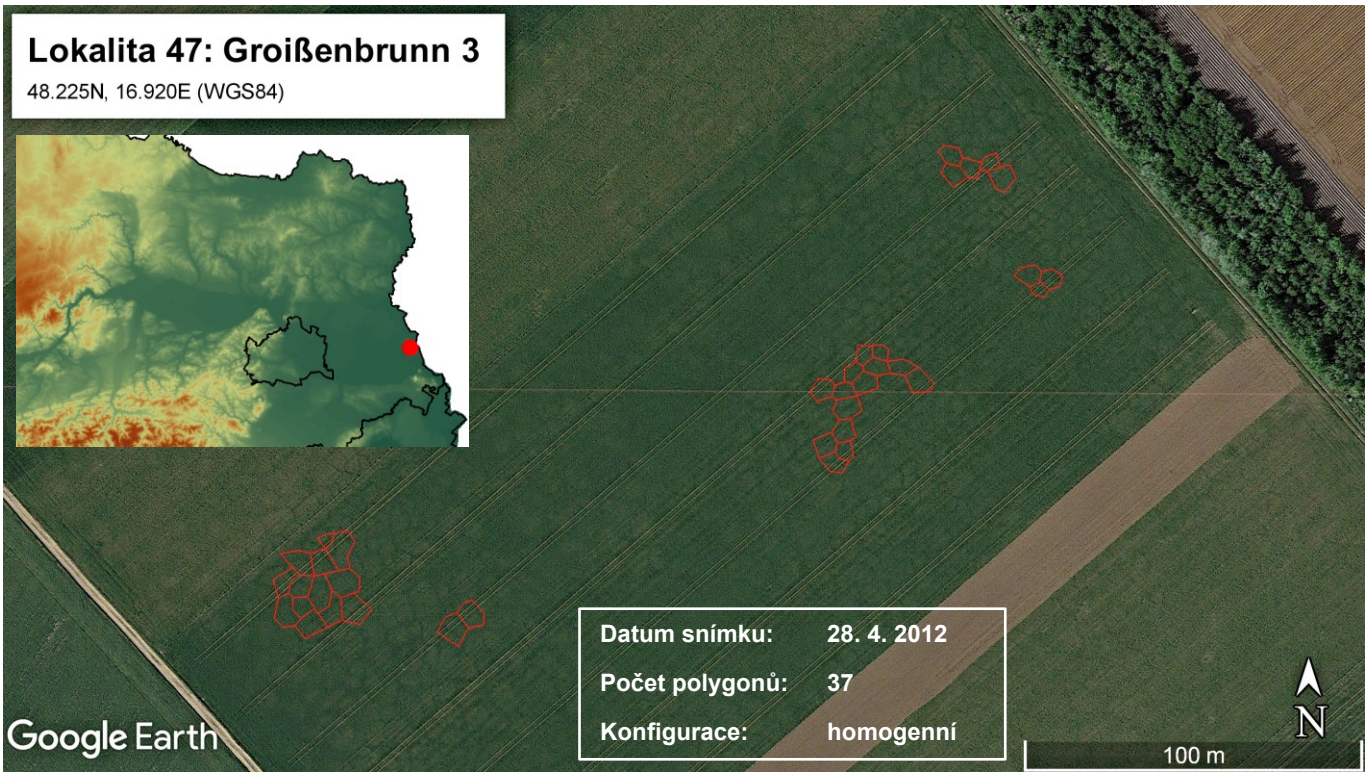
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Schlosshof (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	172 m n. m.
průměrný sklon	0.45 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	20.72	28.91	6.97	5.36	1.32	6.06
medián	20.03	26.04	6.68	5.23	1.27	6.00
rozpětí	16.74	53.06	5.66	5.08	0.89	5.00
minimální hodnota	14.18	10.88	5.03	2.98	1.01	4.00
maximální hodnota	30.92	63.94	10.69	8.07	1.90	9.00
směrodatná odchylka	3.92	11.29	1.44	1.14	0.23	1.04





Příloha 139: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 46.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 46 podle exponenciální funkce.*

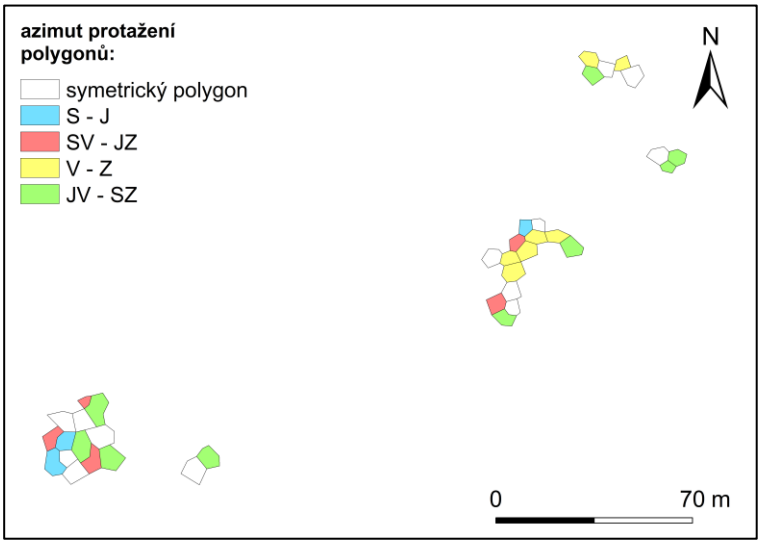


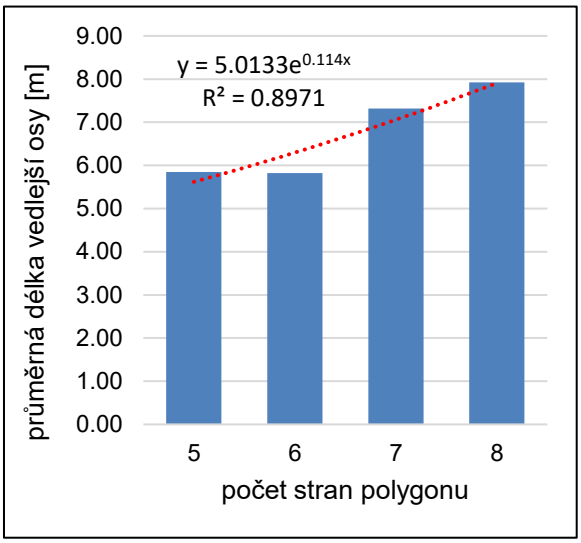
Příloha 140: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 47 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 141: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 47.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 47.*

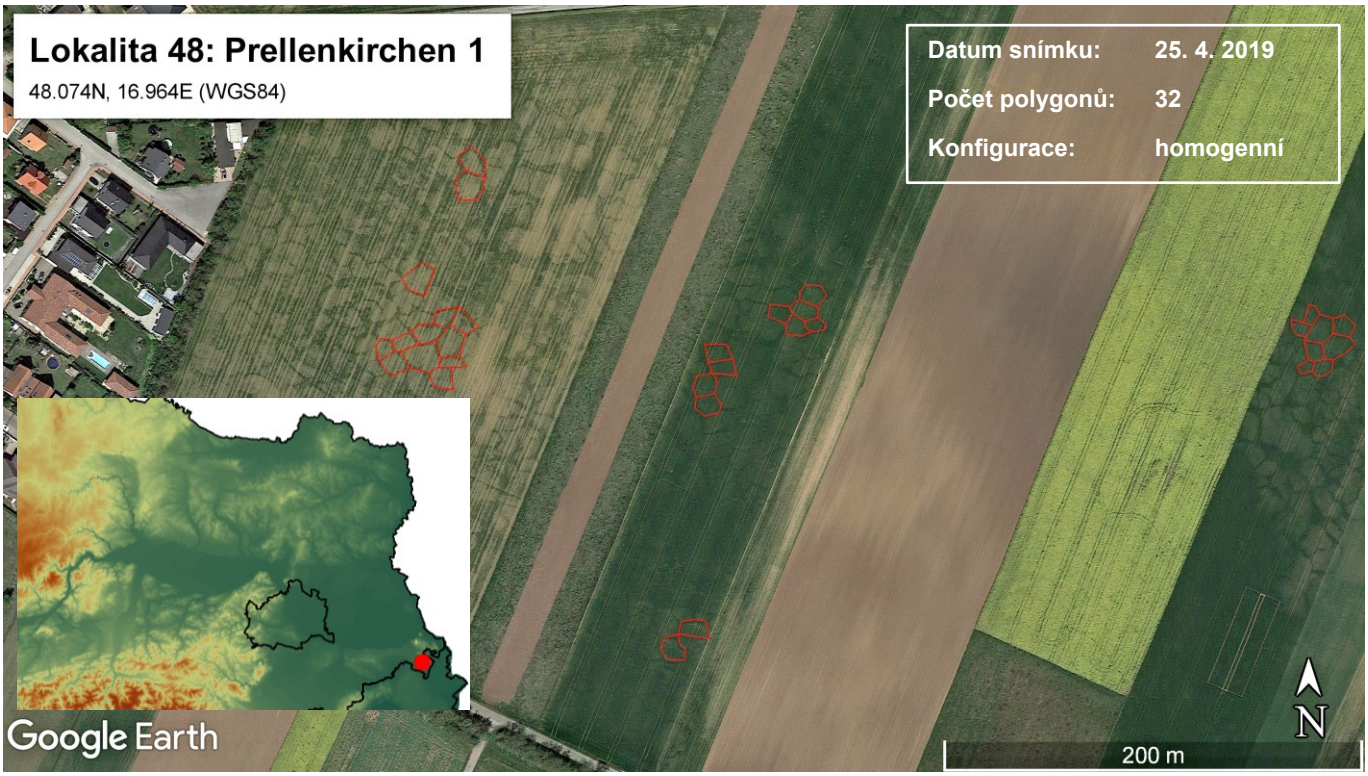
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Schlosshof (riss)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	173 m n. m.
průměrný sklon	0.37 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	23.41	35.96	7.70	6.10	1.28	5.89
medián	22.94	34.01	7.68	5.94	1.25	6.00
rozpětí	18.36	49.64	6.25	4.77	0.83	3.00
minimální hodnota	14.66	12.49	4.93	3.79	1.00	5.00
maximální hodnota	33.02	62.14	11.18	8.56	1.83	8.00
směrodatná odchylka	4.28	12.21	1.48	1.26	0.20	0.89





Příloha 142: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 47.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 47 podle exponenciální funkce.*

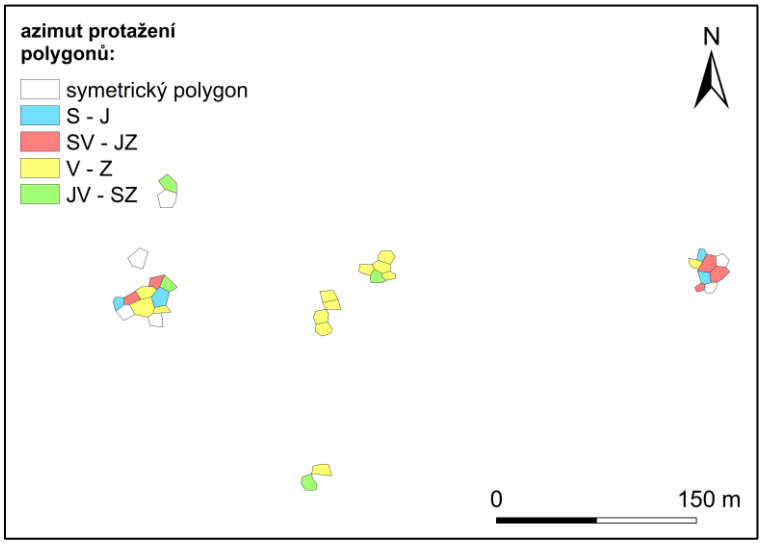


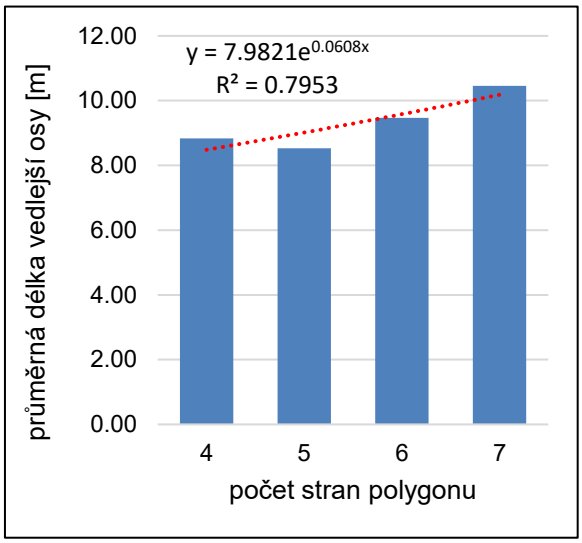
Příloha 143: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 48 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 144: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 48.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 48.*

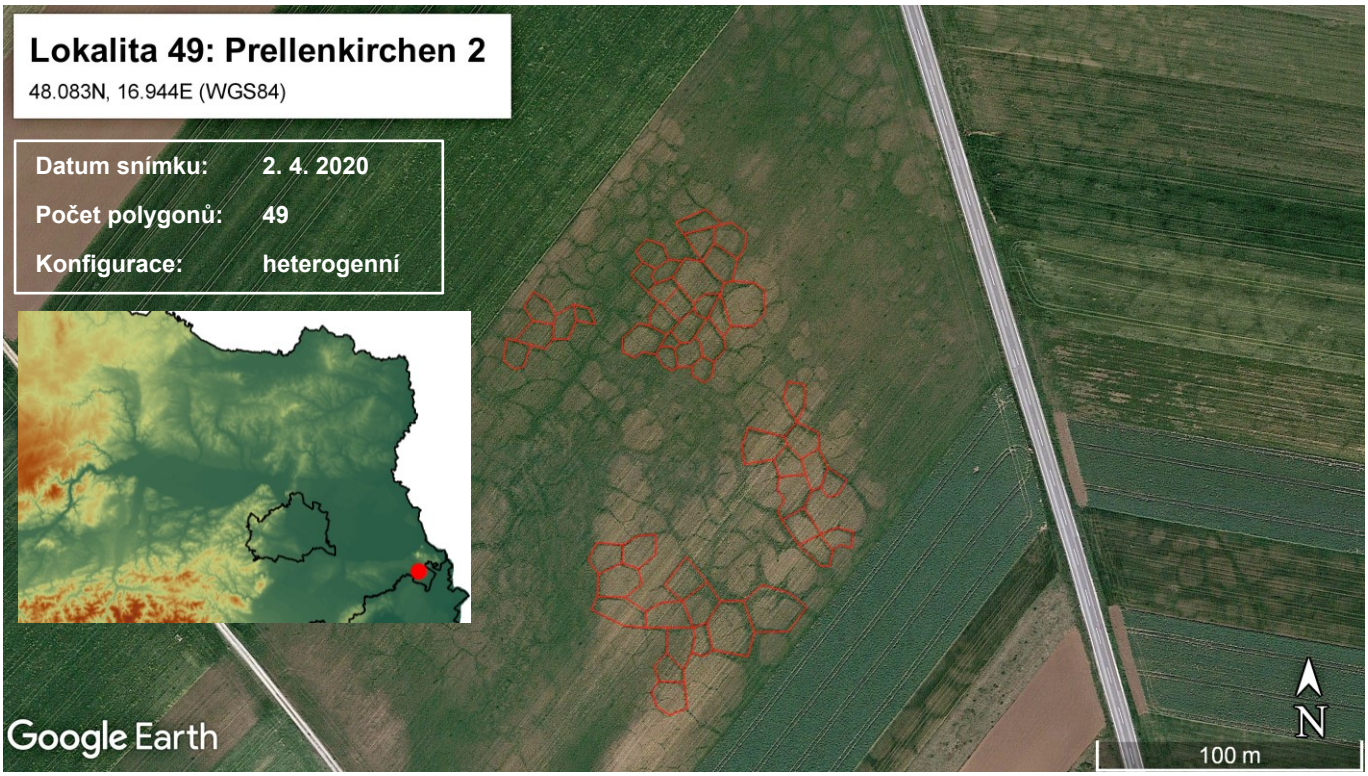
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Lehen (mindel)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	175 m n. m.
průměrný sklon	0.60 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	37.36	91.33	12.76	9.23	1.42	5.66
medián	37.24	89.04	12.61	9.11	1.40	5.50
rozpětí	30.84	157.86	9.27	8.73	1.43	3.00
minimální hodnota	22.88	33.92	8.16	5.46	1.02	4.00
maximální hodnota	53.72	191.78	17.43	14.20	2.45	7.00
směrodatná odchylka	6.36	33.29	2.26	2.10	0.28	0.89





Příloha 145: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 48.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 48 podle exponenciální funkce.*

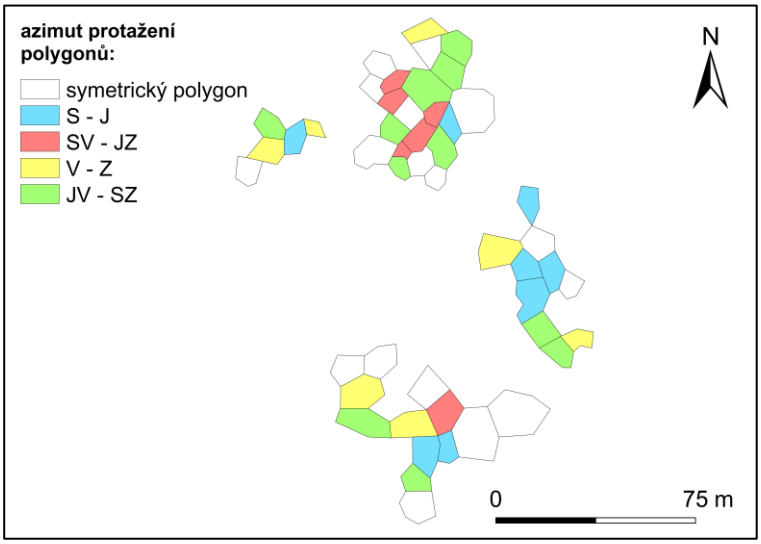


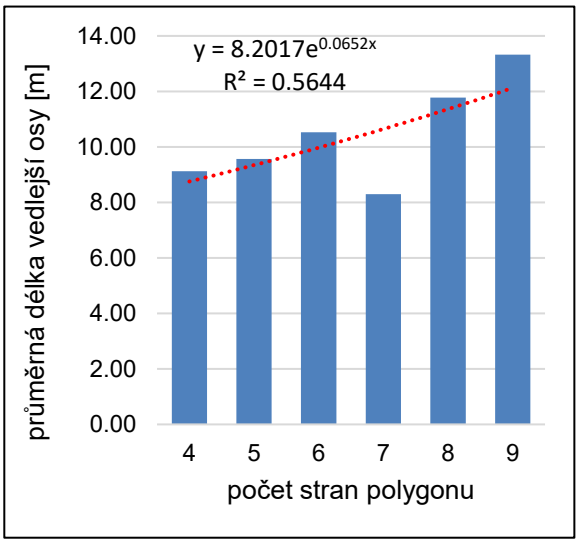
Příloha 146: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 49 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 147: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 49.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 49.*

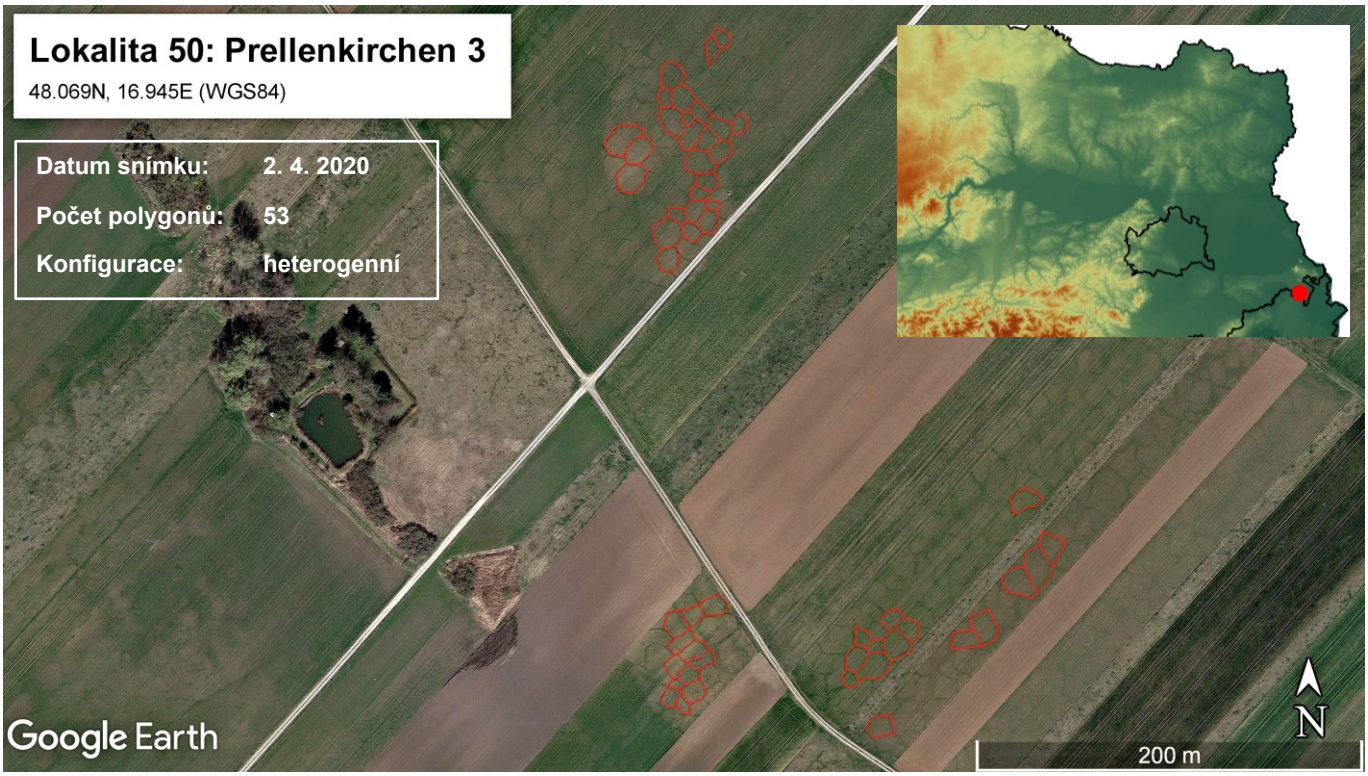
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Lehen (mindel)
půdní substrát	regozem, černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	179 m n. m.
průměrný sklon	0.40 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	40.31	107.31	13.45	10.21	1.37	6.04
medián	39.38	89.18	13.22	9.70	1.29	6.00
rozpětí	42.19	259.43	14.73	14.06	1.37	5.00
minimální hodnota	22.52	27.31	7.19	5.66	1.00	4.00
maximální hodnota	64.71	286.75	21.92	19.72	2.37	9.00
směrodatná odchylka	8.84	53.54	3.10	2.90	0.34	1.19





Příloha 148: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 49.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 49 podle exponenciální funkce.*

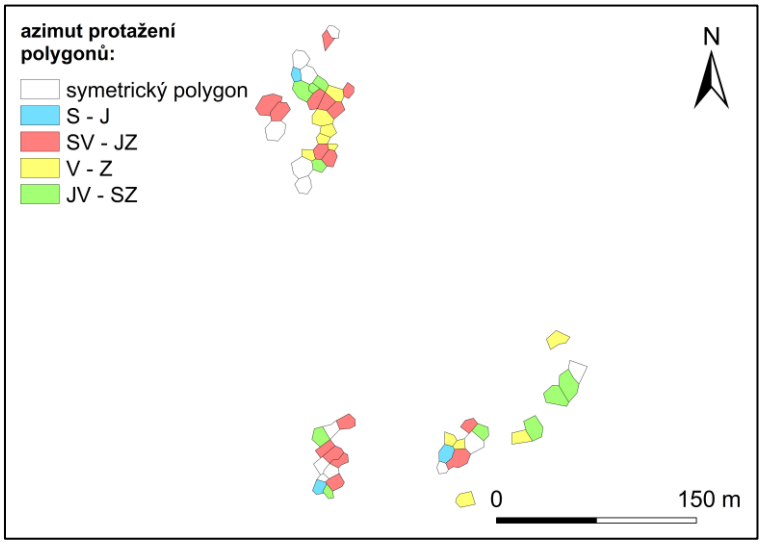


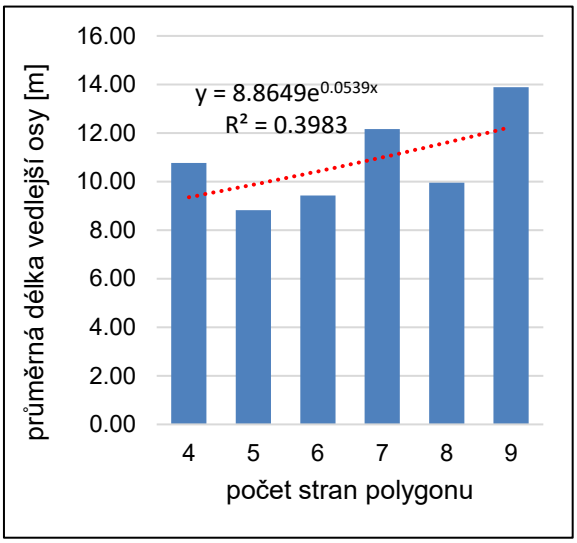
Příloha 149: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 50 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 150: Vlevo: *Základní fyzickogeografické údaje o lokalitě 50.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 50.*

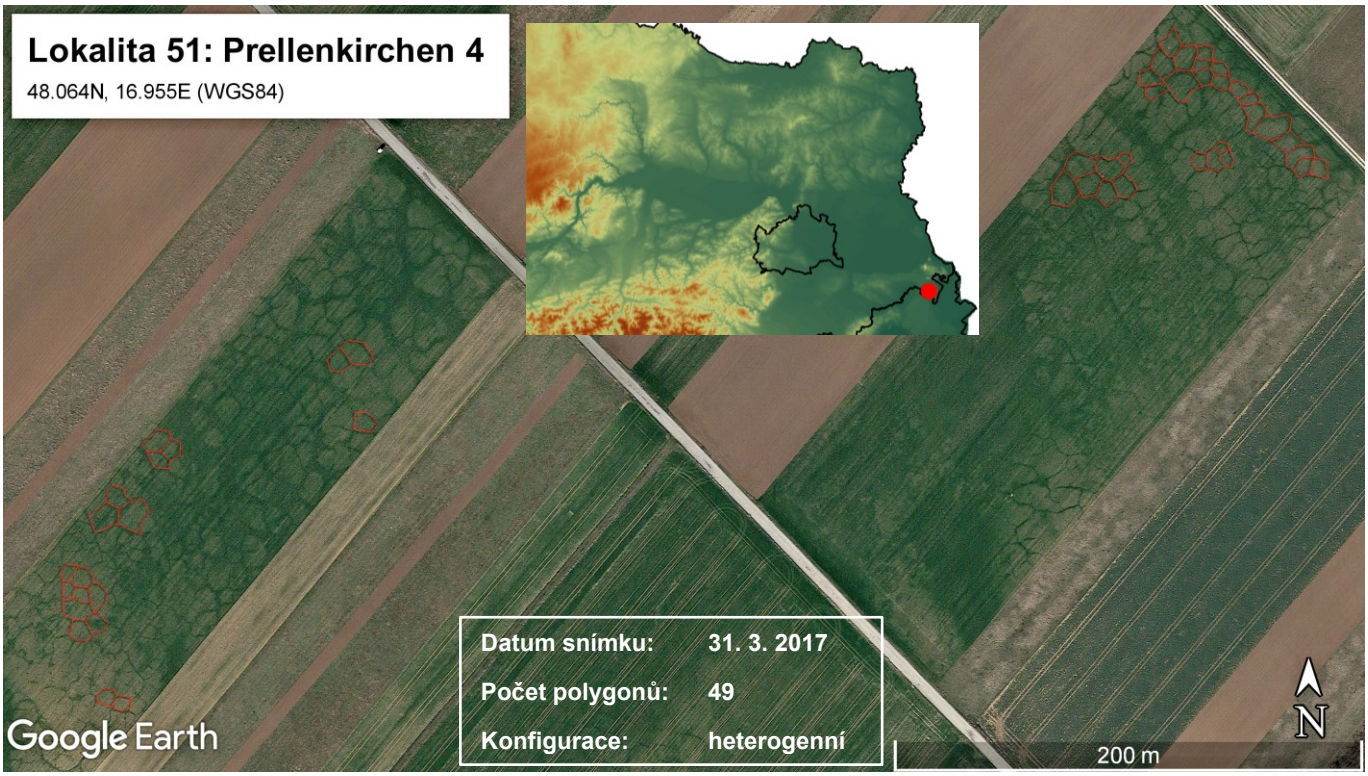
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Lehen (mindel)
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	176 m n. m.
průměrný sklon	1.11 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	40.24	108.01	13.40	10.20	1.34	6.19
medián	40.45	101.73	13.39	10.01	1.29	6.00
rozpětí	38.26	191.75	13.71	10.12	1.03	5.00
minimální hodnota	22.09	30.20	6.81	5.10	1.00	4.00
maximální hodnota	60.35	221.95	20.52	15.22	2.04	9.00
směrodatná odchylka	8.51	45.06	3.12	2.49	0.25	1.12





Příloha 151: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 50.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 50 podle exponenciální funkce.*

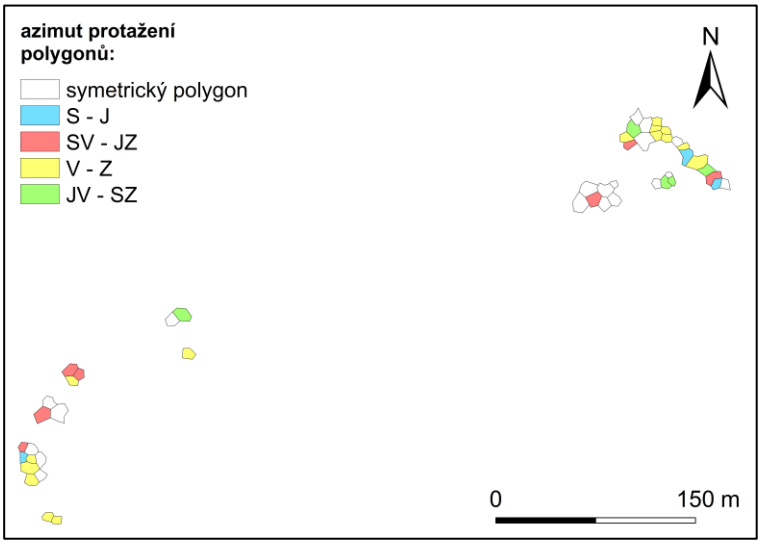


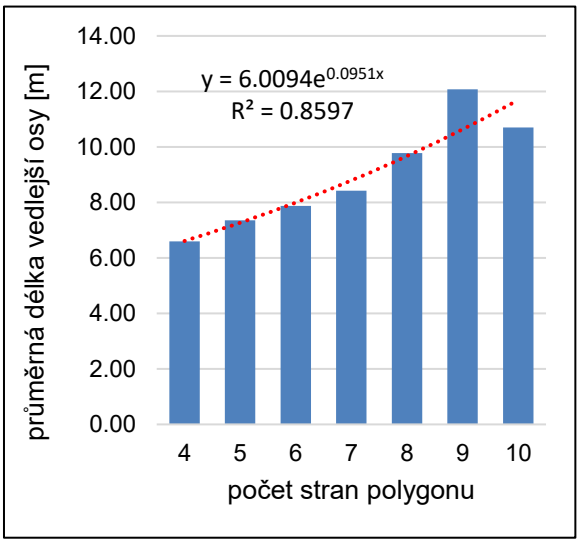
Příloha 152: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 51 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 153: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 51.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 51.*

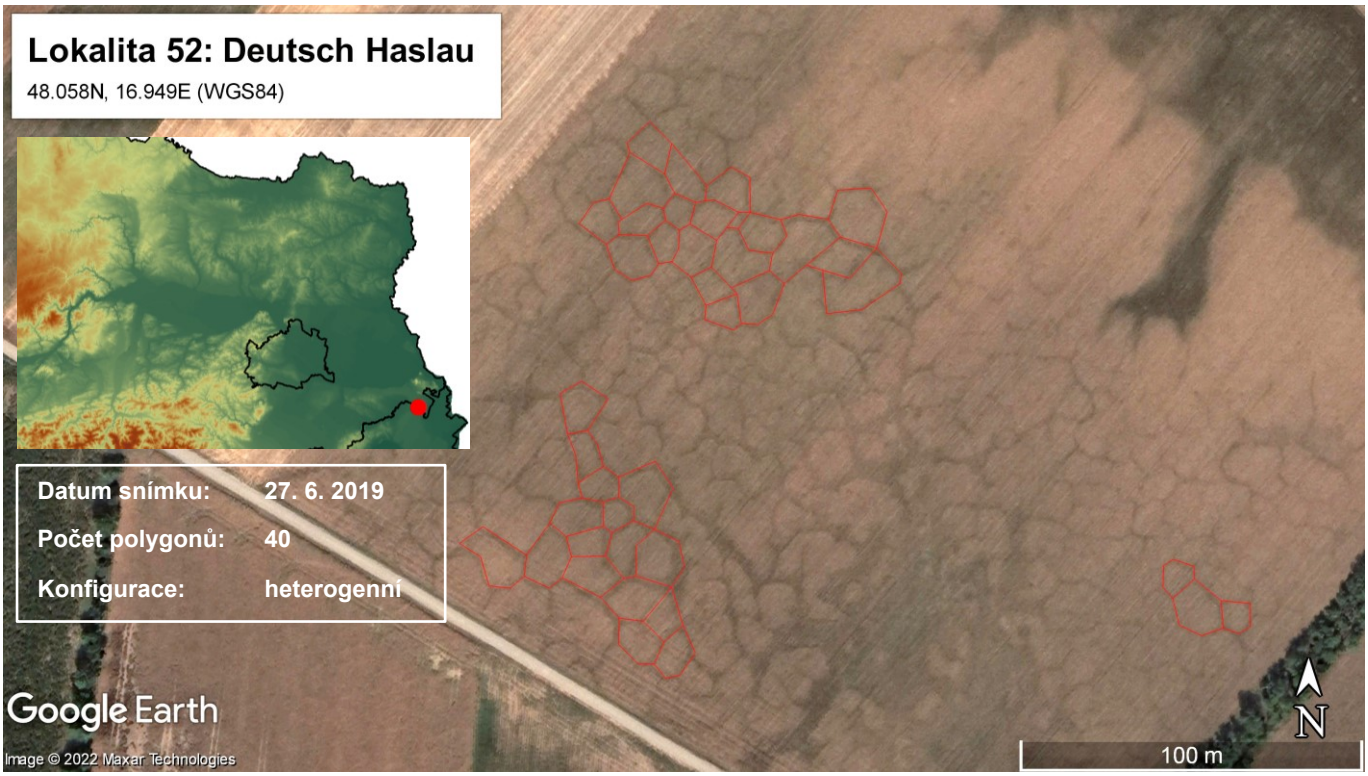
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Lehen (mindel)
půdní substrát	regozem, černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	175 m n. m.
průměrný sklon	0.60 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	31.61	65.98	10.43	8.21	1.29	6.29
medián	30.55	63.80	10.18	8.05	1.20	6.00
rozpětí	30.80	115.98	12.69	8.27	0.86	6.00
minimální hodnota	16.56	18.17	5.18	4.73	1.01	4.00
maximální hodnota	47.35	134.15	17.87	13.00	1.87	10.00
směrodatná odchylka	7.01	28.96	2.51	1.98	0.21	1.28





Příloha 154: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 51.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 51 podle exponenciální funkce.*

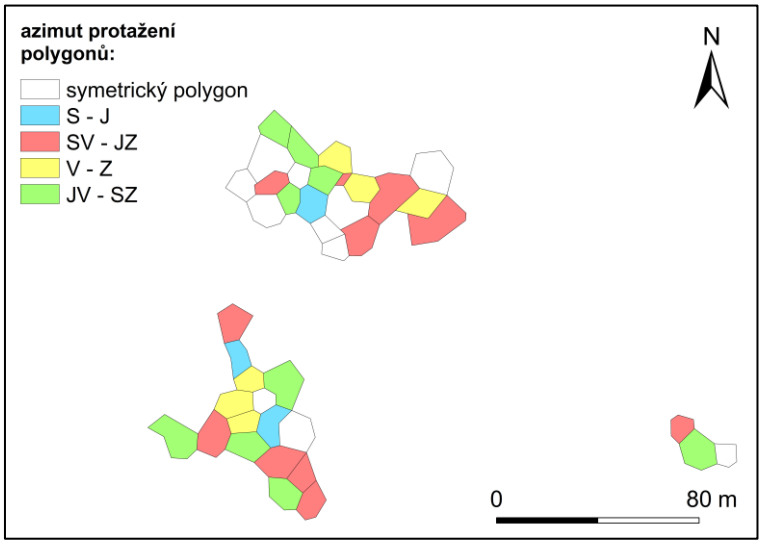


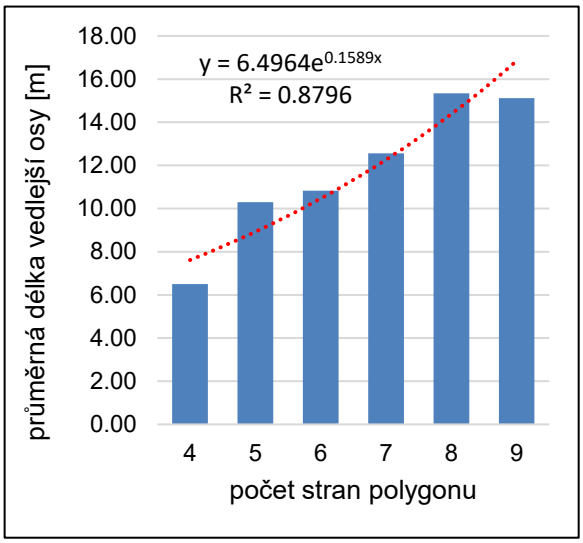
Příloha 155: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 52 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 156: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 52.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 52.*

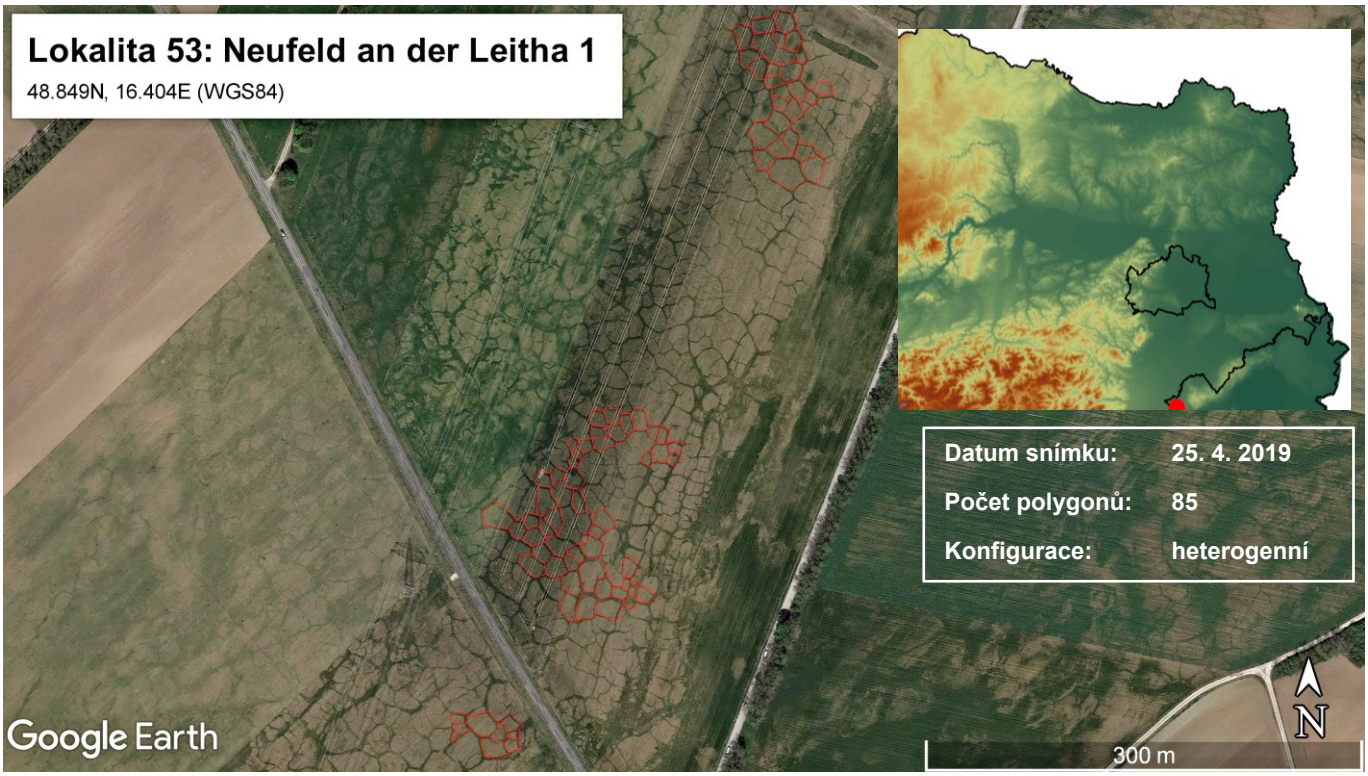
přírodní oblast (naturraum)	Podunají a jižní vídeňská pánev
geologický podklad	štěrk, překryto písky a spraší
geomorfologická poloha	fluviální terasa Lehen (mindel)
půdní substrát	černozem, černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	176 m n. m.
průměrný sklon	0.81 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	44.25	127.83	14.93	11.29	1.37	6.15
medián	43.92	121.81	14.98	10.84	1.27	6.00
rozpětí	51.94	230.23	17.04	14.53	1.76	5.00
minimální hodnota	18.40	16.12	7.77	2.80	1.02	4.00
maximální hodnota	70.34	246.35	24.82	17.33	2.77	9.00
směrodatná odchylka	9.92	50.65	3.53	2.75	0.34	1.01





Příloha 157: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 52.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 52 podle exponenciální funkce.*

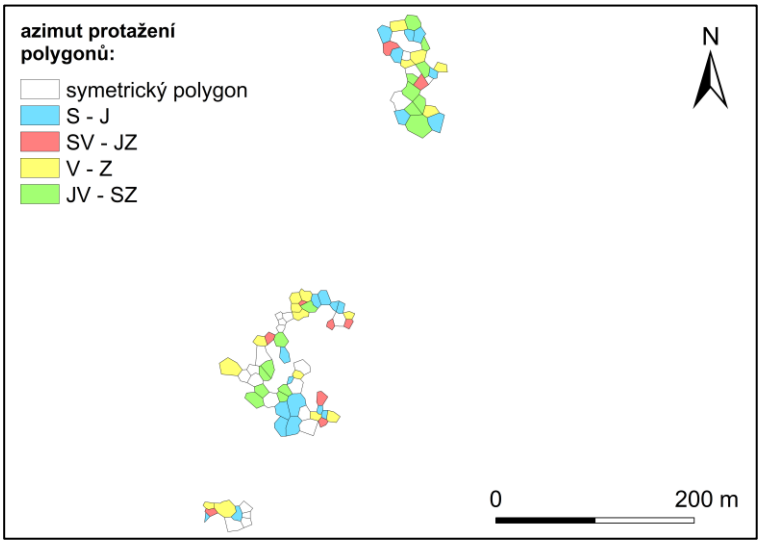


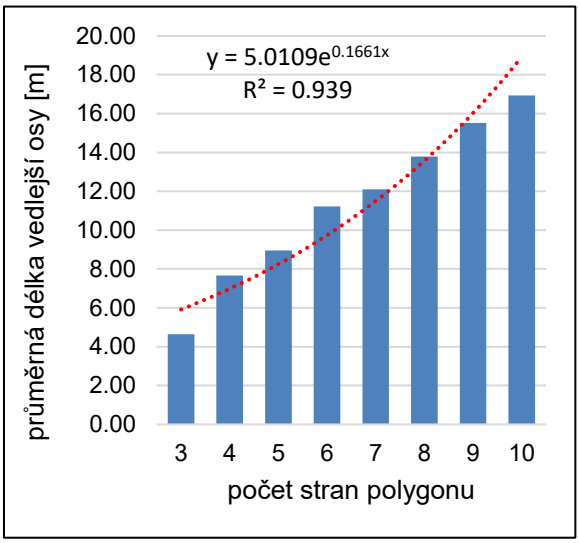
Příloha 158: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 53 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 159: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 53.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 53.*

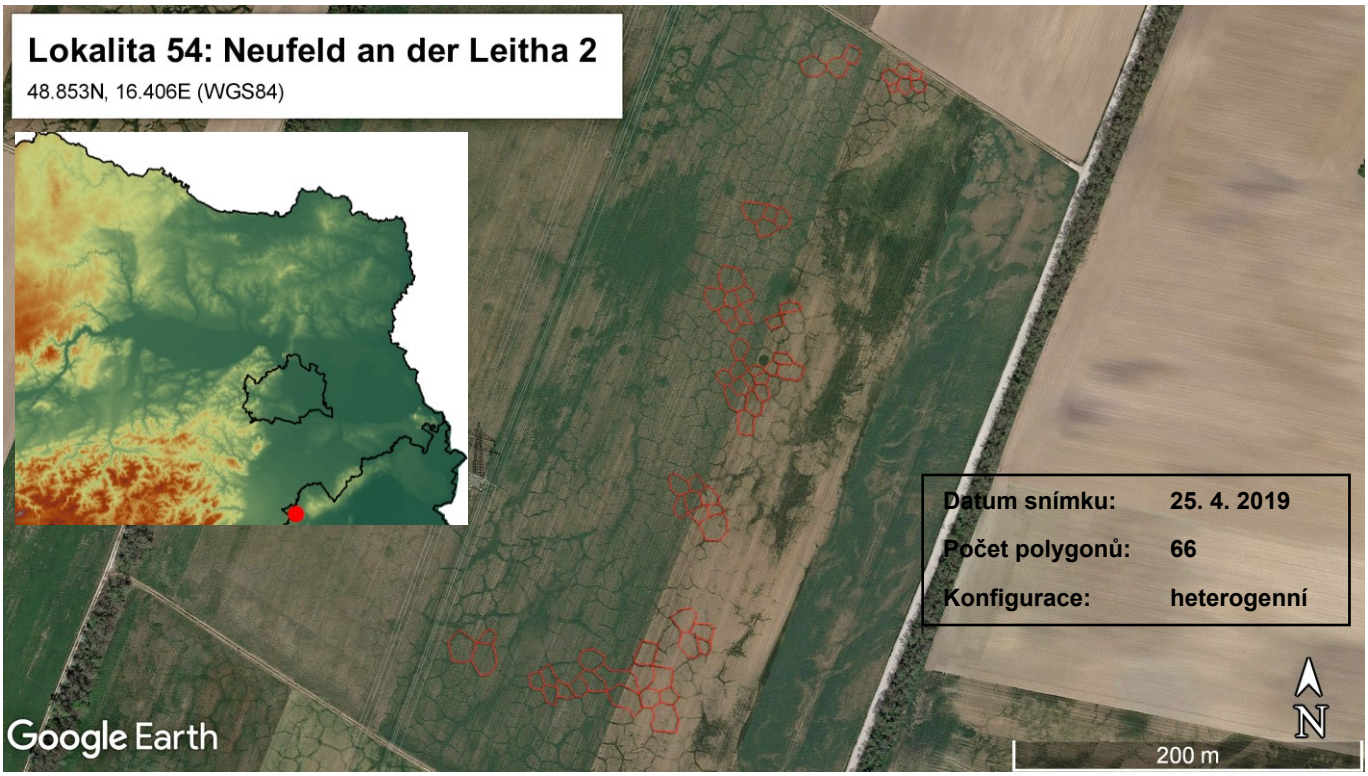
přírodní oblast (naturraum)	Severní Burgenland
geologický podklad	zillingdorfský štěrk, překryto spraší
geomorfologická poloha	spodně pleistocenní až pliocenní fluviální terasy
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	255 m n. m.
průměrný sklon	0.53 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	43.23	126.83	14.51	11.10	1.35	6.20
medián	42.61	115.63	14.50	10.83	1.28	6.00
rozpětí	56.01	399.74	19.01	16.81	1.29	7.00
minimální hodnota	22.08	23.41	7.39	4.37	1.00	3.00
maximální hodnota	78.09	423.16	26.39	21.18	2.30	10.00
směrodatná odchylka	11.55	69.99	3.90	3.37	0.27	1.32





Příloha 160: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 53.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 53 podle exponenciální funkce.*

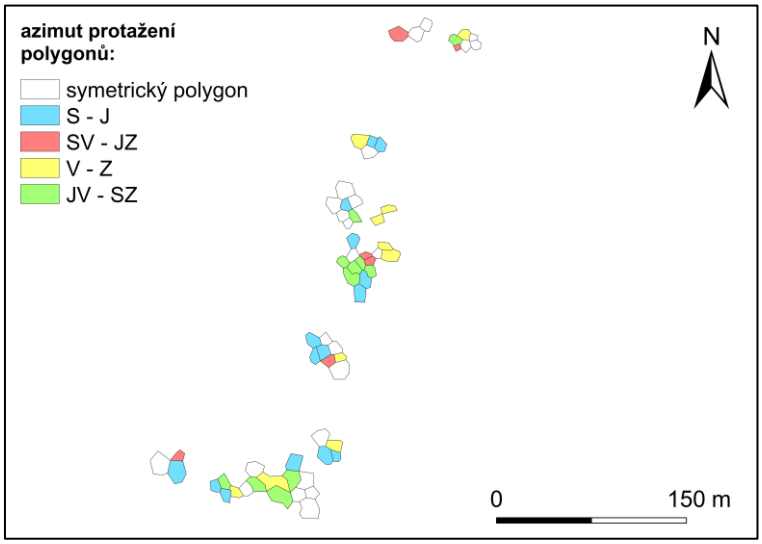


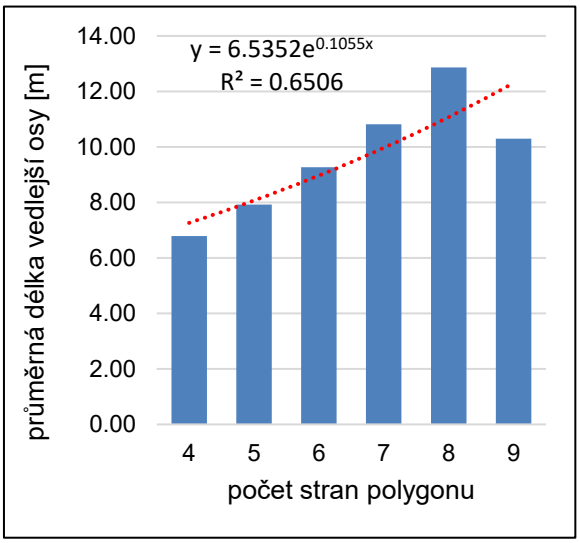
Příloha 161: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 54 dostupný z Google Earth Pro (2021).*

Příloha 162: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 54.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 54.*

přírodní oblast (naturraum)	Severní Burgenland
geologický podklad	zillingdorfský štěrk, překryto spraší
geomorfologická poloha	spodně pleistocenní až pliocenní fluviální terasy
půdní substrát	černice
krajinný pokryv (CLC 2018)	nezavlažovaná orná půda (211)
průměrná nadmořská výška	254 m n. m.
průměrný sklon	0.54 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	37.51	94.67	12.45	9.61	1.32	6.35
medián	34.97	79.03	11.84	9.20	1.25	6.00
rozpětí	56.35	193.41	23.47	12.22	1.06	5.00
minimální hodnota	18.15	21.58	5.37	4.48	1.00	4.00
maximální hodnota	74.51	215.00	28.84	16.69	2.06	9.00
směrodatná odchylka	9.59	46.40	3.63	2.65	0.28	1.16





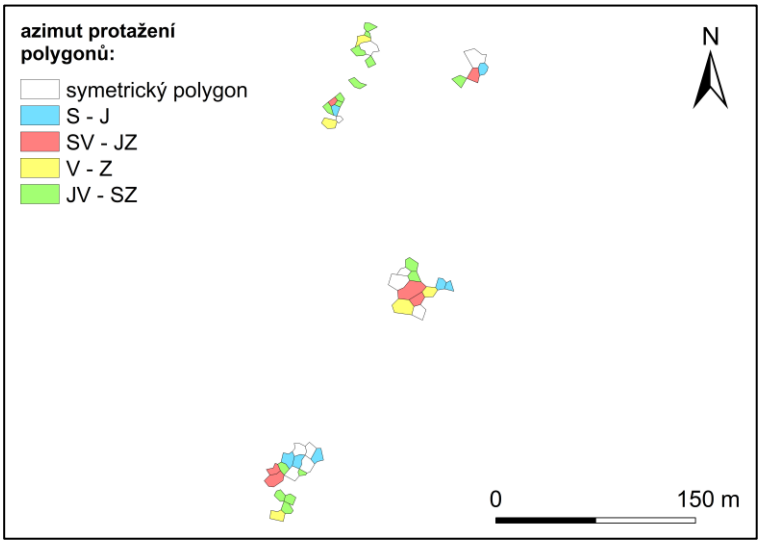
Příloha 163: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 54.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 54 podle exponenciální funkce.*

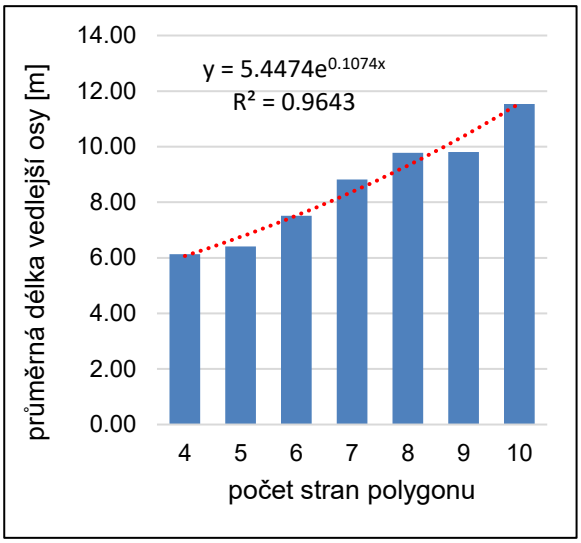
Příloha 164: *Letecký snímek se zvektorizovanými polygony v lokalitě 55 dostupný z Google Earth Pro (2022).*

Příloha 165: Vlevo: *Vybrané fyzickogeografické údaje o lokalitě 55.* ***Vpravo:*** *Základní morfometrické ukazatele polygonálních sítí pseudomorfóz mrazových klínů v lokalitě 55.*

přírodní oblast (naturraum)	Severní Burgenland
geologický podklad	steinbrunnerský štěrk, překryto spraší
geomorfologická poloha	spodně pleistocenní až pliocenní fluviální terasy
půdní substrát	černice, kaštanozem
krajinný pokryv (CLC 2018)	komplexní kultury (242)
průměrná nadmořská výška	247 m n. m.
průměrný sklon	1.04 °

	obvod [m]	**plocha [m²]**	**hlavní osa [m]**	**vedlejší osa [m]**	**poměr os**	**počet stran**
aritmetický průměr	31.23	63.91	10.47	7.76	1.37	6.16
medián	31.02	53.86	10.26	7.51	1.34	6.00
rozpětí	40.70	181.70	16.94	10.36	1.17	6.00
minimální hodnota	16.24	14.23	5.05	3.41	1.06	4.00
maximální hodnota	56.95	195.94	21.99	13.77	2.23	10.00
směrodatná odchylka	8.41	36.18	3.13	2.26	0.26	1.38





Příloha 166: Vlevo: *Azimut protažení polygonů v lokalitě 55.* ***Vpravo:*** *Vztah mezi průměrnou délkou vedlejší osy polygonů a počtem jejich stran v lokalitě 55 podle exponenciální funkce.*

Příloha 167: *Některé statistické míry polohy a variability vybraných základních parametrů sítí, morfometrických charakteristik polygonů a podíly jejich zastoupení podle azimutu protažení v jednotlivých lokalitách. Konfigurace sítě (Mangold 2005) vyjadřuje poměr mezi nejdelší a nejkratší hlavní osou: <3 = homogenní síť, ≥3 = heterogenní síť; protaženost polygonů (Ulrich et al. 2011) vyjadřuje poměr mezi délkou hlavní a vedlejší osy každého polygonu: <1.15 = symetrické polygony, ≥1.15 = protažené polygony. Maximální hodnoty v každém sloupci označeny modře, minimální hodnoty červeně.*

	vybrané základní parametry sítě					vybrané morfometrické charakteriky polygonů							podíl polygonů podle azimutu protažení				
č. lokality	**počet polygonů**	**konfigurace sítě**	**protaženost polygonů: průměr**	**protaženost polygonů: medián**	**protaženost polygonů: směrodatná odchylka**	**plocha: průměr**	**plocha: medián**	**plocha: směrodatná odchylka**	**délka vedlejší osy: průměr**	**délka vedlejší osy: medián**	**délka vedlejší osy: směrodatná odchylka**	**počet stran: průměr**	**symetrické**	**S-J**	**SV-JZ**	**V-Z**	**JV-SZ**
1	49	4.25	1.41	1.31	0.36	**375.3**	**353.6**	**181.0**	**18.7**	**18.2**	**5.5**	5.5	0.33	0.12	0.18	0.14	0.22
2	32	2.41	1.33	1.32	0.23	67.9	60.1	31.6	8.2	7.9	2.0	5.7	0.22	0.16	0.16	0.41	0.06
3	39	3.52	1.30	1.22	0.23	50.1	49.4	22.7	7.1	7.0	1.5	5.5	0.26	0.18	0.13	0.33	0.10
4	35	3.53	1.36	1.35	0.23	43.1	44.7	21.3	6.4	6.2	1.8	6.2	0.23	0.23	0.11	0.20	0.23
5	77	3.10	1.34	1.30	0.25	199.2	181.1	104.6	13.8	13.4	4.0	6.2	0.25	0.10	0.23	0.17	0.25
6	42	3.19	1.32	1.22	0.27	241.4	210.2	134.3	15.3	14.9	4.6	6.4	0.29	0.19	0.21	0.07	0.24
7	46	2.50	1.36	1.30	0.27	71.1	66.2	26.0	8.3	8.2	1.8	5.7	0.30	0.17	0.22	0.13	0.17
8	**30**	2.77	1.31	1.25	0.24	62.7	56.2	31.0	8.0	7.4	2.2	5.9	0.30	0.17	**0.30**	0.10	0.13
9	37	3.17	1.35	1.29	0.25	92.9	88.3	35.9	9.5	9.6	1.8	**5.2**	0.27	0.22	**0.05**	**0.43**	**0.03**
10	55	3.24	1.31	1.27	0.25	55.3	45.9	29.9	7.3	6.7	2.0	5.6	0.36	0.02	0.15	0.27	0.20
11	37	3.13	1.38	1.24	0.32	71.8	69.4	28.5	8.4	8.4	1.7	5.4	0.24	0.16	0.24	0.08	0.27
12	34	3.12	1.34	1.28	0.27	35.9	35.5	16.5	5.8	5.4	1.6	5.3	0.26	**0.32**	0.12	0.15	0.15
13	**30**	2.25	1.31	1.29	0.23	58.9	50.7	28.0	7.7	7.3	1.9	5.8	0.30	0.07	0.13	0.27	0.23
14	40	2.72	1.30	**1.20**	0.27	69.5	62.3	29.3	8.3	8.0	1.9	5.6	0.43	**0.15**	**0.05**	0.20	0.18
15	33	2.72	1.36	1.26	**0.43**	60.0	59.9	25.3	7.8	7.9	2.0	5.5	0.33	0.06	0.12	0.24	0.24
16	35	2.10	1.31	1.23	0.27	148.1	133.1	58.0	12.3	11.3	3.0	5.7	0.31	0.20	0.20	0.14	0.14
17	40	3.40	1.38	1.34	0.31	72.2	64.0	36.3	8.4	8.0	2.2	5.4	0.33	0.23	0.08	0.28	0.10
18	31	2.78	1.35	1.24	0.30	59.1	55.1	24.4	7.7	7.8	1.8	5.5	0.42	0.16	0.10	0.23	0.10
19	**30**	3.11	1.31	1.25	0.27	48.1	42.5	21.3	7.0	6.9	1.6	5.7	0.33	0.13	0.10	0.37	0.07
20	35	3.08	1.39	1.28	0.31	119.7	112.2	46.8	10.8	10.9	2.5	5.8	**0.14**	0.31	0.14	0.11	0.29
21	48	2.59	1.30	1.26	0.20	48.7	43.6	21.1	6.9	6.8	1.6	6.1	0.27	0.19	0.17	0.25	0.13
22	38	2.35	1.35	1.25	0.29	55.0	54.3	22.0	7.4	7.1	1.7	5.8	0.21	0.26	0.24	0.08	0.21
23	41	3.20	1.35	1.32	0.29	52.2	46.5	22.7	7.1	6.7	1.6	5.6	0.24	0.20	0.07	0.27	0.22
24	44	2.79	1.30	1.26	0.22	47.3	45.8	18.8	6.9	6.8	1.5	5.9	0.34	0.20	0.11	0.18	0.16
25	34	2.99	1.32	1.27	0.25	36.8	32.7	19.0	6.0	5.9	1.7	6.0	0.29	0.12	0.15	0.26	0.18
26	102	2.98	1.36	1.26	0.32	34.7	33.1	15.1	5.8	5.6	1.4	5.5	0.29	0.18	0.16	0.19	0.19
27	90	3.08	1.32	1.28	0.23	43.9	41.3	18.6	6.6	6.6	1.4	5.6	0.31	0.20	0.13	0.24	0.11

	vybrané základní parametry sítě					vybrané morfometrické charakteriky polygonů							podíl polygonů podle azimutu protažení				
č. lokality	počet polygonů	konfigurace sítě	protaženost polygonů: průměr	protaženost polygonů: medián	protaženost polygonů: směrodatná odchylka	plocha: průměr	plocha: medián	plocha: směrodatná odchylka	délka vedlejší osy: průměr	délka vedlejší osy: medián	délka vedlejší osy: směrodatná odchylka	počet stran: průměr	symetrické	S-J	SV-JZ	V-Z	JV-SZ
28	**167**	3.62	1.30	1.21	0.28	45.5	39.3	21.3	6.8	6.5	1.7	5.8	0.38	0.19	0.10	0.22	0.12
29	**30**	2.95	1.34	1.21	0.29	53.0	37.8	28.5	7.2	6.3	2.2	6.0	0.37	**0.00**	0.20	0.17	0.27
30	45	3.33	1.32	1.27	0.21	87.6	83.2	40.4	9.3	8.9	2.3	5.8	0.22	0.16	0.18	0.27	0.18
31	33	**2.06**	1.34	1.28	0.24	64.3	61.3	21.7	8.0	7.9	1.4	5.9	0.30	0.09	0.18	0.27	0.15
32	45	3.23	1.38	1.37	0.24	37.0	34.6	14.1	6.0	5.9	1.4	**6.5**	0.27	0.13	0.18	0.31	0.11
33	32	2.78	1.39	1.31	0.33	60.7	58.2	26.0	7.6	7.6	2.0	5.6	0.19	0.19	0.13	0.31	0.19
34	42	2.45	**1.26**	1.21	0.20	71.9	64.5	31.0	8.6	8.5	1.9	5.6	0.36	0.12	0.07	0.31	0.14
35	33	2.44	1.29	1.30	**0.19**	58.8	50.6	26.0	7.7	7.3	1.9	5.6	0.27	0.27	0.15	**0.03**	0.27
36	35	2.25	1.32	1.28	0.23	53.8	50.5	19.9	7.4	7.1	1.7	5.5	0.26	0.26	0.14	0.09	0.26
37	43	3.64	1.37	1.28	0.25	33.8	31.6	15.7	5.6	5.6	1.3	5.7	0.23	0.26	0.09	0.16	0.26
38	39	2.82	1.38	1.30	0.38	62.3	56.1	25.1	7.8	7.7	1.5	6.0	0.28	0.08	0.21	0.23	0.21
39	38	2.43	1.30	1.26	0.21	46.9	46.4	15.8	6.8	7.0	1.3	5.8	0.29	0.11	0.16	0.24	0.21
40	31	3.97	1.34	1.25	0.27	43.9	40.3	25.3	6.5	6.1	1.7	5.8	0.29	0.19	0.10	0.23	0.19
41	77	3.68	1.28	1.21	0.22	40.4	36.3	19.3	6.4	6.4	1.6	5.7	**0.43**	0.19	0.06	0.19	0.12
42	46	3.26	1.35	1.29	0.31	39.1	37.3	18.6	6.2	6.3	1.4	6.1	0.28	0.11	0.13	0.33	0.15
43	33	2.56	**1.43**	1.38	0.33	58.9	51.7	25.7	7.4	7.2	1.8	6.3	0.27	0.09	0.15	0.27	0.21
44	36	2.47	1.30	1.25	0.23	43.4	43.1	16.1	6.6	6.9	1.3	5.7	0.39	**0.00**	0.22	0.19	0.19
45	51	2.60	1.32	1.26	0.26	60.0	61.0	24.7	7.9	8.0	1.9	5.5	0.35	0.08	0.18	0.16	0.24
46	65	2.13	1.32	1.27	0.23	**28.9**	**26.0**	**11.3**	**5.4**	**5.2**	**1.1**	6.1	0.25	0.09	0.28	0.11	0.28
47	37	2.27	1.28	1.25	0.20	36.0	34.0	12.2	6.1	5.9	1.3	5.9	0.35	0.08	0.14	0.19	0.24
48	32	2.14	1.42	**1.40**	0.28	91.3	89.0	33.3	9.2	9.1	2.1	5.7	0.19	0.13	0.16	0.41	0.13
49	49	3.05	1.37	1.29	0.34	107.3	89.2	53.5	10.2	9.7	2.9	6.0	0.35	0.16	0.12	0.14	0.22
50	53	3.01	1.34	1.29	0.25	108.0	101.7	45.1	10.2	10.0	2.5	6.2	0.25	0.06	**0.30**	0.21	0.19
51	49	3.45	1.29	**1.20**	0.21	66.0	63.8	29.0	8.2	8.1	2.0	6.3	0.39	0.06	0.14	0.31	0.10
52	40	3.19	1.37	1.27	0.34	127.8	121.8	50.7	11.3	10.8	2.7	6.2	0.28	0.08	0.28	0.15	0.23
53	85	3.57	1.35	1.28	0.27	126.8	115.6	70.0	11.1	10.8	3.4	6.2	0.26	0.25	0.11	0.20	0.19
54	66	**5.37**	1.32	1.25	0.28	94.7	79.0	46.4	9.6	9.2	2.6	6.3	0.36	0.23	0.09	0.15	0.17
55	44	4.36	1.37	1.34	0.26	63.9	53.9	36.2	7.8	7.5	2.3	6.2	0.23	0.16	0.14	0.11	**0.36**