

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

**PROSTOROVÝ VZOR VYBRANÝCH
INFEKČNÍCH NEMOCÍ V ČESKU**

Bakalářská práce

Filip ŘÍČAŘ

Vedoucí práce Mgr. Vít PÁSZTO, Ph.D.

Olomouc 2023
Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá prostorovým vzorem vybraných infekčních nemocí v Česku. Nejprve je provedena vizuální analýza a identifikace hlavních oblastí incidence. Výskyt nemocí je vizualizován v administrativních jednotkách nebo v pravidelných hexagonálních sítích. Poté je provedena prostorová analýza včetně analýz shlukování. Výsledky jsou interpretovány a srovnány mezi sebou. Na závěr jsou analýzy vloženy do socio-ekonomického kontextu a je provedena typizace administrativních jednotek podle výskytu nemocí a socio-ekonomických faktorů. V práci jsou využívány metody pro prostorovou analýzu a pro vizualizaci prostorových kvantitativních dat. Práce byla primárně vyhotovena za pomoci nástrojů ze sady *Spatial Statistics* v programu ArcGIS Pro. Hlavními výstupy práce je série map incidence, výsledků analýz a ucelená geodatabáze. Výsledky práce jsou hodnocení vzoru a použitelnost metod, hodnocení prostorového vzoru příslušných nemocí a geografické závěry o jejich výskytu včetně souvislosti s deprivací a příslušností k venkovu. Mezi konkrétní zjištění patří rozdílnost prostorových vzorů jednotlivých infekčních onemocnění, proměnlivost shlukování nemocí COVID-19 v čase nebo závislost výskytu infekčních nemocí a příslušností k venkovu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Infekční nemoce; epidemiologie; prostorový vzor; prostorové analýzy

Počet stran práce: 44

Počet příloh: 49 (z toho 1 volné)

ANNOTATION

This bachelor thesis focuses on the spatial pattern of selected infectious diseases in the Czech Republic. At first, a visual analysis is done to identify the main areas of incidence. The disease occurrence is visualized in administrative units or grids of regular hexagons. Then a spatial analysis is done including cluster analysis. In the final part, the analyses are placed in a socio-economic context, and the administrative units are categorized according to disease occurrence and socio-economic factors. Various methods for spatial analysis and visualization of spatial quantitative data are used in this thesis. The work was primarily done using tools from the Spatial statistics toolbox in ArcGIS Pro. The main outputs of the thesis are a series of disease maps, analyses results, and a complex geodatabase. The results evaluate the usability of methods, the spatial pattern of diseases, and geographical conclusions about their occurrence, including a relationship with deprivation and rural belonging. Specific results include differences in spatial patterns of individual infectious diseases, variability of clustering of COVID-19 over time, and the dependence of infectious disease occurrence on rural belonging.

KEYWORDS

Infectious diseases; epidemiology; spatial pattern; spatial analysis

Number of pages: 44

Number of appendixes: 49

Prohlašuji, že

- bakalářskou/diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom(a), že na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské/diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne 4.5. 2023

Filip ŘÍČAŘ

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Vítu Pásztovi PhD. za podněty a připomínky při vypracování práce.

Také děkuji rodině a přátelům za podporu během tvorby bakalářské práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Filip ŘÍČAŘ**
Osobní číslo: **R20538**
Studijní program: **B0532A330011 Geoinformatika a kartografie**
Téma práce: **Prostorový vzor vybraných infekčních nemocí v Česku**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je zachytit a vyhodnotit prostorový vzor vybraných infekčních nemocí v Česku pomocí metod prostorové analýzy. Student bude pracovat s daty od ÚZIS, které se budou týkat výskytu infekčních nemocí (například salmonelóza, kampylobakteriíza, lymfická borelióza, klíšťová encefalitida, virová hepatitida, hantaviry, spalničky, černý kašel), kdy tato data v prvním kroku prostorově vyhodnotí s využitím kvantitativních metod obvyklých při studiu této problematiky. V druhém kroku vsadí analýzy do socio-ekonomického kontextu (například vzdělanostní a věková struktura obyvatel, zdravotní péče, ruralita/urbanita, deprivanční charakteristiky aj.), aby následně výsledky vhodně vizualizoval. Z výsledků student vyvodí geografické i společenské závěry. Průběh práce bude student konzultovat s doc. Holým a dr. Markem.

Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data) se odevzdá v digitální podobě na paměťovém nosiči (CD, DVD, SD karta, flash disk). Text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- MAREK, Lukáš. Prostorové a vícerozměrné statistické analýzy epidemiologických dat. Olomouc, 2015. disertační práce (Ph.D.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta
- Lawson, A. B. (2013). Statistical methods in spatial epidemiology. John Wiley & Sons.
- Lawson, A. B. et al. (2016). Handbook of Spatial Epidemiology. Chapman and Hall/CRC
- Bencko, V. (2003). Statistické metody v epidemiologii, svazek 1 a 2. Praha : Karolinum, 2003
- Pászto, V., Burian, J., & Macku, K. (2020). Covid-19 data sources: evaluation of map applications and analysis of behavior changes in europe's population. Geografie, 125(2), 171-209.
- Pászto, V., Burian, J., & Macku, K. (2021). Changing mobility lifestyle: A case study on the impact of COVID-19 using personal google locations data. International Journal of E-Planning Research (IJEPR), 10(2), 66-79.
- Campbell, M., Marek, L., Wiki, J., Hobbs, M., Sabel, C. E., McCarthy, J., & Kingham, S. (2021). National movement patterns during the COVID-19 pandemic in New Zealand: the unexplored role of neighbourhood deprivation. J Epidemiol Community Health, 75(9), 903-905.
- Marek, L., & Pászto, V. (2017). Spatio-temporal outbreaks of campylobacteriosis and the role of fresh-milk vending machines in the Czech Republic: A methodological study. Geospatial health, 12(2).

- a další geografická, geoinformatická, či jiná literatura a softwarová dokumentace potřebná pro provedení práce.


Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Vít Pászto, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **5. května 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2023**

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 15. září 2022

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE	11
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
2.1 Prostorové analýzy	12
2.2 Epidemiologie	13
2.3 Vybrané práce zabývající se řešenou problematikou	15
3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	18
3.1 Metody pro prostorovou analýzu	18
3.2 Metody pro kartografickou vizualizaci	19
3.3 Použitá data	19
3.4 Použité programy	20
3.5 Postup zpracování	20
4 VIZUÁLNÍ ANALÝZA	22
4.1 Zpracování a příprava dat	22
4.2 Tvorba hexagonální sítě	23
4.3 Vizualizace incidence	24
4.4 Hlavní oblasti incidence	24
5 PROSTOROVÁ ANALÝZA	28
5.1 Globální analýzy shlukování	28
5.2 Lokální analýzy shlukování	29
5.2.1 Shlukování nemoci COVID-19	29
5.2.2 Shlukování kampylobakteriózy	32
5.2.3 Shlukování ostatních infekčních nemocí	33
5.3 Srovnání analýzy hotspotů	34
6 SOCIO-EKONOMICKÝ KONTEXT	35
6.1 Příprava dat	35
6.2 Bodové ohodnocení	35
6.3 Typizace pomocí dvourozměrné stupnice	37
6.4 Regrese	38
7 VÝSLEDKY	40
7.1 Výsledky vizuální analýzy	40
7.2 Výsledky prostorové analýzy	40
7.3 Výsledky analýzy socio-ekonomického kontextu	41
8 DISKUZE	43
ZÁVĚR	44
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
ČSÚ	Český statistický úřad
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIS	Geografický informační systém
GLR	Generalized linear regression
GWR	Geographically weighted regression
KML	Keyhole markup language
MKN	Mezinárodní klasifikace nemocí
MS	Microsoft
MUNI	Masarykova univerzita
MZČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
ORP	Obec s rozšířenou působností
SLDB	Sčítání lidu, domů a bytů
UPOL	Univerzita Palackého v Olomouci
ÚZIS	Ústav zdravotních informací a statistiky

ÚVOD

Infekční nemoci jsou tématem dnešní doby. Kvůli pandemii nemoci COVID-19 se epidemiologie a s tím spojená problematika dostala do popředí veřejného zájmu. Hlavní metodou prezentace výskytu infekčních onemocnění jsou mapy. Různé geoinformatické a kartografické metody mají mnoho potenciálu v oboru epidemiologie pro prostorové nebo časové analýzy. Například pomocí vizuální analýzy lze odhalit hlavní oblasti šíření nemoci, nebo naopak identifikovat oblasti, kterým se nákaza vyhýbala. Shlukové analýzy nám umožní nalézt statisticky významné shluky ať už vysokých nebo nízkých hodnot. Metodami pro modelování prostorových vztahů, například geograficky váženou regrese lze zkoumat vztahy mezi dvěma a více socioekonomickými faktory.

Dostupnost dat o infekčních nemocech je předmětem mnoha diskuzí. Data o infekčních nemocech jsou součástí registrů s omezeným přístupem. V současné době se vede debata o zpřístupnění těchto dat. Výjimečnou situací byla pandemie nemoci COVID-19, při které úřady volně vydávaly data o počtu nakažených, zemřelých nebo očkovaných ve velké prostorové i časové podrobnosti.

Tato práce se zabývá analýzou prostorového vzoru několika vybraných infekčních nemocí včetně COVID-19. Ke splnění cílů slouží metody vizuální nebo prostorové analýzy. Výsledky analýz jsou vloženy do socio-ekonomického kontextu pro nalezení prostorových vztahů mezi výskytem nemocí a socio-ekonomickými jevy. Práce částečně navazuje na předchozí práce Marka (2015), Gartnera (2017), Kupky (2019) a dalších, kteří se zabývali prostorovou analýzou jevů na katedře geoinformatiky UPOL.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je zachytit a vyhodnotit prostorový vzor vybraných infekčních nemocí v Česku pomocí metod prostorové analýzy. Pracovat se bude s daty o infekčních nemocech včetně dat od ÚZIS. Nejprve budou tato data podrobena vizuální analýze pro identifikaci hlavních oblastí incidence. Pro každou nemoc bude vytvořena minimálně jedna mapa incidence v příslušných administrativních jednotkách, případně v pravidelné hexagonální síti. V další části proběhne kvantifikace prostorového vzoru pomocí analýz shlukování. Pro tuto část budou použity nástroje ze sady *Spatial statistics* v programu ArcGIS Pro. Výsledky budou vhodně interpretovány a porovnány mezi sebou. V konečné fázi budou analýzy vsazeny do socio-ekonomického kontextu (deprivační charakteristiky, příslušnost k venkovu), bude provedena typizace a výsledky budou vhodně vizualizovány. Síla závislosti bude zjištěna pomocí regrese. Pro typizace a vizualizaci dvou jevů v jedné mapě bude použita dvourozměrná stupnice.

Výsledky bakalářské práce bude hodnocení prostorového vzoru jednotlivých nemocí a použitelnost geoinformatických a kartografických metod v epidemiologii. Z výsledků budou utvořeny geografické a společenské závěry.

Výstupy bakalářské práce bude série map incidence příslušných infekčních onemocnění, vybraných výsledků analýz a ucelená geodatabáze. Součástí výstupů bakalářské práce bude webová stránka prezentující výsledky práce a poster ve formátu A2.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

K pochopení problematiky prostorové epidemiologie je nutné znát základní principy oboru a související pojmy. Nutností je také znalost prostorových analýz. Následující kapitola se zabývá základním seznámením s řešenou problematikou.

2.1 Prostorové analýzy

Podle Horáka (2019) jsou prostorové analýzy kolekcí technik z různých oborů určených k analýze dat s důrazem na prostor. Nutností k provedení prostorové analýzy jsou atributová data a geografická lokalizace objektů. "Prostorové analýzy můžeme definovat následovně: Prostorové analýzy jsou souborem technik pro analýzu a modelování lokalizovaných objektů, kde výsledky analýz závisí na prostorovém uspořádání těchto objektů a jejich vlastností." (Horák, 2019).

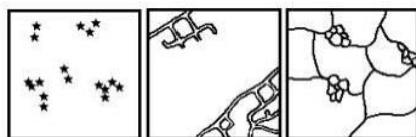
Dle Horáka (2019), prostorové analýzy lze využít pro širokou řadu účelů. Cíle prostorových analýz mohou být např. popis objektů a událostí v určité oblasti, výběr nejvhodnějšího místa na základě daných podmínek, vysvětlení a interpretace jevů v prostoru nebo předvídaní objektů a událostí v daném prostoru. Metody prostorové analýzy lze rozdělit podle výstupů na statistické prostorové analýzy, mapové analýzy, metody matematického modelování, interpolační metody, lokalizační a alokační metody, síťové analýzy a další.

Statistické prostorové analýzy

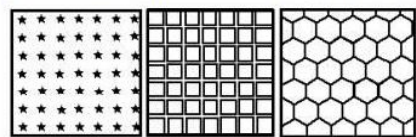
Horák (2019) popisuje statistické prostorové analýzy jako významnou a širokou skupinu metod s velkým množstvím různorodých využití. Lze je dělit podle počtu zkoumaných charakteristik na monovariační (jednorozměrné) a multivariační. Dělit lze i podle povahy statistických technik na popisné a inferenční. Popisné měří kvantitativní měření charakteristiky polohy a charakteristiky rozptýlení. Inferenční určují prostorovou distribuci a vztahy mezi dvěma a více veličinami. (Horák, 2019)

Prostorová distribuce

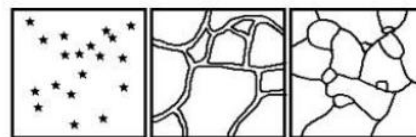
Horák (2019) uvádí 3 kategorie geoprvků podle uspořádání v prostoru a jejich textury/vzoru: shlukové, pravidelné a náhodné (Obr. 1). Testování prostorového vzoru pro zjištění pravděpodobnosti, zda je rozložení náhodné nebo pravidelné či shlukové. Častým využitím je prokázání shlukování případů nemoci pro epidemiologické účely. Podle Marka (2015) lze pomocí analýz shlukování identifikovat místa se zvýšeným rizikem šíření nemoci. Při využití vhodných dat a správné interpretace lze analýzou prostorové distribuce identifikovat rizikové faktory.



Obr.1-3 Shlukový typ distribuce pro 3 typy geoprvků: body, linie, areály



Obr.1-4 Pravidelný typ distribuce pro 3 typy geoprvků: body, linie, areály



Obr.1-5 Náhodný typ distribuce pro 3 typy geoprvků: body, linie, areály

Obr. 1 Dělení prostorových distribucí podle Horáka (2019)

2.2 Epidemiologie

Jedná se o zdravotnický obor zabývající se zdravotním stavem lidské populace a řešením zdravotních problémů v populaci pomocí studia šíření a příčin nemocí. Obor je úzce spojen se statistikou, která se zabývá sběrem, analýzou a interpretací dat (Bencko a kol., 2003).

Podle Bencka a kol. (2003) lze počátky epidemiologie vysledovat do Londýna 17. století, kde byly od roku 1629 vydávány „Bills of Mortality“ obsahující týdenní počty úmrtí a křtů dětí. Ty inspirovali Johna Graunta k provedení první úmrtnostní statistiky. První matematický popis a vztah mezi incidencí a prevalencí přinesl až William Farr ve 2. polovině 19. století. Toto lze považovat již za plně profesionální zdravotní statistiku. Moderní epidemiologie vzniká v polovině 20. století a začíná se více zabývat onkologickými a kardiovaskulárními onemocněními, které se stále častěji stávají příčinou úmrtí v průmyslových zemích. Do této doby se epidemiologie primárně zabývala infekčními nemocemi.

Prostorová epidemiologie

Jedním ze specifických využití prostorových analýz je obor prostorové epidemiologie, který se zabývá analýzou a prostorovým vzorem incidence nemocí. Zabývá se také použitím a interpretací map případů nemoci a problematiky spojené s jejich tvorbou. Povaha map nemocí navíc zajišťuje, že epidemiologické koncepce hrají důležitou roli při analýze. (Lawson, 2006)

Podle Lawsona (2006) lze za začátek prostorové epidemiologie považovat analýzu výskytu cholery kolem studny v Broad street v Londýně v roce 1854 Johnem Snowem. Dlouhou dobu však byl vývoj dalších metod sporadický. Rozvoj oboru je spojen až s vývojem informačních technologií a prostorovou statistikou. Prostorová epidemiologie dočkala prudkého rozvoje společně s informačními technologiemi až v 70. letech 20. století. Současný zájem o prostorovou epidemiologii je spojen hlavně s větším zájmem o vztahu znečištění životního prostředí a lidského zdraví. Vývoj statistických metod umožňuje přesnější zobrazení incidence a jejich proměnných, které může vést k lepší alokaci zdrojů ve zdravotnictví.

Dle Fatimy et al. (2021) se během pandemie COVID-19 metody prostorové epidemiologie staly důležitým nástrojem k analýze dat o šíření a nalezení spojitosti mezi šířením nemoci a socio-ekonomickými faktory.

Základní pojmy

Agregace

Lawson (2006) popisuje agregaci jako změnu měřítka spojením sledovaných hodnot do větších prostorových jednotek. Agregace také může sloužit k vyhlazení výsledků. Spojením dat do jednoho celku může mít za následek zánik detailů v datech. Tímto může mít vliv na následnou interpretaci výsledků. Příkladem může být zánik shlukování jednotlivých případů nemoci na malé územní jednotce po agregaci na větší územní jednotku.

Anonymizace

Dle Marka (2015) je anonymizace souhrn metod určených k ochraně soukromí a zamezení možnosti zpětné identifikace. Může jít o agregaci dat do větších prostorových jednotek nebo do větších časových úseků či náhodným pozměněním polohy nebo omezením přístupu k záznamům.

Morbidity

Nemocnost populace. Počet nemocných v populaci v určitou dobu na počet obyvatel. Základní ukazatele kvantifikující nemocnost populace jsou prevalence a incidence.

Prevalence

Ukazatel výskytu počtu nemocných danou nemocí v určitý časový moment. Délka onemocnění není ukazatelem zohledněna. Prevalenci lze dělit na okamžikovou a intervalovou. Prevalence okamžiková řeší počet aktuálně nakažených v jeden bodový moment (většinou jeden den). Prevalence intervalová se zabývá počtem nemocných během vybraného časového intervalu (většinou jeden kalendářní rok). (Bencko a kol., 2003)

$$\text{okamžiková prevalence} = \frac{\text{počet všech nemocných osob v populaci v daném okamžiku}}{\text{počet všech osob v populaci v daném okamžiku}}$$

$$\begin{aligned} & \text{intervalová prevalence} \\ &= \frac{\text{počet všech případů onemocnění v populaci v daném časovém intervalu}}{\text{střední stav populace v daném časovém intervalu}} \end{aligned}$$

Incidence

Ukazatel intenzity onemocnění, počet nově vzniklých onemocnění ve určitém časovém intervalu. Většinou je počítána roční incidence. (Bencko a kol., 2003)

$$\text{incidence} = \frac{\text{počet nových případů onemocnění v populaci v daném časovém intervalu}}{\text{součet osobočasů v riziku v populaci v daném časovém intervalu}}$$

Ve větších populacích se místo osobočasů využívá střední stav populace:

$$\text{incidence} = \frac{\text{počet nových případů onemocnění v populaci v daném časovém intervalu}}{\text{střední stav populace v daném časovém intervalu}}$$

Mortalita

Úmrtnost na danou nemoc. Počet zemřelých na počet nemocných nebo na střední stav populace v určitém časovém intervalu. (Bencko a kol., 2003)

2.3 Vybrané práce zabývající se řešenou problematikou

Domácí práce

Katedra geoinformatiky UPOL

Na katedře geoinformatiky UPOL vyšla řada bakalářských a diplomových prací zabývajících se prostorovou epidemiologií a prostorovými analýzami obecně.

Důležitou prací v oboru prostorové epidemiologie a jedním z hlavních zdrojů pro tuto práci se zabývá Marek (2015). V práci **Prostorové a vícerozměrné statistické analýzy epidemiologických dat** jsou detailně popsány prostorové analýzy nad epidemiologickými daty o rozšíření kampylobakteriózy na území ČR. Autor ve své práci využívá různé kartografické metody k mapování a popisu výskytu kampylobakteriózy na území ČR, metody prostorové statistiky ke kvantifikaci a vizualizaci prostorových vzorů ekologické analýzy ke zjištění vztahů mezi výskytem nemoci a vnějšími faktory a metodu geografického profilování ke zjištění možných zdrojů nákazy. Výsledky jsou prezentovány ve formátu KML.

Havlík (2013) ve své diplomové práci **Časoprostorová analýza vybraných onemocnění v Olomouckém kraji** popisuje využití prostorových analýz pomocí nástrojů ArcGIS Pro nad daty z databáze EPIDAT. Pro testování náhodnosti rozmístění bodů byly využity metody Average nearest neighbour a Ripley K a na analýzu shluků Getis-Ord G_i^* . Součástí práce je také metodika na předzpracování dat na analýzu shlukování. Výstupem práce je 68 vrstev ve formátu KML a zhodnocení výsledku analýz.

Prostorovými analýzami se důkladně zabývá bakalářská práce Gartnera (2017) **Prostorová statistika adresních bodů Česka**. Autor popisuje jednotlivé nástroje ze sady *spatial statistics* v programu ArcGIS Pro. V práci je také řešena problematika nulových bodů.

Kupka (2019) se ve své bakalářské práci **Analýza prostorového vzoru subjektů působících ve zdravotnictví** se také zabývá prostorovou statistikou s využitím dat od ÚZIS. Částečně vychází z práce Gartnera (2017) a využívá poznatky z této práce. Kromě klasických metod prostorové analýzy (geografická distribuce a shlukování) a vizualizace (kartogram, metoda teček, heatmap) využívá např. metodu typizace.

Masarykova univerzita v Brně

Podstatné množství prací o prostorové epidemiologii a využití kartografie ve zdravotnictví vyšlo také na Masarykově univerzitě v Brně.

Diplomová práce **Explorační analýza zdravotních dat a jejich kartografická prezentace** od Štampacha (2010) upozorňuje na důležitost na využití kartografie a GIS ve zdravotnictví a mezioborové spolupráce. Součástí práce je podrobná rešerše domácích i zahraničních zdrojů zdravotních dat, zdravotních map a dostupnost nástrojů explorační kartografie pro využití ve zdravotní statistice.

Důležitostí spolupráce kartografie s epidemiologií a popisem dostupných nástrojů se také zabývá diplomová práce Báčové (2012) **Možnosti využití metod prostorové analýzy pro zpracování zdravotních dat**. V práci jsou popsány metoda vícerozměrné statistické analýzy včetně analýzy hlavních komponent (principal component analysis – PCA), která je prakticky využita na datech o bilaterálním karcinomu prsu v krajích ČR. Na závěr je provedeno SWOT analýza využití PCA ve zdravotnické statistice.

Využitím kartografie ve zdravotnictví se také zabývá diplomová práce Horáčkové (2012) **Kartografie jako nástroj prevence chorob a podpory zdravotního vzdělávání**. Autorka v práci hodnotí využití českou i světovou produkci zdravotnických map a klade důraz na osvětu laické veřejnosti a zdravotních odborníků v oboru kartografie.

V bakalářské práci **Analýza a kartografická vizualizace vybraných zdravotních statistik** se Havlíčková (2014) zabývá dostupností, kvalitou a možnostmi vizualizace onkologických dat z českých a vybraných zahraničních registrů. Praktickými výstupy práce jsou návrhy vizualizace onkologických dat a soubor map prevalence.

Vědecké články a odborná literatura

V České republice vzniklo mnoho článků zabývajících se prostorovou epidemiologií nebo využitím GIS v epidemiologii. Článek **Spatio-temporal outbreaks of campylobacteriosis and the role of fresh-milk vending machines in the Czech Republic: A methodological study** od Marka a Pászta (2017) popisuje možnost využití geografického profilování při identifikaci zdroje nákazy. Články **Covid-19 data sources: evaluation of map applications and analysis of behavior changes in europe's population** a **Changing mobility lifestyle: A case study on the impact of COVID-19 using personal google locations data** od Pászta a kol. (2020,2021) řeší využití prostorových analýz změny pohybu obyvatel během pandemie nemoci COVID-19.

Článek **Anti- and Post-COVID-19 Measures Taken by the Czech government in Relation to the Spatial Distribution of COVID-19 Indicators** od Pászta a kol. (2023) popisuje šíření nemoci COVID-19 v roce 2020 a vládními opatřeními. V článku je použita kvantilová stupnice nebo metoda dvourozměrné (bivariantní) stupnice pro vizualizaci dvou jevů, které jsou dále použity v této bakalářské práci.

Mezi českou odbornou literaturu zabývající se epidemiologií patří publikace **Epidemiologie infekčních nemocí** od Göpfertové (2002), **Statistické metody v epidemiologii** od Bencka a kol. (2003), **100 infekcí (epidemiologie pro praxi)** od Göpfertové (2015) a další.

Zahraniční práce

Ve světě vyšlo a neustále vychází nespočet prací na téma prostorová epidemiologie. Od roku 2020 kvůli pandemii COVID-19 vyšlo velké množství článků na téma využití GIS při analýze šíření této nemoci.

Methodologic issues and approaches to spatial epidemiology (Beale et al., 2008) se zabývá stále rostoucím dostupností GIS v epidemiologii a s tím spojenými problémy. V článku jsou popsány možnosti statistické a geografické přístupy k prostorové epidemiologii. Problémy a výzvy pro další vývoj podle autorů patří např. nedostupnost vhodných dat o populaci nebo nutnost mezioborové spolupráce.

Studie **Spatial epidemiology of the syphilis epidemic in Toronto, Canada** (Gesink et al., 2014) se zabývala šířením nemoci syfilis, její spojitostí s šířením HIV a rizikovým sexuálním chováním v kanadském Torontu. K identifikaci shluků nemoci syfilis byl využit program SatScan 9.0. Pro vytvoření map zkoumaných jevů byl použit ArcGIS Pro 9.0.

Článek **Advances in spatial epidemiology and geographic information systems** od Kirby et al (2017) obsahuje základní úvod do prostorové epidemiologie a zabývá vývojem a využitím GIS v epidemiologii v posledních 20 letech. Autoři se zaměřují na nejvýznamnější pokroky v oboru a jejich možnosti dalšího využití v epidemiologickém výzkumu, např. geokódování, prostorového a časoprostorového shlukování nebo prostorové regrese.

Studie **Geospatial analysis of COVID-19: A Scoping review** od Fatima et al (2021) zhodnocuje využití metod prostorové epidemiologie v epidemiologických studiích v době pandemie nemoci COVID-19. Většina hodnocených studií byla ekologického charakteru a mezi nejpoužívanější metody patřilo shlukování, analýza hotspotů, časoprostorové statistiky a regresní modely. Problémem omezující další výzkum je nedostupnost dat o populaci, prostředí nebo socioekonomických faktorech.

Do zahraniční odborné literatury lze zařadit **Basic epidemiology** od Bonita et al. (2006), **Statistical methods in spatial epidemiology** od Lawsona (2013) nebo **Handbook of spatial epidemiology** od Lawsona et al. (2016) a nespočet dalších.

3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

V bakalářské práci byl primárně využíván program ArcGIS Pro a nástroje dostupné v rámci sady *Spatial Statistics*. Práce také využívá základní kartografické metody pro vizualizaci kvantitativních dat.

3.1 Metody pro prostorovou analýzu

Sada *Spatial Statistics* nabízí řadu nástrojů pro prostorovou statistiku rozdělených do několika kategorií podle funkce. Uvedeny jsou pouze nástroje použité v této práci. Popis nástrojů je podle dokumentace ESRI (2023).

Analyzing patterns (analýza vzorů)

- **Spatial Autocorrelation** měří hodnotu prostorové autokorelace na základě umístění prvků a atributových hodnot pomocí globálního Moranova I. Nástroj vyhodnotí prostorový vzor dané vrstvy prvků. V případě kladného Moranova I se podobné hodnoty shlukují, v případě záporného Moranova I jsou spíše rozptýlené.
- **Incremental Spatial Autocorrelation** měří hodnotu prostorové autokorelace pro zadané vzdálenosti a volitelně může vytvořit spojnicový graf z-score v zadaných vzdálenostech. Z-skóre odráží intenzitu prostorového shlukování a statisticky významné vrcholy indikují vzdálenosti, ve kterých shlukování probíhá nejintenzivněji. Vzdálenosti těchto vrcholů jsou vhodné hodnoty pro nástroje využívající konstantní vzdálenost, jako např. *Hot Spot Analysis* nebo *Cluster and Outlier Analysis*.

Mapping clusters (mapování shluků)

- **Hot Spot Analysis (Getis-Ord G_i^*)** identifikuje statisticky významná místa se shluky vysokých nebo nízkých hodnot pomocí Getis-Ord G_i^* .
- **Cluster And Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)** identifikuje statisticky významná místa se shluky nebo s prostorově odlehlými hodnotami.
- **Optimized Hot Spot Analysis** a **Optimized Outlier Analysis** vyhodnotí vstupní charakteristiky třídy prvků k tvorbě optimálních výsledků příslušné shlukové analýzy.
- **Hot Spot Analysis Comparison** srovná výsledky dvou hot spot analýz a vyhodnotí jejich podobnost a asociaci.

Modeling spatial relationships (modelování prostorových vztahů)

- **Generalized Linear Regression** je globální forma regrese. Nástroj je určený pro generování predikcí nebo pro modelování závislé proměnné ve vztahu k nezávislým proměnným.
- **Geographically Weighted Regression (GWR)** je nástroj pro lokální formu regrese určenou k modelování prostorové nestacionarity.

3.2 Metody pro kartografickou vizualizaci

Pro tvorbu výstupů byly použity tyto kartografické metody pro vizualizaci prostorových jevů.

- **Kartogram/pseudokartogram**

Podle Voženilka a kol. (2011) je kartogram často využívaná metoda pro vizualizaci kvantity. Kvantitativní data musí být přepočítána na jednotku plochy. Tímto je umožněno srovnávat hodnotu jevu v územních celcích. V případě přepočtu na jinou jednotku než na vzdálenost se jedná o pseudokartogram neboli nepravý kartogram.

- **Typizace**

Voženílek a kol. (2011) popisuje typizaci jako metodu vědeckého zobecnění a třídění jevů. Výsledkem jsou skupiny s podobnými vlastnostmi.

3.3 Použitá data

Zdrojem dat o nemoci COVID-19 je web MZČR Onemocnění aktuálně. Zde jsou nabízeny datové sady s různými časovými a prostorovými charakteristikami. Pro účely práce byly použity sady *Epidemiologická charakteristika obcí* a *Přehled epidemiologické situace dle hlášení krajských hygienických stanic podle ORP*. Časový rozsah dat použitý v práci je 1.3. 2020 až 28.2. 2023. Data jsou neustále zpětně validována, je tedy možné že se počty nakažených v práci mohou lišit od aktuálně uváděných počtů. Data také obsahují reinfekce, proto v několika případech je počet nakažených vyšší než počet obyvatel dané obce.

Data o kamylobakterióze byla poskytnuta vedoucím práce z doktorské disertační práce *Prostorové a vícerozměrné statistické analýzy epidemiologických dat* od Dr. Lukáše Marka. Jedná se data o shlazené prevalenci za roky 2008-2012 v částech obcí. Kvůli ochraně osobních údajů byly obce s případy a s méně než 10 obyvateli zaznamenány jako bez případů.

Data o ostatních infekčních nemocech bylo nutné manuálně přepsat z publikace *Infekční nemoci 2013* od ÚZIS. Tabulky v publikaci obsahovaly incidenci 16 infekčních onemocnění na 100 tis. obyvatel v okresech ČR za rok 2013. Incidence je počítána podle počtu obyvatel k 1.7. 2013.

Tabulka 1 Označení nemocí podle MKN-10

Název nemoci	Kód dle MKN-10
Jiné infekce způsobené salmonelami	A02
Shigelóza	A03
Jiné bakt. Střevní infekce	A04
Virové a jiné určené střevní infekce	A08
Gastroentritida a kolitida inf. a nesp. původu	A09
Spála	A38
Růže	A46
Lymeská nemoc	A69.2
Virová encefalitida přen. klíšťaty	A84

Virová meningitida	A87
Plané neštovice	B01
Pásový opar	B02
Příušnice	B26
Infekční mononuklóza	B27
Svrab	B86
Bakteriální meningitida nezař. jinam	G00

Jako kartografický podklad byla použita digitální vektorová databáze ArcČR 4.1 od ARCDATA PRAHA. Součástí databáze jsou vrstvy administrativních jednotek ČR se statistickými údaji ze SLDB 2021.

Data o deprivaci a o příslušnosti k venkovu byla poskytnuta vedoucím práce. Obě datové sady jsou na úrovni obcí. Příslušnost v k venkovu je k letům 2010 a 2019, deprivace k roku 2020.

3.4 Použité programy

Primárním programem pro téměř všechnu geoinformatickou a kartografickou práci byl ArcGIS Pro ve verzi 3.1 od společnosti ESRI. Většina prostorových analýz byla možná díky nástrojům ze sady *Spatial Statistics*. Open source program QGIS bylo nutné využít k převodu vrstev ve formátu Geopackage do ESRI Shapefile kvůli nedostatečné podpoře tohoto formátu v ArcGIS Pro.

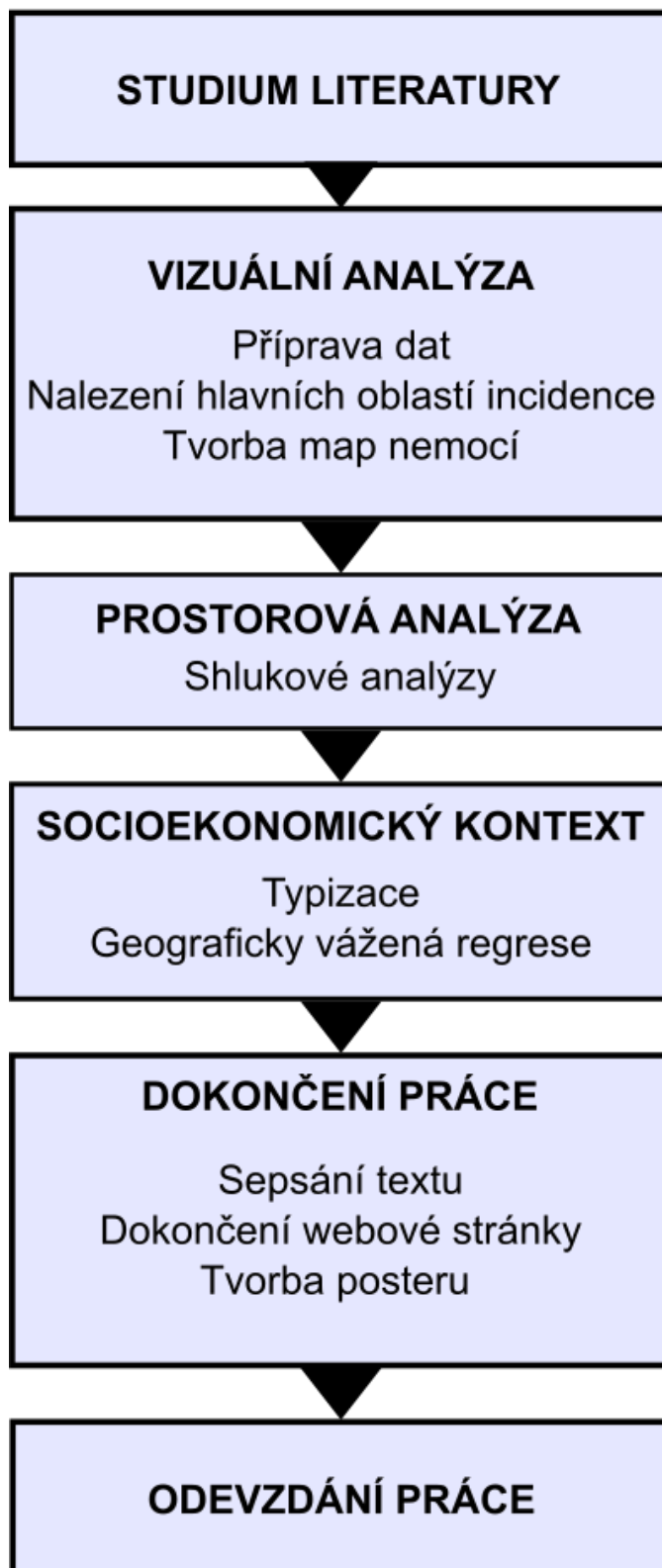
Pro přípravu dat byl primárně použit program Microsoft Excel. Kvůli limitu programu Excel pro práci s tabulkami nad 1 048 576 řádků bylo nutné využít webovou aplikaci Gigasheet k úpravě tabulky *covid_obce*. Pro tvorbu diagramu a posteru byl použit open-source program Inkscape a pro tvorbu webové stránky Notepad++.

3.5 Postup zpracování

Hlavní analytické části přecházelo studium literatury relevantní k tématu práce. Analytickou část lze rozdělit do 3 částí: vizuální analýza, prostorová analýza a socio-ekonomický kontext.

První fáze se zabývá přípravou dat, nahráním dat do mapy a tvorbou základních vizualizací incidence formou pseudokartogramů. Součástí je i převedení dat do pravidelné hexagonální sítě. Druhá fáze se zabývá shlukovými analýzami incidence s rozdílnými vstupními vrstvami a parametry a jejich srovnáním. V třetí fázi jsou výsledky analýz vloženy do socio-ekonomického kontextu, je provedena typizace a jsou vyvozeny geografické a společenské závěry.

Postup práce



Obr. 2 Diagram postupu práce

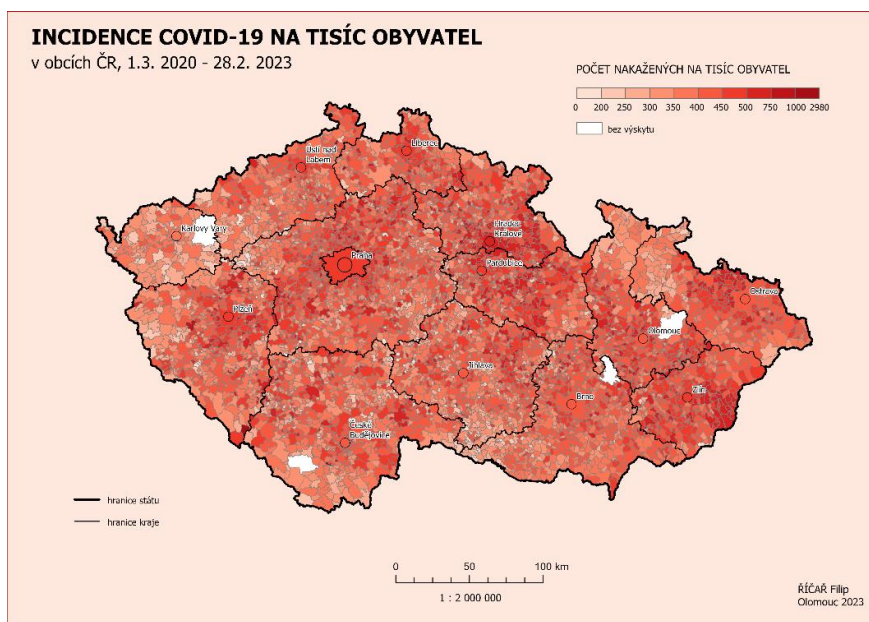
4 VIZUÁLNÍ ANALÝZA

Prvním krokem pro identifikaci prostorového vzoru nemoci je vizualizace dat v mapě. Po nahrání map do mapy a použití vhodné stupnice lze identifikovat prostorový vzor daného jevu, v tomto případě prostorový vzor výskytu příslušných infekčních onemocnění. Pro možnost porovnávat výskyt nemoci s rozdílnou incidencí v jednotlivých administrativních jednotkách je nutné zobrazit data v relativní podobě, např. využitím kvantilů. Následující kapitola se zabývá postupem vizuální analýzy.

4.1 Zpracování a příprava dat

Použitá data o nemocech lze rozdělit do tří skupin: data o nemoci COVID-19 (obce a ORP), kampylobakteriózu a ostatní infekční nemoci.

Data o nemoci COVID-19 byla dostupná ve formátu .csv. Data za obce bylo nutné kvůli velkému počtu řádků upravit ve webové aplikaci Gigasheet. Pro každou obec byl nejdříve vytvořen součet nakažených za celé období. Dále byl vytvořen součet za čtyři kratší období: 1.3. – 30.6. 2020, 1.7. 2020 – 30.6. 2021, 1.7. 2021 – 20.6. 2022 a 1.7. 2022 – 28.2. 2023. Data byla stažena ve formátu .csv a v programu MS Excel převedena do formátu .xlsx, aby poté mohla být importována do ArcGIS Pro nástrojem *Excel to Table*. Importovaná data byla připojena k vrstvě *obec_SLDB* z ArcCR 4.1 nástrojem *Join Field* atributem *kód obce*. Vrstva obsahuje data o počtu obyvatel ze SLDB 2021, bylo proto možné vypočítat incidenci na tisíc obyvatel pomocí *Calculate Field*. Výsledná vrstva byla pojmenována *covid_obce* (Obr. 3 nebo Příloha 1). Vrstva s incidencí za časová období byla pojmenována *covid_obce_faze 1–4*.



Obr. 3 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, viz. Příloha 1, další vizualizace incidence COVID-19 viz Přílohy 2– 8

Pro *covid_obce* a *covid_obce_faze* byl vytvořen atribut *kvant* a *kvant 1–4*. Obce s výskytem byly rozděleny do čtyř kvantilů a podle toho dostaly hodnotu 1–4, obce bez výskytu 0. Každá obec dostala hodnotu za celé období a za 4 kratší časová období. Tento atribut byl později použit pro tvorbu bodového hodnocení pro tvorbu bodového ohodnocení a typizaci (viz kapitola 6.2).

Data za ORP bylo možné upravit v programu MS Excel, kde pomocí kontingenční tabulky byly vytvořeny součty nakažených každé ORP. Tabulka byla importována do ArcGIS Pro pomocí *Excel to Table* a připojena k vrstvě *ORP_SLDB* nástrojem *Join Field* a atributem *kód ORP*. Z dat ze SLDB mohla být vypočítána incidence stejným způsobem jako u obcí. Výsledná vrstva byla pojmenována *covid_ORP*.

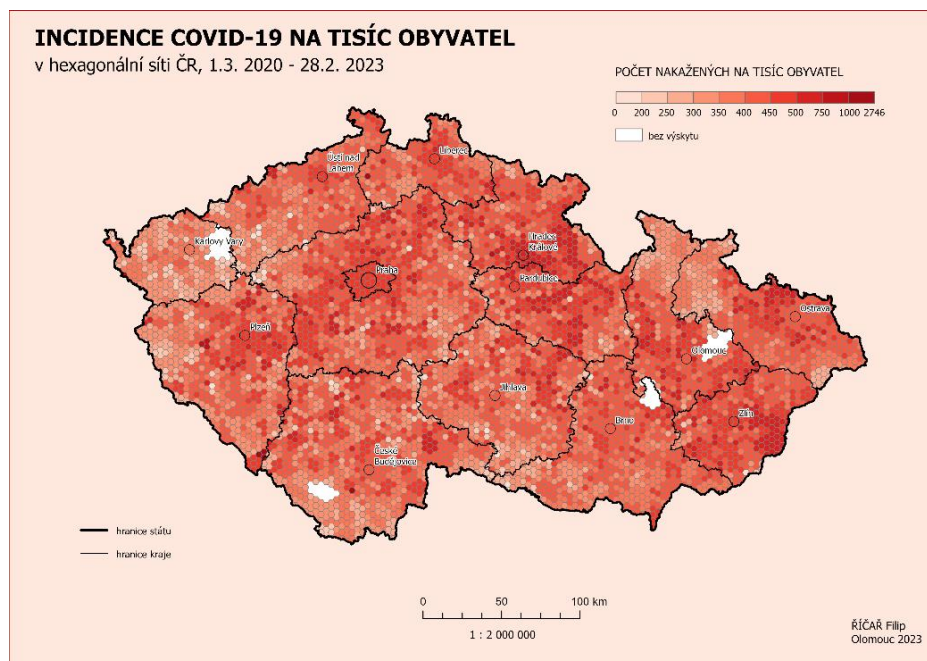
Data o kampylobakterióze byla poskytnuta ve formátu Geopackage. Kvůli špatné podpoře formátu programem ArcGIS Pro bylo nutné soubor nejprve převést do formátu ESRI Shapefile v programu QGIS a až poté importovat do ArcGIS Pro, kde bylo možné vrstvu převést do formátu Geodatabase. Data již byla přepočítána na incidenci na 100 tisíc obyvatel, nebylo potřeba vykonávat žádné další operace. Výsledná vrstva byla pojmenována *kamp*.

Data o infekčních nemocech v okresech byla dostupné v tabulce v publikaci ve formátu .pdf, bylo je proto nutné ručně přepsat do atributové tabulky vrstvy okresů ČR Okres_SLDB. Data jsou přepočítána na incidenci na 100 tisíc obyvatel, nebylo proto nutné provádět další operace pro vizualizaci. Podobně jako za COVID-19 u obcí byl pro každý okres za každou nemoc vytvořeno rozdělení do kvartilů, okresy bez výskytu dané nemoci do rozdělení nevstupovaly. Toto rozdělení bylo později použito pro tvorbu bodového ohodnocení a typizaci (viz kapitola 6.2). Vrstvy jsou pojmenovány podle MKN.

4.2 Tvorba hexagonální sítě

Alternativou pro zobrazení dat v administrativních jednotkách je tvorba pravidelné hexagonální sítě, do které jsou data agregována. Pravidelné sítě byly vytvořeny pro vizuální analýzu incidence COVID-19 a kampylobakterií.

Pro tvorbu sítě byl využit nástroj v ArcGIS Pro *Generate Tesselation*. V případě incidence nemoci COVID-19 byla zvolenou velikostí hexagonů průměrná velikost obce (12 597 642 m²). Alternativě byla vytvořena i hexagonální síť o 7x průměrné velikosti obce (88 183 494 m²). Velikosti byly zvoleny podle Gartnera (2017) a Kupky (2019). Vytvořené hexagonální sítě byly ořezány vrstvou *podklad_stat*, tedy polygonovou vrstvou ČR. Data z obcí byla agregována pomocí nástroje *Spatial Join* při nastavení spárování *Largest Overlap*. Nevýhodou této metody je ztráta některých hodnot. Data o incidence v síti velkých hexagonů je průměrem z protínajících menších hexagonů. Výsledné vrstvy byly pojmenovány *covid_hex* (Obr. 4 nebo Příloha 3) a *covid_velhex*.



Obr. 4 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v hexagonální síti ČR, viz Příloha 3

Podobně byla vytvořena hexagonální síť pro vizualizaci incidence kamylobakteriízy. Pro velikost hexagonu byla zvolena průměrná velikost části obce (5 212 984 m²). Agregace proběhla stejně jako u obcí pomocí nástroje *spatial join* při nastavení metody spárování na *largest overlap*. Výsledná vrstva byla pojmenována *kamp_hex*.

4.3 Vizualizace incidence

Po přípravě dat mohla být vytvořena série map o incidenci. Pro tvorbu map byla použita standardní metoda pro vizualizaci kvantitativních dat (pseudo)kartogram.

Map incidence nemoci COVID-19 bylo vytvořeno 13. Byla vytvořena mapa incidence v obcích za celé období a incidence za 4 kratší časová období. Dalšíh pět map bylo vytvořeno s alternativní kvartilovou stupnicí, která umožňuje srovnávat časové úseky mezi sebou lépe než standardní intervalová stupnice. Vznikly také dvě mapy hexagonálních sítí, jedné o velikosti hexagonu průměrné obce a druhé s velikostí hexagonu o 7x velikosti průměrné obce. Finální mapou byla mapa incidence na 100 tisíc obyvatel v ORP ČR.

Mapy incidence kamylobakteriízy byly kvůli limitovaným datům vytvořeny pouze dvě. První mapa zobrazuje incidenci v částech obcí, druhá ve vytvořené hexagonální síti.

Pro každou z 16 nemocí z publikace od ÚZIS byl vytvořen kartogram incidence v okresech. Barevné stupnice se liší podle kategorie, do které nemoc patří podle ÚZIS (2013).

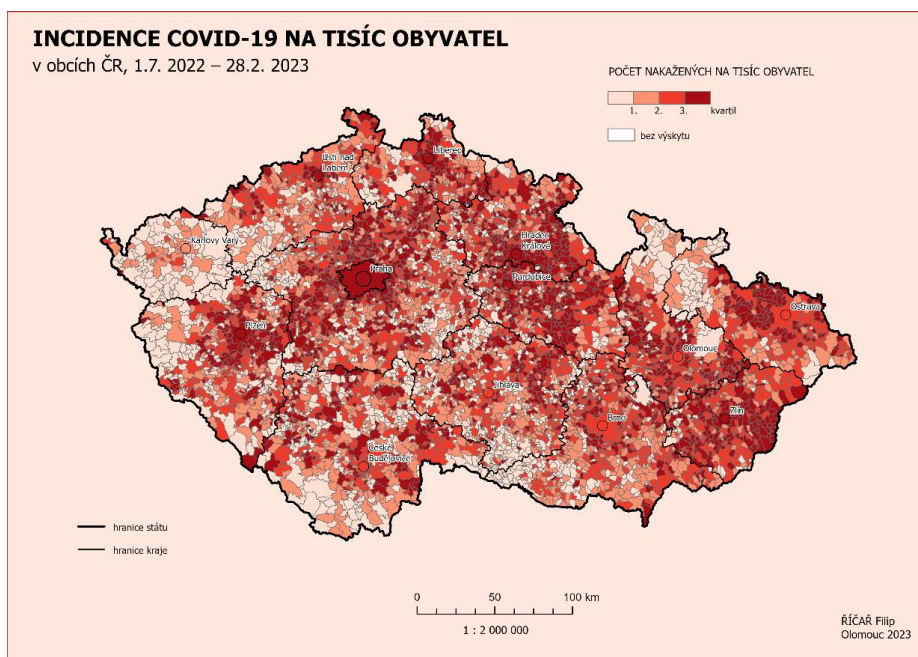
4.4 Hlavní oblasti incidence

Po vytvoření série map incidence nemocí bylo možné vizuální analýzou najít oblasti s nejvyšším výskytem dané nemoci.

Hlavní oblasti incidence nemoci COVID-19 za celé období v obcích lze pomocí vizuální analýzy najít v okolí Hradce Králové, Vsetínsku, Ostravsku a okolí Plzně. Obce s nízkou incidencí lze najít na Jesenicku, Vysočině a Karlovarsku. Pomocí mapy incidence v ORP lze lépe najít rozdíl mezi regiony ČR, ale ztrácí se takto místa s extrémními hodnotami.

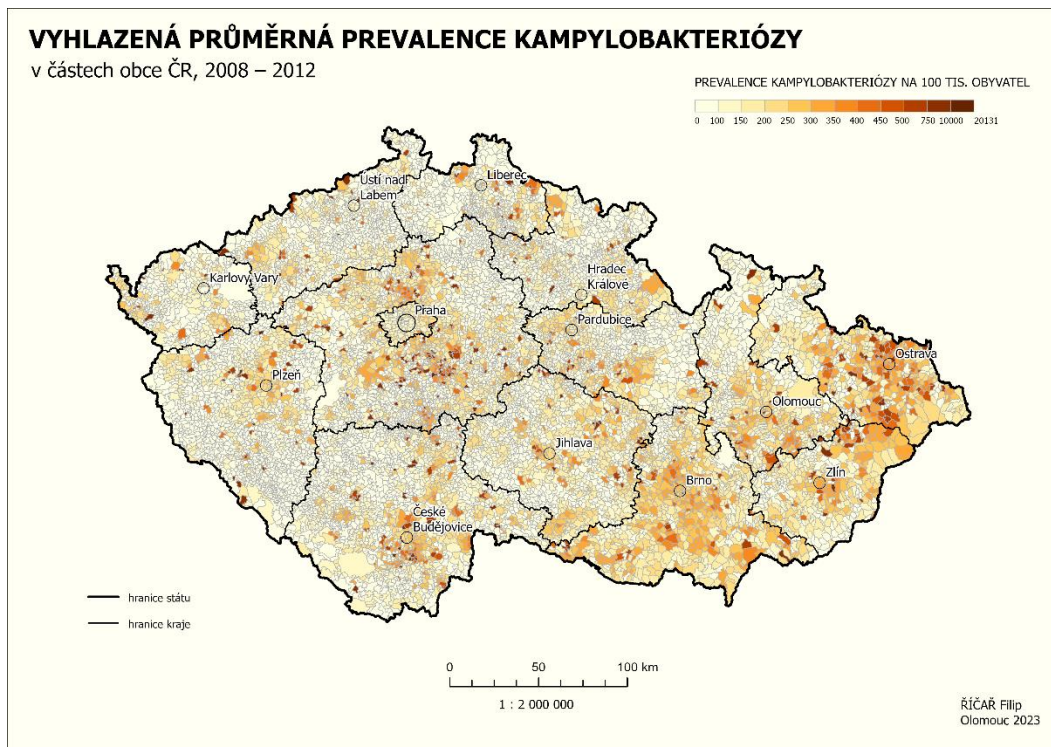
Hexagonální síť ukazují téměř stejný prostorový vzor, jen kvůli agregaci v nich může dojít k zahlazení některých extrémních hodnot.

V prvním období 1.3. – 30.6. 2020 byla velká část obcí bez případů nákazy. Ve velkých městech byla většinou nízká incidence. Vysoká incidence se objevila v několika oblastech. Mezi tyto oblasti patří Karvinsko, Litovelsko a Domažlicko. Ve druhém období 1.7. 2020 – 30.6. 2021 došlo k rozšíření nákazy po celém Česku. Mezi oblasti z největší incidencí patří hlavně Královéhradecký a Pardubický kraj nebo Vsetínsko. Nižší incidenci lze najít na jižní Moravě nebo na Jesenicku. Ve třetím období 1.7. 2021 – 20.6. 2022 se nákaza šířila hlavně v okolí velkých měst a na Moravě a ve Slezsku. Nízkou incidenci lze nalézt na Karlovarsku nebo opět na Jesenicku. Ve čtvrtém období 1.7. 2022 – 28.2. 2023 jsou hlavními oblastmi incidence opět velká města, ale i venkovské oblasti jako například Hodonínsko nebo Třeboňsko (Obr. 5 nebo Příloha 8).



Obr. 5 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v období 1.7. 2022 – 28.2. 2023, viz Příloha 8

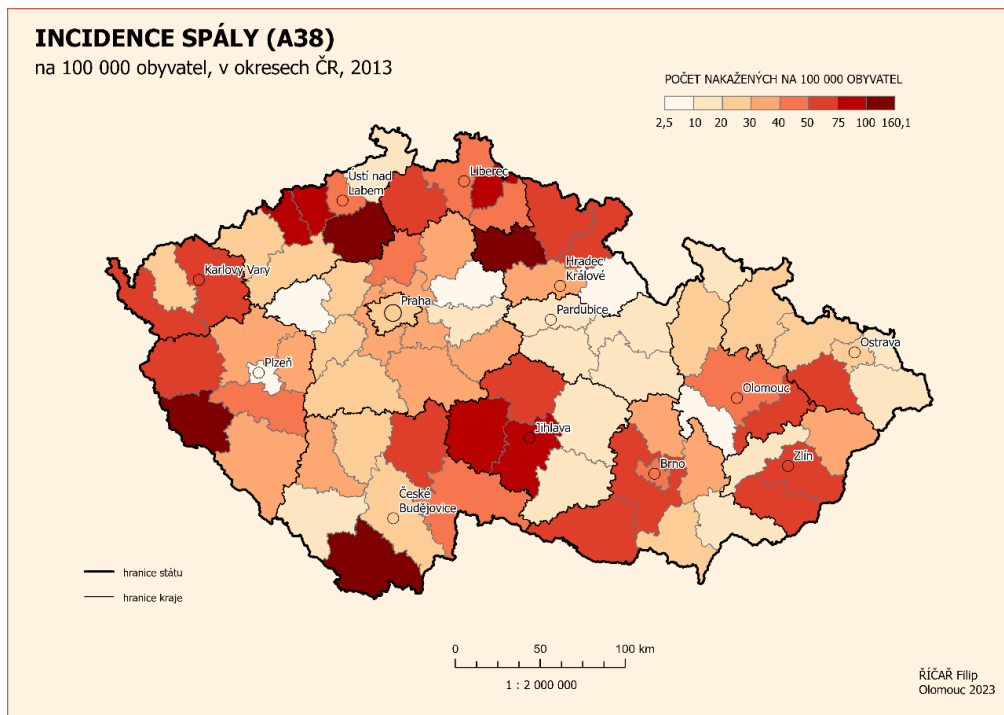
Největší incidenci kampylobakterií lze najít na Ostravsku, Benešovsku a Českobudějovicku. Oblasti zvýšené incidence jsou také v okolí Brna, Plzeňsku a Olomoucku (Obr. 6 nebo Příloha 9). Hexagonální síť opět nabízí alternativní formu vizualizace se stejnými výsledky.



Obr. 6 Vyhlazená průměrná prevalence kampylobakterií v částech obcí ČR, viz Příloha 9

Obecně měly infekční nemoci rozdílné prostorové vzory a oblasti s vysokým výskytem. Data jsou limitována na okresy, interpretace je proto velmi omezená. Prostorový vzor některých nemocí vykazuje známky shlukování, u některých je téměř náhodný. Následuje krátké shrnutí výskytu každé z nemocí:

- A02: největší incidence v Pardubickém kraji, Vysočině, Jihočeském a Jihomoravském kraji; nízká incidence ve Slezsku a v severních Čechách
- A03: výskyt v Moravskoslezském kraji a v okolí Prahy, mnoho okresů bez výskytu
- A04: vysoká incidence na Moravě a ve Středočeském kraji
- A08: výskyt ve Slezsku a v okolí Prahy, mnoho okresů bez výskytu
- A09: výskyt na jižní Moravě a na severu Čech, mnoho okresů bez výskytu
- A38: vysoká incidence na severu a západu Čech a na Vysočině (Obr. 7 nebo Příloha 16)
- A46: vysoká incidence na východě Čech, Vysočině a jihu Moravy
- A69,2: okresy s velmi nízkou i vysokou incidencí západně od Prahy, vyšší incidence na Vysočině a jihu Čech
- A84: vysoká incidence na jihu Čech, nízká v královéhradeckém kraji
- A87: vysoká incidence na severu Čech, nízká na jihu Moravy
- B01: vysoká incidence na východě Čech a na Moravě
- B02: vysoká incidence ve východních Čechách, Vysočině a Zlínském kraji, nízká incidence v okolí Prahy, v Ústeckém kraji a na Ostravsku
- B26: okresy v Karlovarském a Libereckém kraji mají vyšší incidenci
- B27: nejvyšší incidence na Vysočině a Pardubickém kraji, nízká ve Středočeském kraji
- B86: Ústecký a Plzeňský kraj mají vysokou incidenci
- G00: náhodný prostorový vzor, nízká incidence spíše ve středních Čechách, vyšší na Moravě



Obr. 7 Incidence spály (A38) v okresech ČR, viz Příloha 16 ostatní nemoci viz Přílohy 11–26

5 PROSTOROVÁ ANALÝZA

Pro kvantifikaci prostorového vzoru je vhodné provést globální a lokální analýzy shlukování. Tato kapitola se zabývá použitím těchto metod a interpretací výsledků.

5.1 Globální analýzy shlukování

Metody pro globální analýzu shlukování slouží k identifikaci prostorového vzoru. Výsledkem je zjištění, jestli se data shlukují nebo jsou rozptýlená. Pro provedení globální analýzy byl použit nástroj *Incremental Spatial Autocorrelation*. Pro vyhodnocování vzdálenosti byla použita euklidovská vzdálenost. Pro nalezení největšího z-skóre byly testovány různé počáteční a přírůstkové vzdálenosti. V případě infekčních nemocí v okresech byly využity pouze optimální vzdálenosti podle ArcGIS Pro.

COVID-19 v obcích vykazuje největší z-skóre kolem vzdálenosti 50 km. Do té vzdálenosti prudce stoupá a poté stagnuje a pomalu klesá. Při agregaci do hexagonů lze nejvyšší z-skóre najít již ve 40 km. V případě ORP a velkých hexagonů je také nejvyšší prostorová autokorelace také v 40 km.

Kampylobakteriόza vykazuje největší autokorelaci ve vzdálenosti 50 km. Prostorová autokorelace infekčních nemocí v okresech je pro každou nemoc rozdílná. V případě některých nemocí nebyl nalezen žádný vrchol. Výsledky prezentuje následující tabulka:

Tabulka 2 Prostorová autokorelace infekčních nemocí v okresech ČR

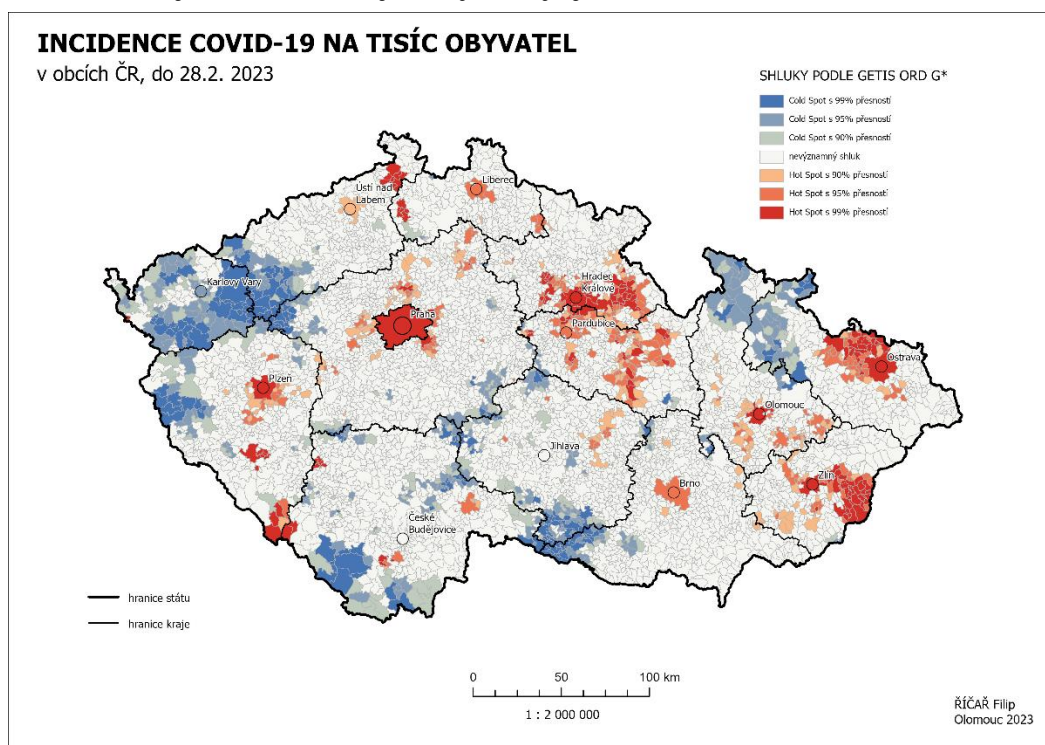
Nemoc	Vzdálenost vrcholu Z-score (metry)	Hodnota Z-score
A02	84449,89	8,782888
A03	75675,11	6,614211
A04	-	-
A08	101999,45	3,183017
A09	110774,23	2,814368
A38	-	-
A46	49350,78	2,112193
A84	101999,45	9,359346
A87	75675,11	4,325097
A69.2	-	-
B01	-	-
B02	58125,56	4,188130
B26	58125,56	2,870336
B27	-	-
B86	49350,78	1,885456
G00	-	-

5.2 Lokální analýzy shlukování

Pro provedení lokálních analýz shlukování byly využity nástroje *Hot Spot Analysis* a *Cluster and Outlier Analysis*, které jsou součástí sady *Spatial Statistics* v ArcGIS Pro.

5.2.1 Shlukování nemoci COVID-19

Nejdříve byly provedeny analýzy pomocí nástroje *Hot Spot Analysis* a *Cluster and Outlier analysis* na vrstvách *covid_obce* (Obr. 8 nebo Příloha 27), *covid_orp*, *covid_hex* a *covid_velhex* při nastavení metody prostorových vazeb na rohové body přilehlých stran. Shluky vysokých hodnot (hotspots) lze ve výsledcích z *covid_obce* najít ve východních Čechách, na Vsetínsku, Ostravsku a Děčínsku. Shluky nízkých hodnot (coldspoty) lze najít v Karlovarském kraji, Domažlicku, jihu Vysočiny, jihu Čech a na Jesenicku.

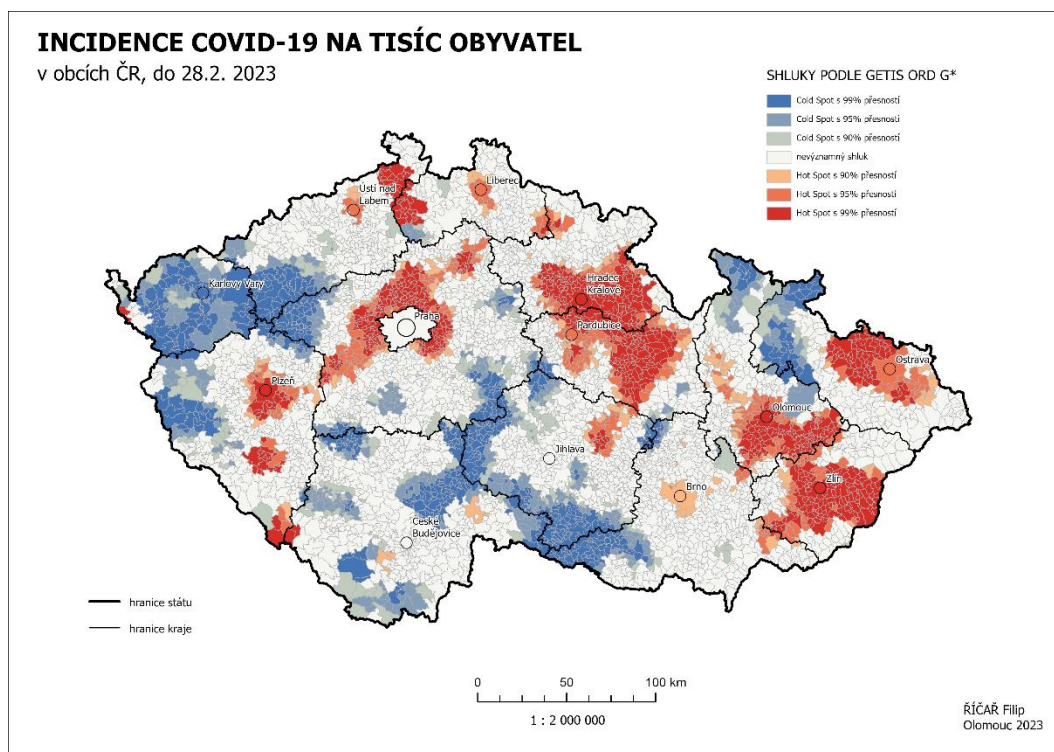


Obr. 8 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, shlukování podle GETIS-ORD G*, viz Příloha 27

Na vrstvě *covid_orp* bylo nalezeno pět shluků vysokých hodnot a tři shluky nízkých hodnot. Největší hotspot lze najít ve Východních Čechách, dále jsou hotspotsy v Praze a okolí, Zlínsku, Hlučínsku a Plzeňsku. Coldspoty jsou v Karlovarském kraji, Jesenicku a na v jižních oblastech Vysočiny a Moravy.

Ve výsledcích analýzy na vrstvě *covid_hex* nalezeny rozdíly oproti *covid_obce*. Hotspot na Děčínsku nebyl objeven, objevilo se ale shlukování mezi Prahou a Plzní. Umístění coldspotů zůstalo téměř stejné. Objevily se ale coldspoty na území VÚ, které jsou následkem rozdělení nulové hodnoty z jedné administrativní jednotky do velkého množství menších jednotek. Výsledky analýzy na vrstvě *covid_velhex* opět objevily výrazné shlukování ve východních Čechách, Zlínsku nebo Hlučínsku. Objevil se pruh shlukování vysokých hodnot od Plzně přes Prahu k Mladé Boleslavi. Shluky nízkých hodnot se objevily přibližně na stejných místech jako v předchozích analýzách.

Dále byly provedeny analýzy při parametru konstantní vzdálenost. Nejprve byly otestovány vzdálenosti 10 km a 40 km na vrstvách *covid_obce* a *covid_hex*. Vzdálenost 10 km byla vybrána podle nástroje Optimized Hot Spot Analysis a 40 km podle nejvyššího z-skóre z globální analýzy shlukování. Při nastavení 10 km byly opět nalezeny shluky přibližně na stejných místech, ale s větší rozlohou (Obr. 9 nebo Příloha 28). Konstantní vzdálenost 40 km vede k tvorbě shluků pokrývajících většinu jednotek. Možná interpretace je v tomto případě velmi vágní. Na vrstvách *covid_orp* a *covid_velhex* byly použity pouze vzdálenosti 40 km. Pro vrstvy *covid_orp* se tato vzdálenost ukazuje jako vhodnější a výsledku jsou podobné při nastavení na rohové body přilehlých stran. Na vrstvě *covid_velhex* se opět objevují velmi velké shluky podobně jako u vrstev *covid_obce* a *covid_hex*.



Obr. 9 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, shlukování podle GETIS-ORD G*, viz Příloha 28

Na všech čtyřech vrstvách byl vyzkoušen i parametr korekce FDR (míra nesprávných zjištění). Výsledkem byly mnohem menší shluky. Tento parametr podle ESRI snižuje kritickou p-value. Výsledné shluky mají tedy vyšší statistickou významnost než bez použití FDR. Podle Catelana (2010) je využití FDR vhodné pro detekci oblastí s vysokým/nízkým výskytem nemoci a snižuje možnost chyby.

Vojenské újezdy

Při analýze shlukování vrstev obcí se objevil problém, zda mají vojenské újezdy být zahrnuty do analýzy. Proto byla provedena úprava pro *covid_obce*, kdy VÚ mají místo 0 hodnotu NULL, tedy neexistenci jevu. Hot Spot Analysis i Cluster And Outlier Analysis byly provedeny při nastavení metody prostorových vazeb na rohové body přilehlých stran. Ve výsledných vrstvách *Covid_obce_HotSpots_bezVU* a *Covid_obce_ClustersOutliers_bezVU* podle očekávání nedošlo ke vzniku coldspotů v okolí VÚ.

Shlukování nemoci COVID-19 podle období

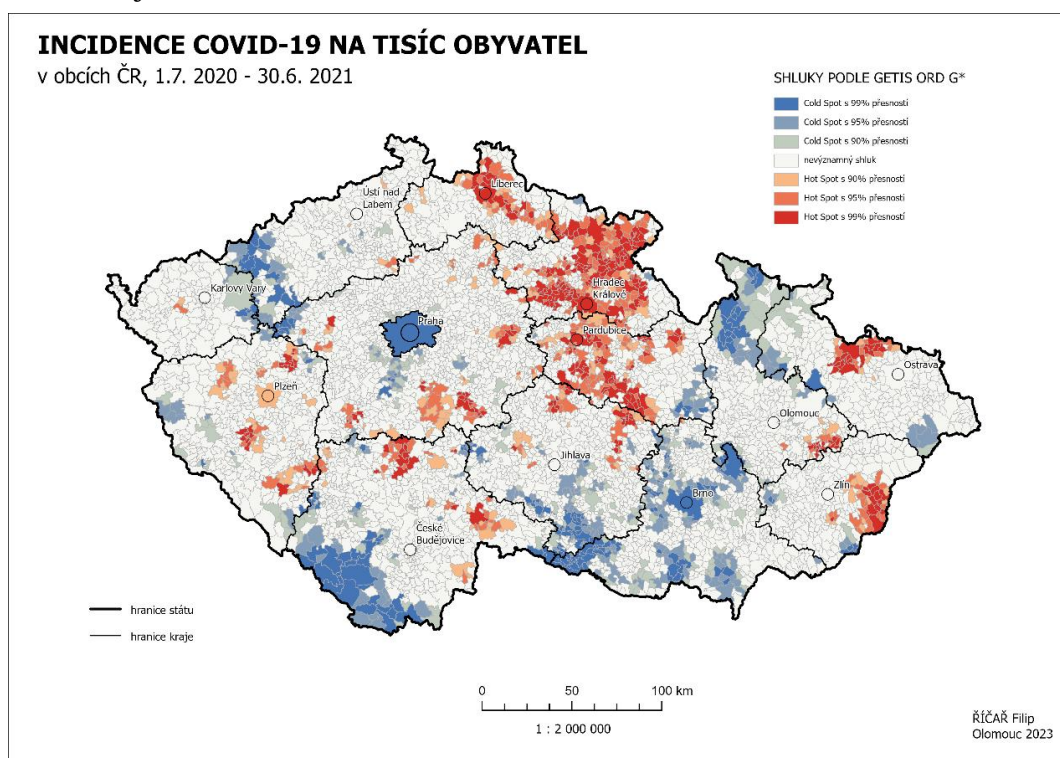
Pro vrstvy *covid_obce_faze 1–4* byly provedeny hotspot analýzy pomocí *Hot Spot Analysis* s nastavením prostorových vazeb na rohové body přilehlých stran.

V období 1.3. – 30.6. 2020 bylo nalezeno množství menších hotspotů, aniž by byly nalezeny coldspoty. Mezi hlavní hotspoty patří okolí Domažlic, Chebu, Karvinsko a okolí Litovely, které bylo mezi 16. a 29. březnem zcela uzavřeno (litovel.eu, 2021). Výsledky analýzy rozdílné od ostatních období lze vysvětlit velkým počtem obcí bez výskytu nákazy.

Ve druhém období 1.7. 2020 – 30.6. 2021 byl nalezen hlavní hotspot na území Královéhradeckého kraje s přesahem do Pardubického a Libereckého kraje. Menší hotspoty byly nalezeny na Táborsku, Vsetínsku nebo Opavsku. Oblasti Karlovarského kraje, které se staly hlavní oblastí šíření v lednu 2021 a vedly k uzavření okresů, byly vyhodnoceny jako bezvýznamné. Zde by bylo nutné rozdělení do menších časových úseků. (Obr. 10)

Ve třetí období 1.7. 2021 – 30.6. 2022 byl nalezen velký coldspot na území Karlovarského kraje. V okolí několika krajských měst byly nalezeny hotspoty. Mezi tyto města patří všechna krajská města s výjimkou Ústí na Labem, Liberce a již zmíněných Karlových Varů, které jsou součástí coldspotu. Byly nalezeny i venkovské hotspoty, a to severní část Šumavy, oblast Českého Švýcarska a Klatovy.

Ve čtvrté období 1.7. 2022 – 28.2. 2023 bylo nalezeno velké množství hotspotů i coldpotů po různých místech v ČR. Mezi větší hotspoty patří oblast západně od Prahy, oblast severozápadně od Olomouce nebo okolí Vysokého Mýta. Větší coldspoty lze najít v příhraniční oblasti s Německem v Karlovarském a Plzeňském kraji nebo v okolí Podbořan v Ústeckém kraji.



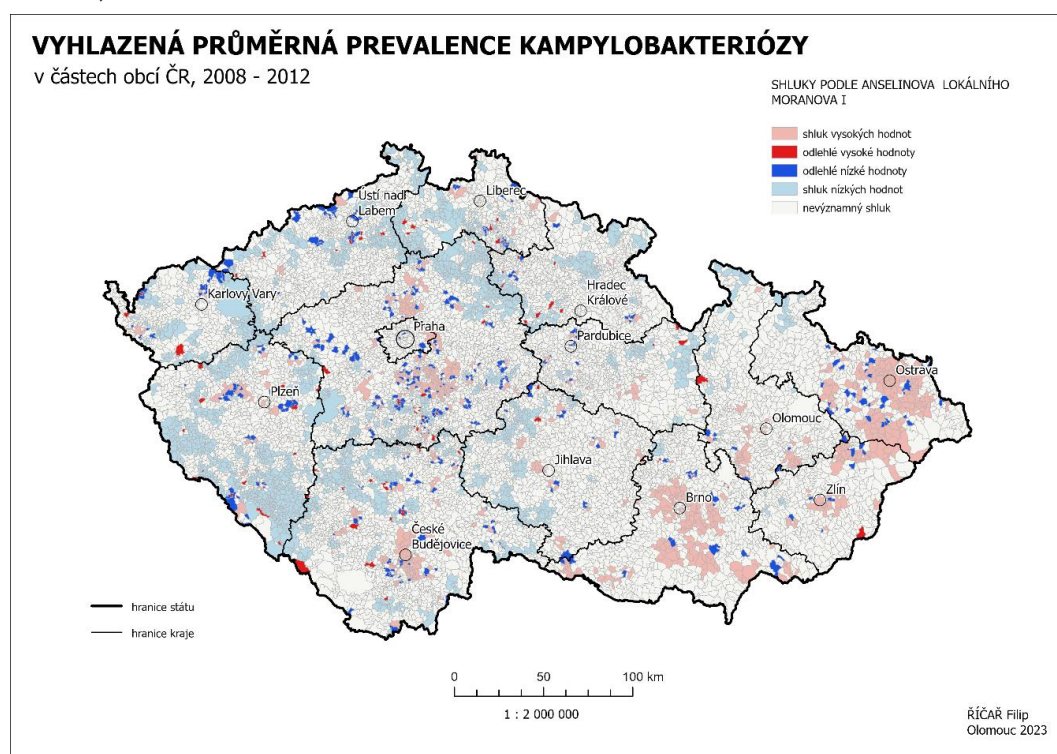
Obr. 10 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, shlukování podle GETIS-ORD G*, ostatní vizualizace analýz shlukování COVID-19 viz Přílohy 27–30

5.2.2 Shlukování kamylobakterií

Nejdříve proběhla *Hot Spot Analysis* s nastavením prostorových vazeb na rohové body přilehlých stran na vrstvě *kamp_obce*. Bylo nalezeno množství menších shluků vysokých hodnot pokrývajících několik administrativních jednotek. Shluky byly objeveny na několika místech jižně od Prahy, v Pardubicích, v okolí Ostravy a na několika dalších místech v ČR. Shluky nízkých hodnot nalezeny nebyly. Stejná analýza na vrstvě *kamp_hex* přinesla mírně odlišné výsledky. Shluky jižně od Prahy a na Ostravsku mají větší rozlohu a objevilo se několik dalších shluků, např. v Jihomoravském a Zlínském kraji.

Analýza pomocí *Cluster and Outlier Analysis* měla podobné výsledky u vrstev *kamp_obce* i *kamp_hex*. Na rozdíl od *Hot Spot Analysis* bylo velké množství částí obcí zařazeno do shluků nízkých hodnot. Většinou se jedná o venkovské oblasti v západní polovině Čech. Shlukování vysokých hodnot bylo nalezeno na stejných místech. (Obr. 11 nebo Příloha 35)

Dále byly provedeny analýzy s nastavením prostorových vazeb na konstantní vzdálenost 10 km. Výsledkem jsou shluky vysokých i nízkých hodnot s velkou rozlohou. V případě částí obcí jsou velké shluky vysokých hodnot v oblastech severně a jižně od Prahy, Tábořska, Českých Budějovic, okolí Chyše, Pardubic, Třebíče, Brna, Zlína a velký shluk na Ostravsku. Méně významné shluky nízkých hodnot lze najít v okolí Sušic, okolí Mladé Boleslavi a Kokořínsku. V hexagonální síti lze pozorovat větší shluky než v částech obcí a objevilo se několik nových shluků. V případě vysokých hodnot se Zlínský a Ostravský shluk propojili a objevili se shluky v okolí Olomouce a Litomyše. Zmizel shluk na Pardubicku. Nové shluky nízkých hodnot se objevili severně nad Lanškrounem, na Broumovsku, severně od Hradce Králové a na Karlovarsku.

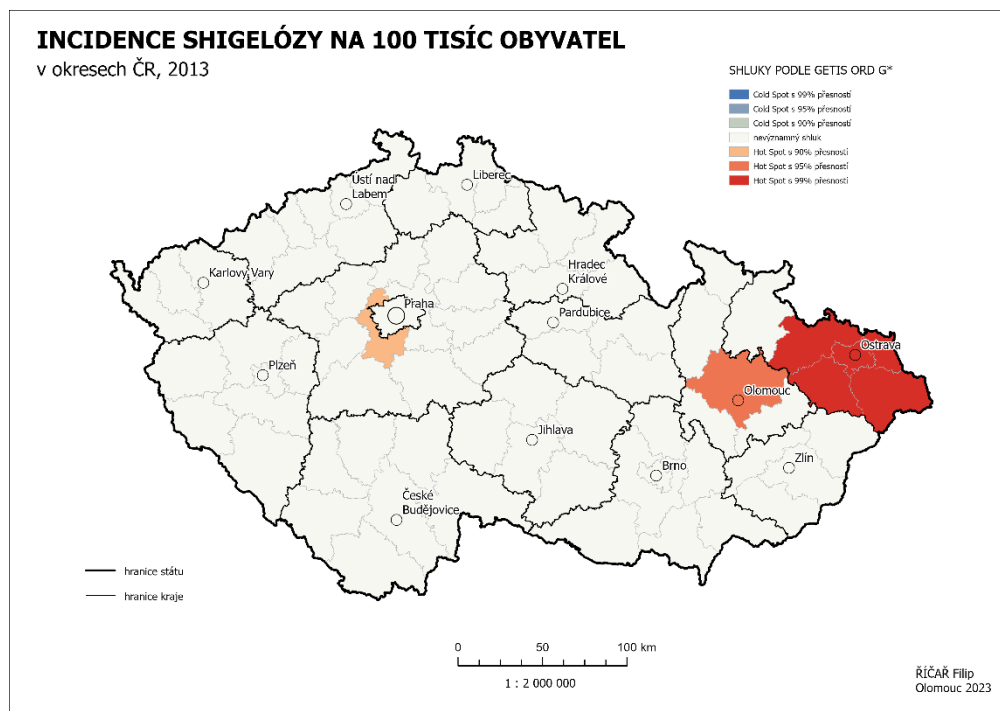


Obr. 11 Vyhlazená průměrná prevalence kamylobakterií v částech obcí ČR, shlukování podle Moranova I, viz Přílohy 34–35

5.2.3 Shlukování ostatních infekčních nemocí

Analýzy shlukování opět proběhly pomocí nástrojů *Hot Spot Analysis* a *Cluster And Outlier Analysis* při nastavení metody prostorových vazeb na rohové body přilehlých stran.

- A02: významné shluky vysokých hodnot v Pardubickém kraji, další shlukování na Vysočině, jihu Čech a jihu Moravy, shluky nízkých hodnot na severu Čech a ve Slezsku
- A03: statisticky významný shluk vysokých hodnot na Ostravsku (Obr. 12 nebo Příloha 36)
- A04: shlukování vysokých hodnot na Moravě, nízkých na severu Čech
- A08: shluky vysokých hodnot na Zlínsku a Hodonínsku
- A09: shluk vysokých hodnot v Jihomoravském kraji, nízké hodnoty na Plzeňsku
- A38: shluk nízkých hodnot v Pardubickém kraji
- A46: shluk vysokých hodnot východně od Prahy, shluky nízkých hodnot západně od Prahy a ve východní části Ústeckého kraje
- A84: shluky vysokých hodnot na jihu Čech a nízkých v Královéhradeckém kraji
- A87: shlukování vysokých hodnot na severu Čech
- A69,2: shluky vysokých hodnot na jihu Čech
- B01: shluk nízkých hodnoty kolem Prahy
- B02: shluky vysokých hodnot v Pardubickém kraji a Vysočině, shluky nízkých hodnot v okolí Prahy, v Ústeckém kraji a na Ostravsku
- B26: shluky vysokých hodnot na severu Čech
- B27: shluky nízkých hodnot východně a západně od Prahy, shluky vysokých hodnot na Vysočině
- B86: shluky nízkých hodnot ve Středočeském kraji, vysoké hodnoty v Ústeckém kraji
- G00: shluky vysokých hodnot na severu Čech



Obr. 12 Incidence Shigelózy na 100 tisíc obyvatel v okresech ČR, shlukování podle GETIS ORD G*, viz Přílohy 36–37

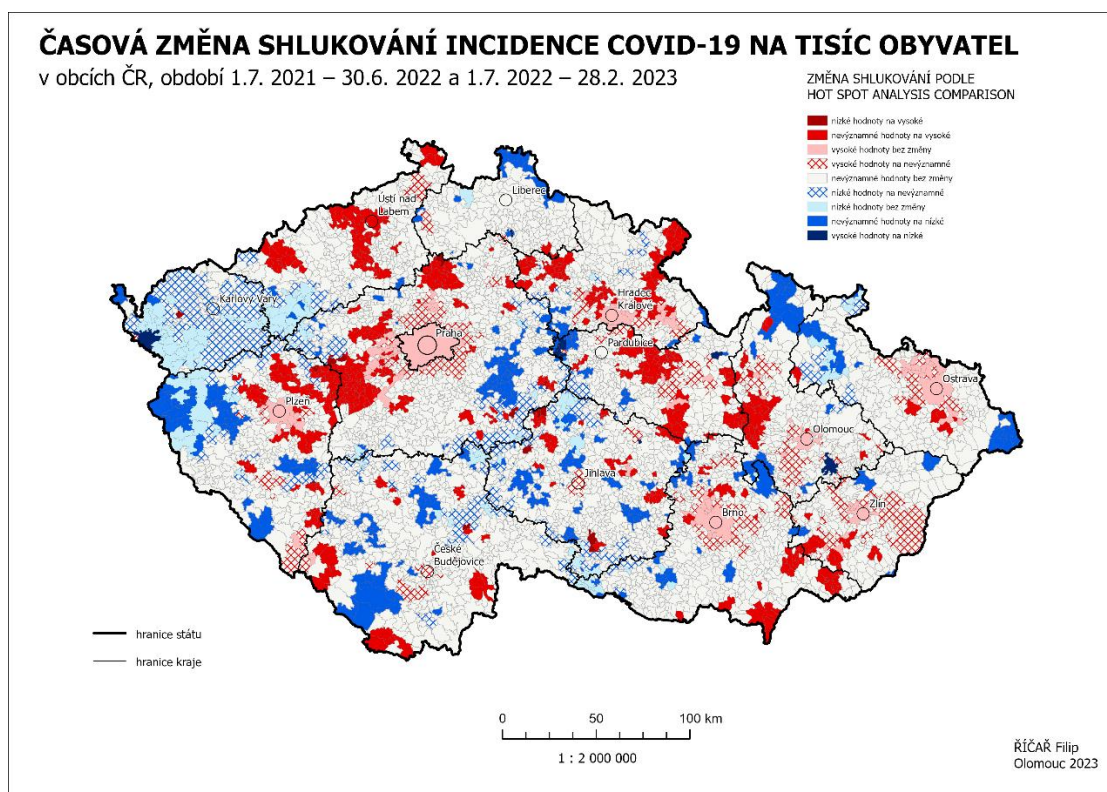
5.3 Srovnání analýzy hotspotů

Nový nástroj v ArcGIS Pro 3.1 *Hot Spot Analysis Comparison* umožňuje srovnat dva výsledky *Hot Spot Analysis*. Analýzy probíhaly mezi vrstvami *Covid_obce_faze1_HotSpots/Covid_obce_faze2_HotSpots*, *Covid_obce_faze2_HotSpots/Covid_obce_faze3_HotSpots* a *Covid_obce_faze3_HotSpots/Covid_obce_faze4_HotSpots*. Počet sousedů pro analýzu byl zvolen na 8, počet permutací 999 a metoda vážení podobnosti na *fuzzy váhy*. Výsledkem byly vrstvy *HotSpotComparison 1–3*.

Srovnání 1. a 2. období ukázalo vznik mnoha shluků vysokých i nízkých hodnot, včetně hlavního hotspotu ve východních Čechách. Od předchozí fáze ale zaniklo několik shluků vysokých hodnot, včetně „litovelského“ a „ostravského/karvinského“.

Ve srovnání 2. a 3. období lze pozorovat zánik velkých shluků z předchozího období a vznik shluků vysokých hodnot u několika krajských měst. Na území Karlovarského kraje a na hranici Středočeského s Vysočinou vznikly shluky nízkých hodnot. Změnu ze shluku nízkých hodnot na vysoké lze pozorovat u Prahy a Brna. Shluky vysokých hodnot na Vsetínsku a Královéhradecku zůstaly z předchozího období.

Srovnání 3. a 4. období ukázalo vznik mnoha shluků vysokých i nízkých hodnot. Shluky v okolí několika velkých měst částečně zanikají nebo se zmenšují. Pouze v malém počtu obcí lze pozorovat změnu z vysokých hodnot na nízké a opačně (Obr. 13 nebo Příloha 33).



Obr. 13 Časová změna shlukování incidence COVID-19 na tisíc obyvatel, ostatní mapy časových změn viz Přílohy 31–33

6 SOCIO-EKONOMICKÝ KONTEXT

Závěrečnou částí bylo vsadit výsledky do socio-ekonomického kontextu. Pro obce bylo vytvořeno bodové ohodnocení podle výskytu nemoci COVID-19 během čtyř období, pro okresy podle výskytu infekčních nemocí. Dále proběhla typizace obcí a okresů podle těchto ohodnocení, deprivčního indexu s příslušnosti k venkovu. Na závěr byla provedena GWR k nalezení souvislosti bodového hodnocení s deprivací a příslušností k venkovu.

6.1 Příprava dat

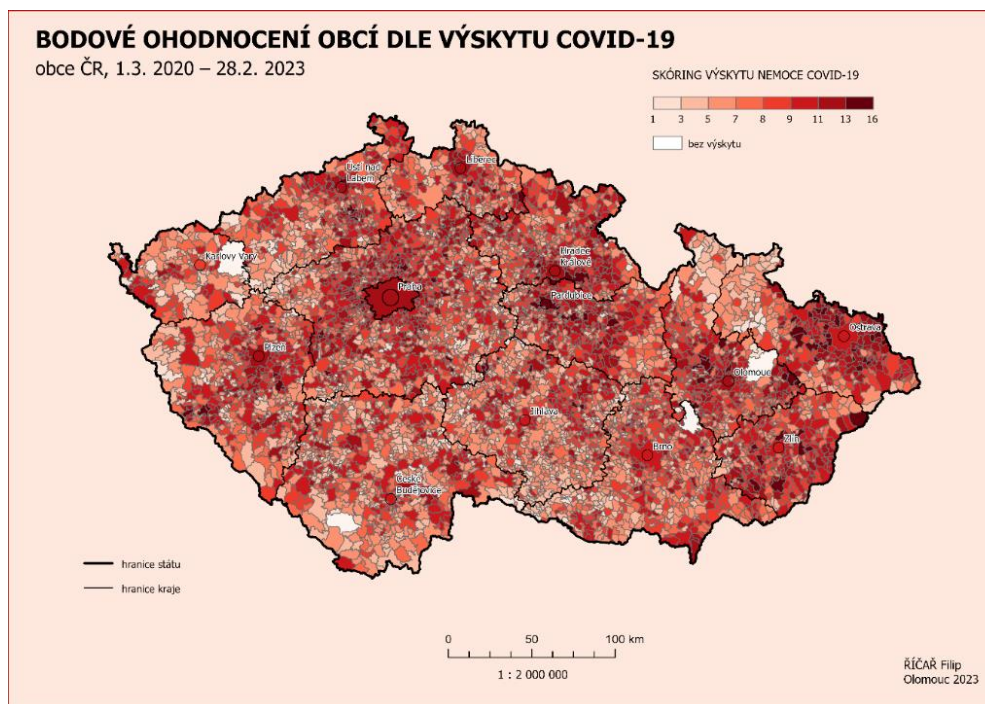
Pro zasazení dat o incidenci nemocí do socio-ekonomického indexu byla použita data o deprivaci a o příslušnosti k venkovu za obce ČR. Index deprivace byl dodán ve formátu *Geopackage*, kvůli špatné podpoře formátu programem ArcGIS PRO bylo nutné vrstvu převést do *ESRI Shapefile* v QGIS a poté importovat do *Geodatabase* v ArcGIS Pro. Do vrstvy obcí byl atribut *dep_score* pomocí *Join Field* podle atributu *kód obce*. Data o příslušnosti k venkovu byla z tabulky připojena opět pomocí *Join Field* a atributu *kód obce*.

Pro srovnání těchto dvou ukazatelů a výskytu infekčních nemocí v okresech bylo nutné data agregovat do okresů. Agregace do okresů pomocí *Join Features*, parametru *one to one*. Výsledná hodnota v okrese byla průměrem připojených obcí.

6.2 Bodové ohodnocení

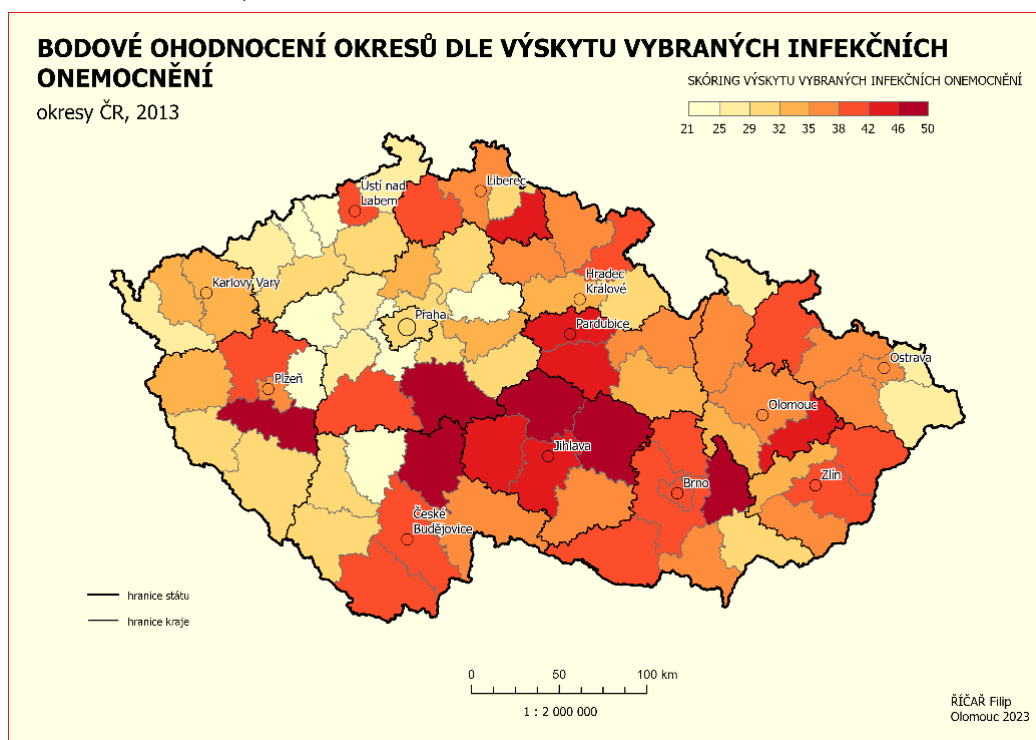
Pro tvorbu bodového hodnocení bylo použito kvartilové rozdělení popsané v kapitole 4.1. Pro COVID-19 bylo bodové ohodnocení (skóre) součtem kvartilů, ve kterých se obec nachází ve čtyřech časových obdobích. Pro infekční nemoci byl použit součet za každou z 16 nemocí. Obce mohly takto získat 0–16 bodů, okresy 0–64 bodů.

V případě obcí bylo průměrné skóre 8,01. Nejnížší nulové skóre mají pouze vojenské újezdy. Skóre 1 má obec Minice na Písecku. Nejvyšší skóre 16 má šest obcí. Obce s vysokým bodovým hodnocením výskytu nemoci COVID-19 lze najít v Královéhradeckém kraji, na Pardubicku, severně od Olomouce, Vsetínsku a Ostravsku. Nízké bodové ohodnocení lze najít na Jesenicku, jihu Vysočiny, jihu Čech, Podbořansku a Rakovnicku. (Obr. 14 nebo Příloha 38)



Obr. 14 Bodové ohodnocení obcí dle výskytu COVID-19, viz Příloha 38)

Okresy měly výsledné skóre mezi 21 a 50. Nejnížší skóre 21 má okres Rakovník, nejvyšší skóre 50 má okres Žďár nad Sázavou. Průměrné skóre okresů je 35,57. Okresy s nejvyšším bodovým hodnocením lze najít v na Vysočině. Nejnížší lze najít v okolí Prahy a v Ústeckém kraji. Poměrně vysoké hodnoty jsou také v jižních Čechách a na Moravě. (Obr. 15 nebo Příloha 39)



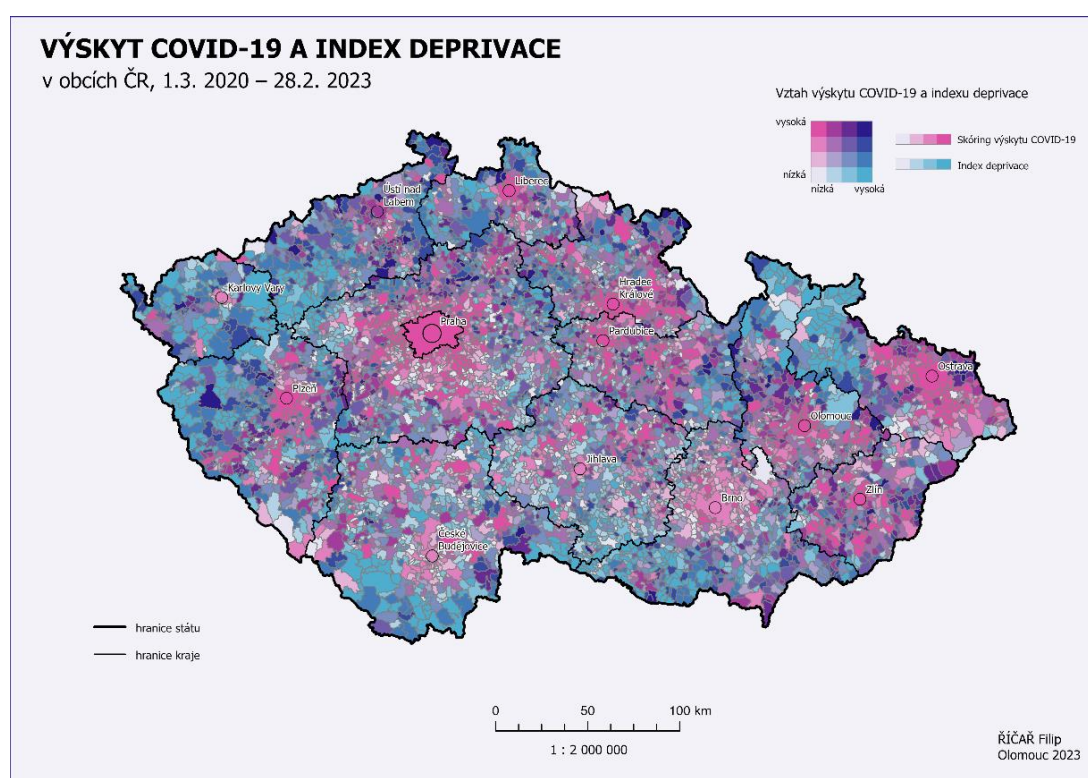
Obr. 15 Bodové ohodnocení okresů dle výskytu vybraných infekčních onemocnění, viz Příloha 39

6.3 Typizace pomocí dvourozměrné stupnice

Pro srovnání dvou jevů lze v ArcGIS Pro využít dvourozměrnou/bivariální stupnici. Pro tento účel byly vytvořeny tři mapy obcí. První porovnává skóre obce dle výskytu nemoci COVID-19 a deprivací index, druhá bodové ohodnocení a příslušnost venkovu. Třetí mapa porovnává bodové ohodnocení a incidenci COVID-19 na tisíc obyvatel za celé období. Takto lze najít obce, kde se tyto dvě metody vizualizace výskytu nemoci rozcházejí. U všech map byla nastavena velikost mřížky na 4x4 a metoda kvantilů. Obce lze proto zařadit do 16 kategorií.

Obce s nízkým skórem i deprivací indexem se nacházejí v okolí Prahy, Brna a Českých Budějovic. Vysoké skóre a nízký deprivací index mají hlavně aglomerace, např. Praha, Ostrava nebo Hradec Králové. Vysoký deprivací index a nízké skóre mají hlavně horské oblasti Šumavy a Jeseníků, nebo obce v Karlovarském kraji a hraničních oblastech Plzeňského kraje. Oba vysoké ukazatele lze najít na jižní Moravě, Vsetínsku, Karvině, Broumova nebo ve Šluknovském výběžku. Jedná se o příhraniční odlehlé oblasti. (Obr. 16 nebo Příloha 40)

Vysoké bodové ohodnocení a nízký stupeň příslušnosti lze najít ve velkých městech a jejich okolí, Např. pražská nebo ostravská aglomerace. Městské oblasti s nízkým skórem jsou ve hraničních oblastech aglomerací s venkovem. Velkou oblastí s nízkou příslušností i hodnocením jsou jižní Čechy. Venkovské obce s vysokým skórem jsou většinou ve vzdálenost nejdále od velkých měst, většinou v hraničních oblastech mezi kraji. Vysoké hodnoty obou ukazatelů lze najít v okolí Litovele, Orlicka-Ústecka a částech Plzeňského kraje.



Obr. 16 Výskyt COVID-19 a index deprivace (ostatní vizualizace dvourozměrnou stupnicí viz Příloha 40–43)

Srovnání incidence a bodového hodnocení ukázalo, že se tyto dva ukazatele výrazně neliší. Různě na území ČR lze najít obce s malým počtem obyvatel s vysokou incidencí a nízkým skórem. V obcích se nejspíše v jednom období objevilo relativně větší ohnisko, v ostatních se obdobích se jim nákaza spíše vyhýbala. V Karlovarském kraji lze najít obce s vysokým hodnocením a nižší incidencí. Tyto obce se sice držely v nejvyšším kvartilu v každém období, ale neměly extrémní hodnoty, které by způsobily velmi vysokou celkovou incidenci.

Dále byly vytvořeny dvě mapy okresů podle bodového ohodnocení výskytu infekčních nemocí s deprivacním indexem nebo příslušností k venkovu. U těchto map byla nastavena velikost mřížky na 3x3 a metoda kvantilů. Okresy s vysokým skórem a vysokou deprivací lze najít v okolí Plzně a na Vysočině, s nízkou deprivací a vysokým skórem na Moravě, hlavně v okolí Brna. Vysoký index deprivace a nízké skóre lze najít hlavně v Ústeckém kraji. Oba nízké indikátory jsou v Praze a okolních okresech. Okresy s vysokou příslušností k venkovu a vysokým výskytem nemocí lze nalézt na Vysočině, venkovské okresy s nízkým výskytem nemocí na západě Čech. Nízká příslušnost k venkovu a nízký výskyt nemocí je v okolí Prahy, vysoký výskyt ve Zlínském kraji.

6.4 Regrese

V posledním kroku byla zjišťována souvislost mezi bodovým ohodnocením obcí podle výskytu nemoci COVID-19/okresů podle výskytu ostatních infekčních nemocí s indexem deprivace a s příslušností k venkovu. Jako globální metoda regrese byl použit nástroj *Generalized Linear Regression* (GLR). Vysvětlovaná proměnná bylo skóre výskytu nemoci COVID-19 v obcích a výskytu infekčních nemocí v okresech. Vysvětlující proměnné byly index deprivace a příslušnost k venkovu. Typ modelu byl nastaven na souvislý (Gaussův). Jako lokální metoda byl použit nástroj *Geographically Weighted Regression* (GWR), který umožňuje popsat prostorovou nestacionaritu. Závislé i nezávislé proměnné byly stejné, typ modelu opět souvislý, typ okolí nastaven na počet sousedů a metoda výběru okolí optimální.

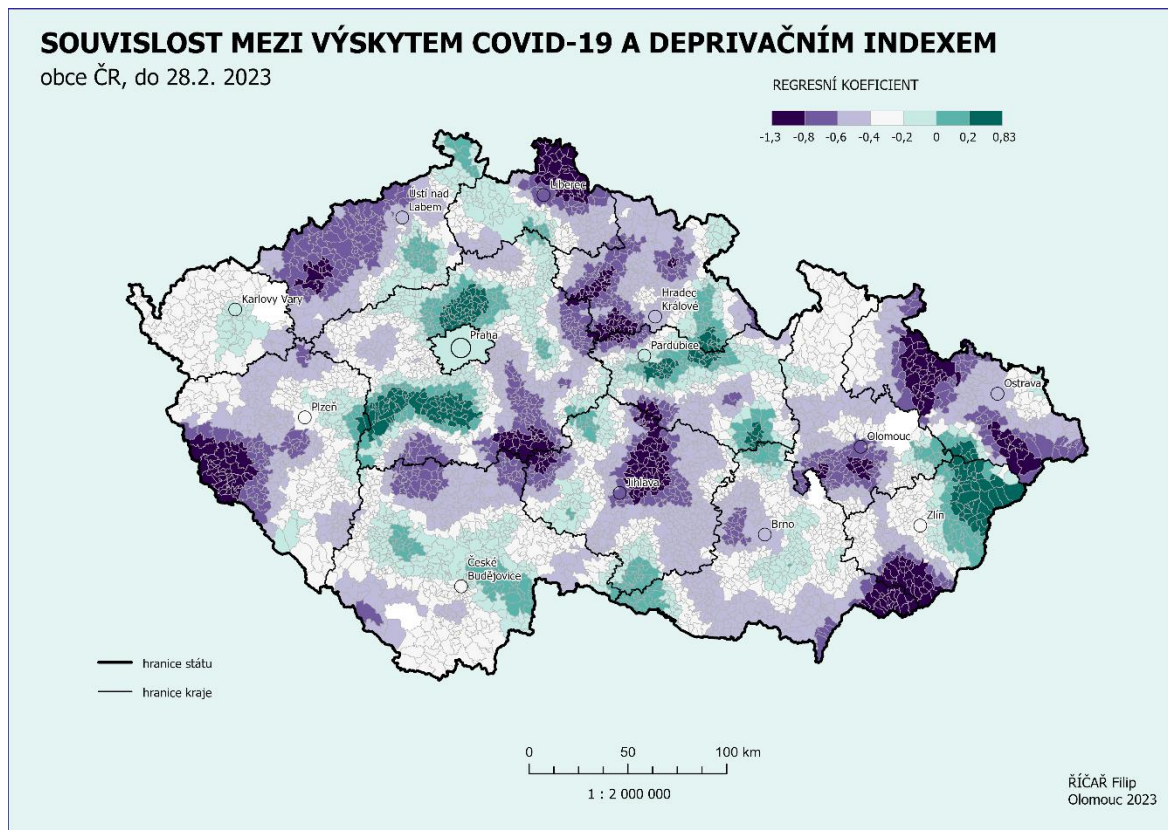
Vztah mezi výskytem nemoci COVID-19 a deprivacním indexem je podle GLR -0,431730. Podle výsledků GWR má většina obcí regresní koeficient 0 až -1. Mezi místa s kladným regresním koeficientem se řadí oblasti jižně a severně od Prahy, Orlickoústecko a Vsetínsko. Místa se regresním koeficientem kolem -1 jsou Frýdlantský výběžek, Opavsko nebo Chodsko. (Obr. 17 nebo Příloha 45)

Globální závislost mezi výskytem nemoci COVID-19 a příslušností k venkovu je podle GLR -4,873632. GWR identifikovala různě silný záporný regresní koeficient na území v ČR. Nejzápornější vztah kolem -11 lze najít v okolí Prahy nebo v jižních Čechách. Relativně vyšší regresní koeficient kolem -2 lze najít na jižní Moravě, Jesenicku nebo Českolipsku.

Podle GLR je regresní koeficient mezi výskytem infekčních nemocí a deprivacním indexem je -1,729239. Podle GWR je nejsilnější závislost v jižních Čechách, kde koeficient dosahuje 1. Na většině území ČR je koeficient záporný, nejvíce na jihu Moravy, kde dosahuje téměř -5. Koeficient kolem nuly mají okresy v západních Čechách.

Regresní koeficient mezi výskytem infekčních nemocí a příslušností k venkovu je podle GLR 19,518624. Lokální regresní analýza identifikovala největší regresní koeficient 43 ve středních Čechách a na východě ČR. Nejnižší koeficient 2,61 je na západě republiky.

Nutno připomenout, že podle Spurné (2008) je GWR primárně exploratorní analýza pro nalezení rozdílů v prostoru a není vhodné z výsledků vytvářet obecné závěry. Výsledná zjištění by měla být použita k tvorbě hypotéz a podkladů pro hlubší analýzu.



Obr. 17 Závislost mezi výskytem COVID-19 a deprivacním indexem, viz Příloha 45, ostatní vizualizace GWR viz Přílohy 46–48

7 VÝSLEDKY

7.1 Výsledky vizuální analýzy

Vizuální analýza odhalila hlavní oblasti incidence každé z infekčních nemocí. Nejprve byly pomocí vizuální analýzy odhaleny hlavní oblasti incidence nemoci COVID-19 v obcích a ORP za celé zkoumané období 1.3. 2020 – 28.2. 2023. Takto bylo identifikováno několik regionů nejvíce postižených pandemií. Dále došlo k rozdělení do 4 kratších časových období. Zde bylo vhodné využít relativní kvartilovou stupnici pro možnost srovnání jednotlivých obcí. Data z obcí byla také agregována do pravidelné hexagonální sítě a velikosti hexagonu průměrné obce a 7x průměrné obce.

Hlavní oblasti výskytu nemoci COVID-19 za celé pozorované období lze nalézt ve východních Čechách na Hradecku a Rychnovsku, Ostravsku, Vsetínsku a okolí Plzně. Oblasti s nízkou incidencí lze nalézt na Jesenicku, Vysočině a Karlovarsku. V prvním období 1.3. – 30.6. 2020 je většina obcí bez výskytu. Mezi oblastmi s vysokou incidencí patří Karvinsko, Litovelsko a Domažlicko. Ve druhém období 1.7. 2020 – 30.6. 2021 se nákaza rozšířila po celé ČR. Oblastmi s největší incidencí jsou hlavně Královéhradecký a Pardubický kraj nebo Vsetínsko. Naopak nižší incidenci lze najít na jižní Moravě nebo na Jesenicku. Ve třetím období 1.7. 2021 – 20.6. 2022 lze vysokou incidenci najít hlavně v okolí velkých měst a na Moravě a ve Slezsku a nízkou incidenci na Karlovarsku nebo opět na Jesenicku. Ve čtvrtém období 1.7. 2022 – 28.2. 2023 jsou hlavními oblastmi incidence opět velká města, ale i venkovské oblasti jako například Hodonínsko nebo Třeboňsko.

Kampylobakterióza byla kromě částí obcí také vizualizována v hexagonální síti o velikosti průměrné části obce. Hlavními oblastmi incidence je Benešovsko, Ostravsku a Českobudějovicku. Zvýšenou incidenci lze také nalézt okolí Brna, Plzně a Olomouce.

Vizuální analýza incidence infekčních nemocí v okresech odhalila oblasti s největší mírou nákazy. Jednotlivé nemoci měly rozdílné prostorové vzory. Některé se vyskytovaly pouze v určitých oblastech, některé měli více rovnoměrný výskyt.

Hlavním výstupem této části je série map incidence každé infekční nemoci. COVID-19 bylo možné vizualizovat i v ORP a ve dvou hexagonálních sítích. Kampylobakterióza byla také kromě částí obcí vizualizována hexagonální sítí.

7.2 Výsledky prostorové analýzy

Nejdříve proběhly globální analýzy shlukování pro každou vrstvu incidence každé ze zkoumaných nemocí. Výsledkem těchto analýz byla vzdálenost největší prostorové autokorelace, která byla využita v některých dalších analýzách. Poté se pokračovalo s lokálními analýzami shlukování. Nejdříve proběhly analýzy shlukování pro COVID-19. Shlukování bylo zkoumáno na úrovni obce, ORP a hexagonálních sítích za celé období. Pro obce dále proběhly analýzy i za 4 kratší časová období. Bylo vyzkoušeno několik nastavení metod prostorových vazeb. Primárně byla používána metody rohové body přilehlých stran. Pro vrstvy obcí a sítě menších hexagonů byla vyzkoušena i konstantní vzdálenost 10 km a 40 km. Pro vrstvy ORP a sítě velkých hexagonů vzdálenosti 40 km. V případě obcí a hexagonů se výsledky konstantní vzdálenosti 10 km ukázaly jako vhodné a podobné výsledkům při použití metody rohových bodů přilehlých stran. Konstantní vzdálenost 40 km se ukázala jako vhodná pouze v případě ORP. Pro ostatní úrovně jednotek není tato vzdálenost vhodná, protože vede ke tvorbě velmi velkých shluků pokrývajících většinu území, které nabízejí pouze omezenou možnost interpretace.

Hlavními oblastmi shlukování za celé období byly Východní Čechy, Zlínský kraj nebo Ostravsko. Shluky nízkých hodnot byly v Karlovarském kraji, Domažlicku, jihu Vysočiny, jihu Čech a na Jesenicku. V prvním období 1.3. – 30.6. 2020 byly shluky vysokých hodnot v několika menších oblastech (Domažlic, Chebu, Karvinsko a Litovel), většina obcí byla bez výskytu. Ve druhém období 1.7. 2020 – 30.6. 2021 byl velký shluk vysokých hodnot detekován v Královéhradeckém kraji a menší shluky na Táborsku, Vsetínsku nebo Opavsku. Shluky nízkých hodnot jsou v jižních Čechách, jihu Vysočiny nebo na Jesenicku.

Ve třetím období 1.7. 2021 – 20.6. 2022 byly shluky vysokých hodnot nalezeny kolem velkých měst. Shluk nízkých hodnot byl nalezen v Karlovarském kraji. Ve čtvrtém období 1.7. 2022 – 28.2. 2023 byly shluky vysokých hodnot opět v okolí velkých měst a na několika venkovských místech. Shluky nízkých hodnot jsou na západě Čech, opět na Jesenicku a v několika venkovských oblastech. Pomocí nástroje *Hot Spot Analysis Comparison* bylo možné změny mezi období vhodně vizualizovat.

Kampylobakterióza se nejvíce shlukovala v oblastech jižně od Prahy, jižních Čechách nebo na Ostravsku. Ostatní onemocnění měli většinou rozdílné oblasti shlukování. Některé onemocnění měly větší shluky o velikosti několika okresů, některé tvořící pouze jeden okres.

7.3 Výsledky analýzy socio-ekonomického kontextu

Nejdříve bylo vytvořeno bodové ohodnocení. Obce mohli získat 0-16 bodů dle výskytu nemoci COVID-19. Nejvyšší skóre bylo zaznamenáno v obcích v Královéhradeckém kraji, Pardubicku, severně od Olomouce, Vsetínsku a Ostravsku. Nízké skóre měly obce na Jesenicku, jihu Vysočiny, jihu Čech, Podbořansku a Rakovnicku. Průměrné skóre bylo 8,01. Nejnižší skóre měla jedna obec (Minice na Písecku). Nejvyšší možné skóre 16 mělo šest obcí. Nulové hodnocení měly pouze vojenské újezdy.

Okresy mohly získat bodové hodnocení 0-64 bodů dle výskytu infekčních nemocí. V realitě se skóre pohybovalo mezi 21-50 s průměrem 35,57. Nejvyšší skóre 50 získal okres Žďár nad Sázavou, nejnižší skóre 21 okres Rakovník. Okresy s nejvyšším skóre lze najít na Vysočině, vysoké hodnoty jsou i v jižních Čechách a na Moravě. Nejnižší skóre lze najít v okolí Prahy a Ústeckém kraji.

Typizace obcí podle výskytu nemoci COVID-19 a okresů podle výskytu ostatních infekčních nemocí s hodnotou deprivace a příslušnosti k venkovu byla provedena pomocí dvourozměrné stupnice. Stejná metoda byla také použita pro srovnání incidence nemoci COVID-19 a vytvořeného bodového hodnocení. Mapy používají velikost mřížky 4x4, obce proto byly vždy rozděleny do 16 kategorií. Mapy okresů používají 3x3 mřížku, okresy jsou tedy rozděleny do devíti kategorií

Obce s nízkým skóre výskytu COVID-19 i deprivacním indexem se nacházejí v okolí Prahy, Brna a Českých Budějovic. Vysoké skóre a nízký deprivacní index lze najít v oblasti velkých aglomerací, např. Praha, Ostrava nebo Hradec Králové. Vysoký deprivacní index a nízké skóre mají horské oblasti Šumavy a Jeseníků, obce v Karlovarském kraji a hraniční oblasti Plzeňského kraje. Oba vysoké ukazatele lze najít v příhraničních oblastech na jižní Moravě, Vsetínsku, Karvině, Broumova nebo ve Šluknovském výběžku. Vysoké skóre a nízký stupeň příslušnosti lze najít ve velkých městech a jejich okolí, např. pražské nebo ostravské aglomeraci. Městské oblasti s nízkým skóre jsou v hraničních oblastech aglomerací s venkovem. Nízkou příslušnost i hodnocení lze najít v jižních Čechách. Venkovské obce s vysokým skóre jsou většinou ve hraničních oblastech mezi kraji. Vysoké hodnoty obou ukazatelů lze najít v okolí Litovle, Orlicko-Ústecka a částech Plzeňského kraje. Srovnání incidence a bodového hodnocení ukázalo rozdíly mezi těmito dvěma

ukazateli. Na území ČR lze najít většinou malé obce s vysokou incidencí a nízkým bodovým hodnocením. V Karlovarském kraji lze najít obce s vysokým hodnocením a nižší incidencí. Většina obcí měla podobné umístění v obou ukazatelích.

Okresy s vysokým výskytem infekčních nemocí a vysokou deprivací lze najít v okolí Plzně a na Vysočině, s nízkou deprivací a vysokým výskytem nemocí na Moravě, hlavně v okolí Brna. Vysoký index deprivace a nízký výskytem nemocí lze najít hlavně v Ústeckém kraji. Oba nízké indikátory jsou v Praze a okolních okresech. Okresy s vysokou příslušností k venkovu a vysokým výskytem nemocí lze nalézt na Vysočině, venkovské okresy s nízkým výskytem nemocí na západě Čech. Nízká příslušnost k venkovu a nízký výskyt nemocí je v okolí Prahy, vysoký výskyt ve Zlínském kraji.

Po provedení regresní analýzy byly popsány souvislosti mezi danými ukazateli. Regresní koeficient mezi výskytem COVID-19 a deprivací byl 0 až -1, příslušností k venkovu -2 až -11. Souvislost mezi výskytem infekčních nemocí a deprivací je mezi 1 a -5. Překvapivá byla silná souvislost mezi výskytem nemocí a příslušností k venkovu, která dosahovala regresního koeficientu mezi 2,61 a 43.

8 DISKUZE

V průběhu práce došlo k objevení problémů nebo nedostatků, které vyžadovaly nalezení sporných nebo alternativního řešení.

První problém se objevil již při přípravě práce s dostupností dat. Původně se mělo pracovat s daty od ÚZIS o vybraných infekčních nemocech na úrovni obcí nebo ORP. Data ale i po několika měsících od podání žádosti nepřišla. Muselo se přejít na volně dostupná nebo autorovi poskytnutá data.

Při řešení práce bylo nalezeno několik dalších méně závažných problémů. Při zpracování dat se objevil problém s podporou formátu Geopackage programem ArcGIS Pro. Při nahrání do mapy se nemusí načíst část prvků. Datový náhled může být „děravý“. Jedním z možných řešení problému je data před importem do ArcGIS Pro převést do formátu ESRI Shapefile v programu QGIS.

Sporným krokem může být výpočet incidence. Data o nemoci COVID-19 byla dostupná v podobě počtu nakažených za administrativní jednotku. Incidence za celé období i za čtyři kratší časová období byla vypočítána z dat o počtu obyvatel ze SLDB 2021. Pro časová období by bylo možné použít data vždy k 1. lednu příslušného roku, ale kvůli zjednodušení byla použita pouze data ze SLDB.

Pro výpočet kvartilů existuje alternativní způsob. V práci byly vždy v případě dané nemoci, daného období do kvartilů zařazovány pouze administrativní jednotky s nenulovým počtem. Druhou možností by bylo jednotky s nulovým počtem zařadit do kvartilů s nejnižšími hodnotami. V případě že by počet jednotek s nulovým výskytem překračoval jednu čtvrtinu, byly by zbylé jednotky rozděleny do tercilů. Tento rozdílný způsob by se projevil na typizaci a výsledné interpretaci výsledků.

Agregace dat z obcí do hexagonální sítě proběhla pomocí parametru *largest overlap*. Zde může docházet k zániku části dat, ale prostorové analýzy ukázaly, že rozdíl v celkové podobě prostorového vzoru není velký. Při tvorbě velkých hexagonů o 7x původních byl použit průměr incidence protínajících se menších hexagonů. Opět zde může dojít k odlišné interpretaci výsledků.

Pro analýzu socio-ekonomického kontextu byla použita data o deprivaci a o příslušnosti k venkovu. Zde se opět nabízí několik alternativních řešení. Tyto indikátory vznikly spojením několika socio-ekonomických jevů. Opět zde není jediné správné řešení a teoreticky by mohly být využité i jiné indikátory.

V případě srovnání skóre výskytu infekčních nemocí v okresech a těchto dvou indikátorů se objevily dva nedostatky, které snižují validitu výsledků. Prvním je časová nekompatibilita dat. Data o nemocech jsou z roku 2013, deprivace z roku 2021 a příslušnost k venkovu z roku 2010. Druhým nedostatkem je způsob agregace. Hodnoty v okresech jsou průměrem hodnot z obcí, i když si obce kvůli rozdílné rozloze a počtu obyvatel nejsou rovné.

Data o COVID-19 nabízí díky své podrobnosti velké možnosti pro další analýzu. Data o počtu nakažených jsou dostupná za každou obec za každý den. V práci je provedeno rozdělení do čtyř časových období, které jsou dále porovnávána z hlediska výskytu a shlukování nemoci. Budoucí práce mohou stavět na těchto zjištěních nebo využít alternativní způsoby zmíněné v této práci. Autor si může představit například tvorbu časové řady map incidence nebo shlukování nemoci COVID-19 s intervalem jednoho měsíce nebo týdne, ať už na úrovni obcí nebo ORP. Možností by také bylo pozorovat vliv počasí nebo vládních opatření.

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá vyhodnocením prostorového vzoru vybraných infekčních nemocí na území Česka. Analýzy proběhly na datech o nemoci COVID-19, kamylobakteriíza a 16 dalších vybraných infekčních onemocnění z publikace ÚZIS z roku 2013. Původním záměrem bylo pracovat s novějšími daty o infekčních nemocech od ÚZIS, data ale nebylo poskytnuta.

Nejprve byla provedena vizuální analýza prostorového vzoru a tvorba vizualizací incidence. Incidence byla vizualizována v administrativních jednotkách a v pravidelných hexagonálních sítích. Následně proběhla prostorová analýza pomocí nástrojů určených k analýze globálního a lokálního shlukování. Poté bylo možné analýzy vsadit do socio-ekonomického kontextu pomocí regrese a provést vizualizace pomocí dvourozměrné stupnice. V rámci socio-ekonomického kontextu došlo ke zjištění závislosti výskytu nemocí s deprivacním indexem a příslušnosti k venkovu.

Pro analýzy byly použity nástroje ArcGIS Pro ze sady *Spatial statistics*. Mezi tyto nástroje patří *Incremental Spatial Autocorrelation*, *Hot Spot Analysis* nebo *Hot Spot Analysis Comparison*. Pro vsazení do socio-ekonomického kontextu byly použity globální a lokální metody regrese *Generalized Linear Regression* a *Geographically Weighted Regression*. Primární kartografickou metodou byl kartogram.

Hlavními zjištěními této práce je podoba prostorového vzoru vybraných nemocí, jejich shlukování a závislost jejich výskytu s deprivacním indexem a příslušností obce k venkovu. Byly také srovnávány prostorové vzory v případě použití rozdílných forem vizualizace, a to v administrativních jednotkách a pravidelných hexagonálních sítích. V případě nemoci COVID-19 bylo možné šíření rozdělit do 4 časových období a změny mezi nimi srovnat a vyhodnotit. V případě socio-ekonomického kontextu bylo zajímavé zjištění, že závislost mezi výskytem infekčních nemocí a deprivacním indexem nemusí být všude kladná.

I přes problémy s dostupností dat se cíle podařilo naplnit. Výstupy práce je série map o incidenci, vybraných výsledků analýz a ucelená geodatabáze. Práce ukazuje možnosti využití geoinformatiky a kartografie v epidemiologii a nabízí popis metod, které lze využít. Součástí výsledků práce je i zhodnocení prostorového vzoru vybraných infekčních nemocí a interpretace provedených analýz. Výsledky a výstupy práce jsou též prezentovány ve formě posteru a webové stránky.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

An overview of the Spatial Statistics toolbox. *Pro.arcgis.com* [online]. Redlands: ESRI, 2023 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/an-overview-of-the-spatial-statistics-toolbox.htm>

ArcČR® 4.1. <https://www.arcdata.cz/> [online]. Praha: ARCDATA PRAHA, 2023 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-4>

BÁČOVÁ, Radka. *Možnosti využití metod prostorové analýzy pro zpracování zdravotních dat*. 2012, 2012. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Milan Konečný

BEALE, Linda, Juan Jose ABELLAN, Susan HODGSON a Lars JARUP. Methodologic Issues and Approaches to Spatial Epidemiology. *Environmental Health Perspective* [online]. 2008, 116(8) [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.10816>

BENCKO, Vladimír, Karel HRACH, Marek MALÝ, Hynek PIKHART, Jindra REISSIGOVÁ, Štěpán SVAČINA, Marie TOMEČKOVÁ a Jana ZVÁROVÁ. *Statistické metody v epidemiologii*. Svazek 1. Praha: Karolinum: Univerzita Karlova v Praze, 2003, 236 s. Biomedicínská statistika. ISBN 80-246-0763-8

BENCKO, Vladimír, Karel HRACH, Marek MALÝ, Hynek PIKHART, Jindra REISSIGOVÁ, Štěpán SVAČINA, Marie TOMEČKOVÁ a Jana ZVÁROVÁ. *Statistické metody v epidemiologii*. Svazek 2. Praha: Karolinum: Univerzita Karlova v Praze, 2003, 236 s. Biomedicínská statistika. ISBN 80-246-0764-6

BONITA, Ruth, Robert BEAGLEHOLE a Tord KJELLSTROM. *Basic epidemiology*. 2nd ed. Geneva: World Health Organization, 2006, 212 p. ISBN 9241547073.

CATELAN, Dolores a Annibale BIGGERI. Multiple testing in disease mapping and descriptive epidemiology. *Geospatial Health* [online]. 2010, 4(2) [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://geospatialhealth.net/index.php/gh/article/view/202>

DNES JE TO ROK OD UZAVŘENÍ LITOVLE. *Litovel.eu/* [online]. Litovel: MĚSTSKÝ ÚŘAD LITOVEL, 2021 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.litovel.eu/cs/urad/uredni-deska/aktualni-informace/dnes-je-to-rok-od-uzavreni-litovle.html>

FATIMA, Munazza, Kara J. O'KEEFE, Wenjia WEI, Sana ARSHAD a Oliver GRUEBNER. Geospatial Analysis of COVID-19: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2021, 18(5), 14 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph18052336

GESINK, Dionne, Susan WANG, Todd NORWOOD, Ashleigh SULLIVAN, Dana AL-BARGASH a Rita SHANIN. Spatial Epidemiology of the Syphilis Epidemic in Toronto,

Canada. *Sexually Transmitted Diseases* [online]. 2014, 41(11), pp. 637-648 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/48511838>

Gigasheet [online]. Gigasheet, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.gigasheet.com/>

HAVLÍČKOVÁ, Jana. *Analýza a kartografická vizualizace vybraných zdravotních statistik*. Brno, 2014. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav. Vedoucí práce Radim Štampach

HAVLÍK, Michael. *ČASOPROSTOROVÁ ANALÝZA VYBRANÝCH ONEMOCNĚNÍ V OLOMOUCKÉM KRAJI*. Olomouc, 2013. Diplomová práce. Univerzita Palackého, Katedra geoinformatiky. Vedoucí práce Zdena Dobešová

HORÁČKOVÁ, Leona. *Kartografie jako nástroj prevence chorob a podpory zdravotního vzdělání*. Brno, 2012. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav. Vedoucí práce Zdeněk Stachoň

HORÁK, Jiří. *Prostorové analýzy dat*. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2019, 181 s. ISBN 978-80-248-4368-1

Infekční nemoci. In: *Uzis.cz* [online]. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2013 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/infnem2013.pdf>

KIRBY, Russel S., Eric DELMELLE a Jan M. EBERTH. Advances in spatial epidemiology and geographic information systems. *Annals of Epidemiology* [online]. 2017, 27(1), 1-9 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1047279716304951>

KUPKA, Michal. *Analýza prostorového vzoru subjektů působících ve zdravotnictví*. Olomouc, 2019. Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Katedra geoinformatiky. Vedoucí práce Vít Pászto

LAWSON, Andrew B. *Statistical Methods in Spatial Epidemiology*. Second Edition. Department of Epidemiology and Biostatistics, University of South Carolina, Columbia, USA: John Wiley & Sons Ltd, 2006. ISBN 978-0-470-01484-4

LAWSON, Andrew, Sudipto BANERJEE, Robert P. HAINING a Maria Dolores UGARTE. *Handbook of spatial epidemiology*. New York: Chapman and Hall/CRC, 2016. ISBN 9780429159725.

GARTNER, Bohumil. *Prostorová statistika adresních bodů Česka*. Olomouc, 2018. Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Katedra geoinformatiky. Vedoucí práce Vít Pászto

MAREK, Lukáš. *PROSTOROVÉ A VÍCEROZMĚRNÉ STATISTICKÉ ANALÝZY EPIDEMIOLOGICKÝCH DAT*. Olomouc, 2015, 136 s. Doktorská disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci Přírodovědecká fakulta Katedra geoinformatiky. Vedoucí práce Jiří Dvorský

MAREK, Lukáš. Spatio-temporal outbreaks of campylobacteriosis and the role of fresh-milk vending machines in the Czech Republic: A methodological study. *Geospatial Health*. 2017, 12(527), 264-273.

Onemocnění aktuálně [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/>

PÁSZTO, Vít, Jaroslav BURIAN a Karel MACKŮ. COVID-19 data sources: evaluation of map applications and analysis of behavior changes in Europe's population. *Geografie* [online]. 2020, 125(2), 172-209 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://geografie.cz/125/2/0171/>

PÁSZTO, Vít, Jaroslav BURIAN a Karel MACKŮ. Changing Mobility Lifestyle: A Case Study on the Impact of COVID-19 Using Personal Google Locations Data. *International Journal of E-Planning Research*. 2021, 10(2), 66-79.

PÁSZTO, Vít, Karel MACKŮ a Jaroslav BURIAN. Anti- and Post-COVID-19 Measures Taken by the Czech Government in Relation to the Spatial Distribution of COVID-19 Indicators. In: *Local Government and the COVID-19 Pandemic: A Global Perspective* [online]. 1. Switzerland: Springer Cham, 2022, pp 507–536 [cit. 2023-04-26]. ISBN 978-3-030-91112-6. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-91112-6_20#DOI

SPURNÁ, Pavlína. Geograficky vážená regrese: Metoda analýzy prostorové nestacionarity geografických jevů. *Geografie* [online]. 2008, 113(2), 125-139 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/289783333_Geograficky_vazena_regrese_Metoda_analyzy_prostorove_nestacionarity_geografickyjevuv

ŠTAMPACH, Radim. *Explorační geografická analýza zdravotních dat a jejich kartografická prezentace*. Brno, 2010. Disertační práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Milan Konečný

VOŽENÍLEK, Vít a Jaromír KAŇOK. *Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, 216 s. ISBN 978-80-244-2790-4.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy

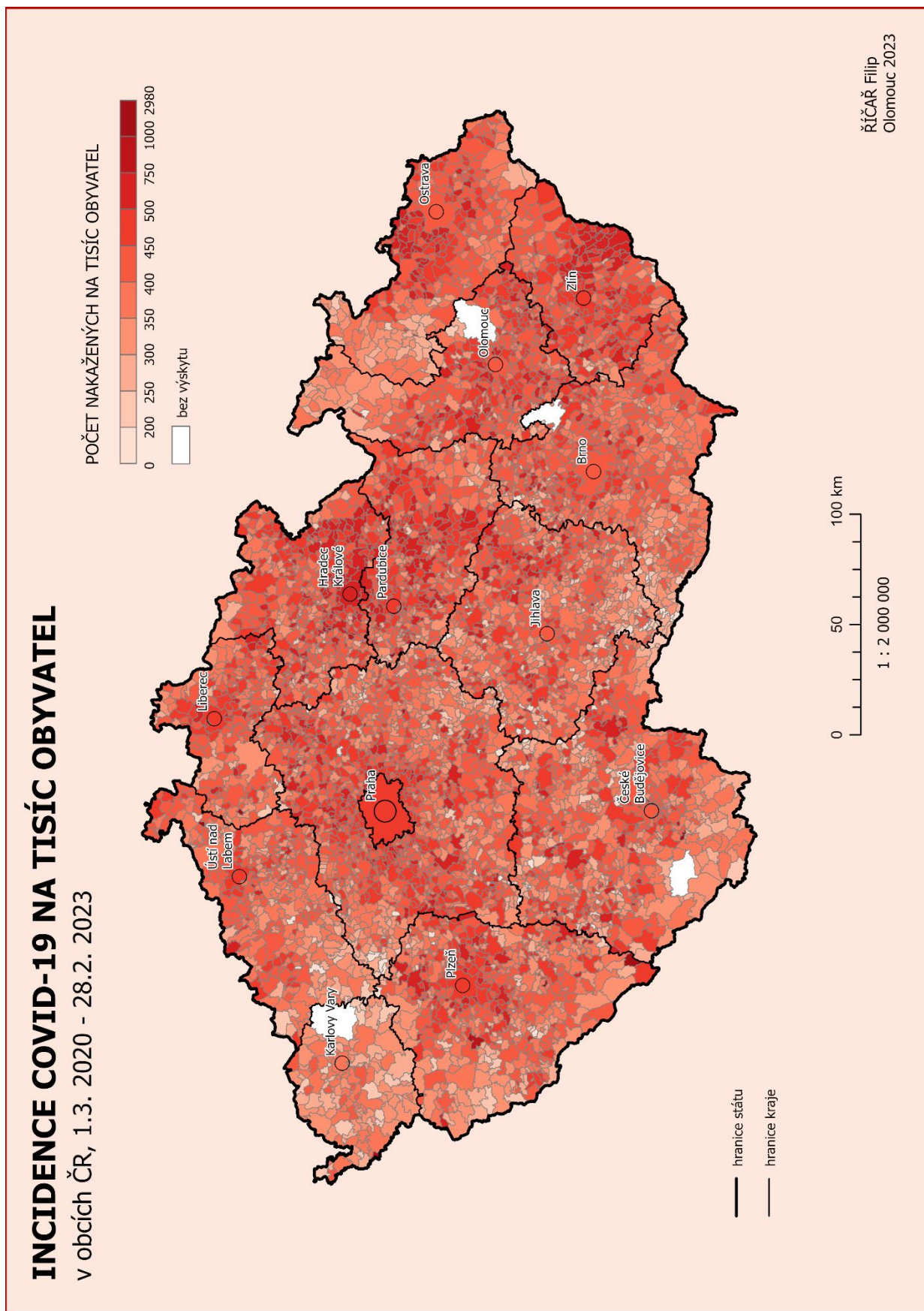
- Příloha 1 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023 (covid_obce)
- Příloha 2 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v ORP ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023 (covid_ORP)
- Příloha 3 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v hexagonální síti ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023 (covid_hex)
- Příloha 4 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v hexagonální síti ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023 (covid_velhex)
- Příloha 5 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, 1.3. – 30.6. 2020 (covid_kvart1)
- Příloha 6 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, 1.7. 2020 – 30.6. 2021 (covid_kvart2)
- Příloha 7 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, 1.7. 2021 – 30.6. 2022 (covid_kvart3)
- Příloha 8 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, 1.7. 2022 – 28.2. 2023 (covid_kvart4)
- Příloha 9 Vyhlazená průměrná prevalence kampylobakteriózy (kamp)
- Příloha 10 Vyhlazená průměrná prevalence kampylobakteriózy (kamp_hex)
- Příloha 11 Incidence A02 na 100 000 obyvatel (A02)
- Příloha 12 Incidence A03 na 100 000 obyvatel (A03)
- Příloha 13 Incidence A04 na 100 000 obyvatel (A04)
- Příloha 14 Incidence A08 na 100 000 obyvatel (A08)
- Příloha 15 Incidence A09 na 100 000 obyvatel (A09)
- Příloha 16 Incidence A38 na 100 000 obyvatel (A38)
- Příloha 17 Incidence A46 na 100 000 obyvatel (A46)
- Příloha 18 Incidence A84 na 100 000 obyvatel (A84)
- Příloha 19 Incidence A87 na 100 000 obyvatel (A87)
- Příloha 20 Incidence A69,2 na 100 000 obyvatel (A692)
- Příloha 21 Incidence B01 na 100 000 obyvatel (B01)
- Příloha 22 Incidence B02 na 100 000 obyvatel (B02)
- Příloha 23 Incidence B26 na 100 000 obyvatel (B26)
- Příloha 24 Incidence B27 na 100 000 obyvatel (B27)
- Příloha 25 Incidence B86 na 100 000 obyvatel (B86)
- Příloha 26 Incidence G00 na 100 000 obyvatel (G00)
- Příloha 27 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel (covid_obce_hotspot_corners)
- Příloha 28 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel (covid_obce_hotspot_distance)
- Příloha 29 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel (covid_obce_hotspot_distance40km)
- Příloha 30 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v hexagonální síti ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023 (covid_hex_hotspot)

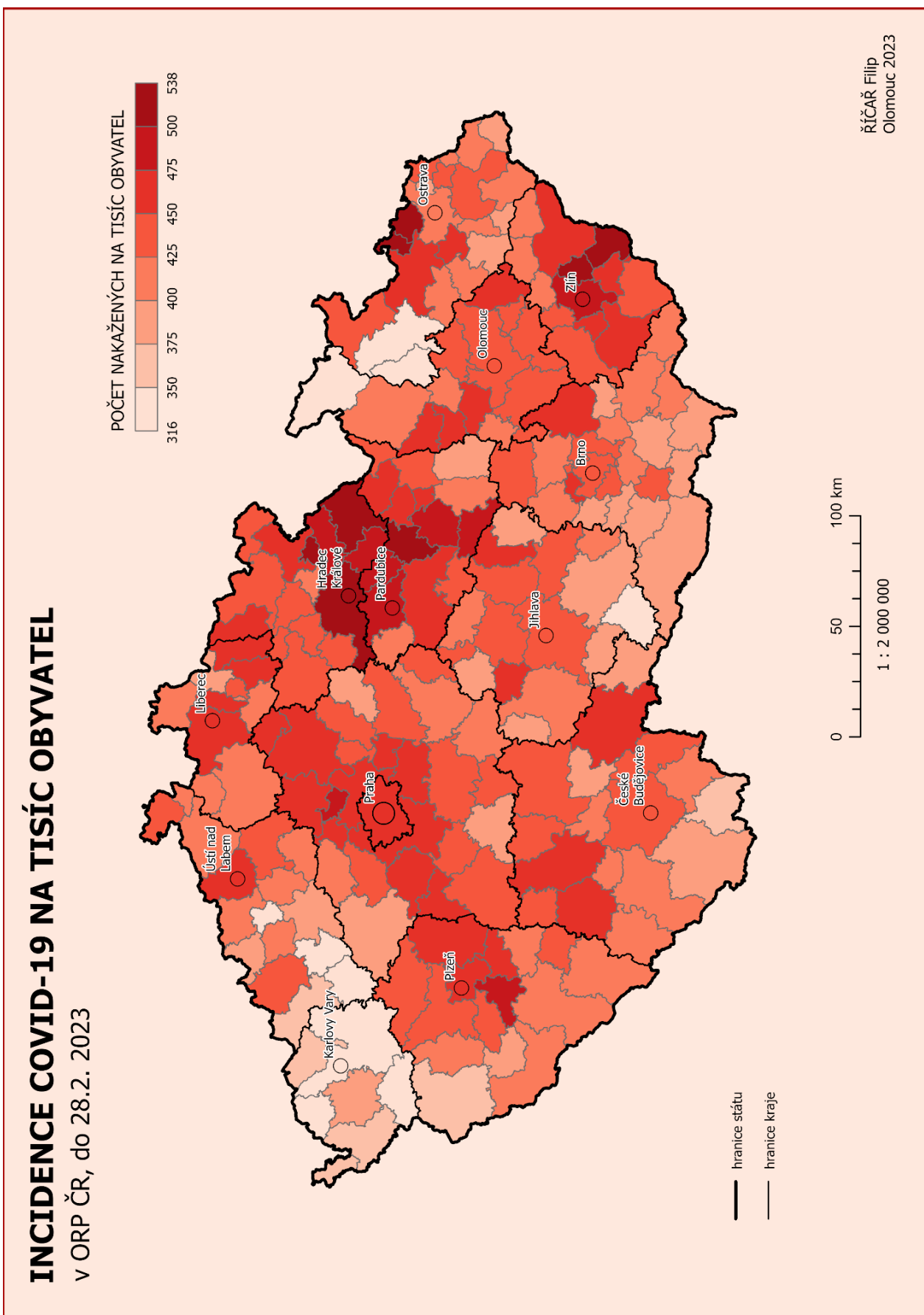
- Příloha 31 Časová změna shlukování incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, období 1.3. – 30.6. 2020 a 1.7. 2020 – 30.6. 2021 (HotSpotComparison1)
- Příloha 32 Časová změna shlukování incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, období 1.7. 2020 – 30.6. 2021 a 1.7. 2021 – 30.6. 2022 (HotSpotComparison2)
- Příloha 33 Časová změna shlukování incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, období 1.7. 2021 – 30.6. 2022 a 1.7. 2022 – 28.2. 2023 (HotSpotComparison3)
- Příloha 34 Vyhlazená průměrná prevalence kampylobakteriózy (kamp_hotspots)
- Příloha 35 Vyhlazená průměrná prevalence kampylobakteriózy (kamp_clusters)
- Příloha 36 Incidence A03 na 100 000 obyvatel (A03_hotspots)
- Příloha 37 Incidence A03 na 100 000 obyvatel (A03_ClustersOutliers)
- Příloha 38 Bodové ohodnocení obcí dle výskytu COVID-19 (covid_skore)
- Příloha 39 Bodové ohodnocení obcí dle výskytu vybraných infekčních onemocnění (nemoce_skore)
- Příloha 40 Incidence a bodové ohodnocení výskytu COVID-19 (covid_obce_skore_incidence)
- Příloha 41 Výskyt COVID-19 a index deprivace (covid_obce_skore_deprivace)
- Příloha 42 Výskyt COVID-19 a index deprivace (covid_obce_skore_venkov)
- Příloha 43 Výskyt infekčních nemocí a index deprivace (nemoce_okres_skore_deprivace)
- Příloha 44 Výskyt infekčních nemocí a příslušnost k venkov (nemoce_okres_skore_venkov)
- Příloha 45 Závislost mezi výskytem COVID-19 a deprivacním indexem (GWR_covid_deprivace)
- Příloha 46 Závislost mezi výskytem COVID-19 a příslušností k venkovu (GWR_covid_venkov)
- Příloha 47 Závislost mezi výskytem infekčních nemocí a deprivacním indexem (GWR_nemoce_deprivace)
- Příloha 48 Závislost mezi výskytem infekčních nemocí a příslušností k venkovu (GWR_nemoce_venkov)

Volné přílohy

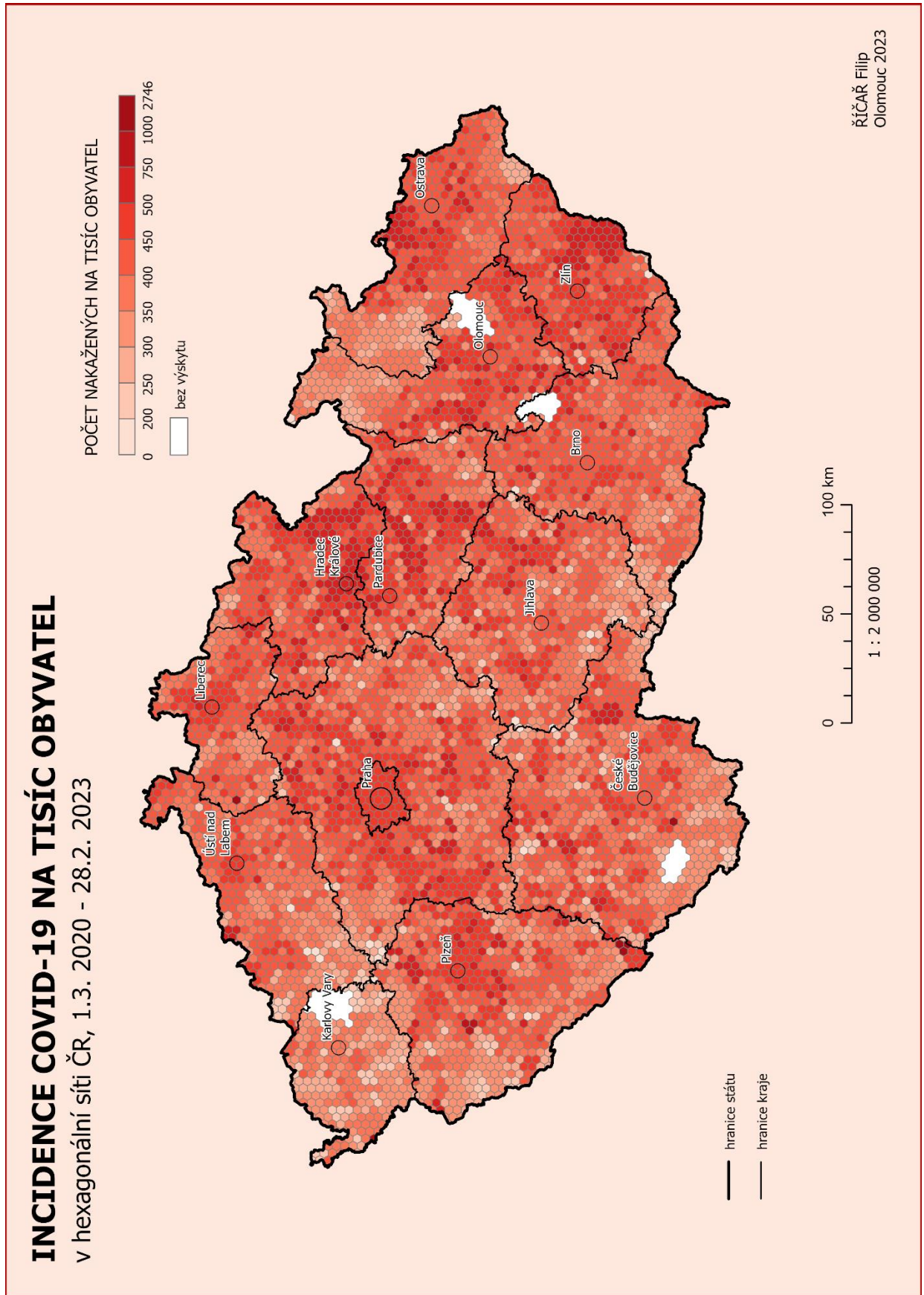
- Příloha 49 Poster

Priloha 1 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023
(covid_obce)

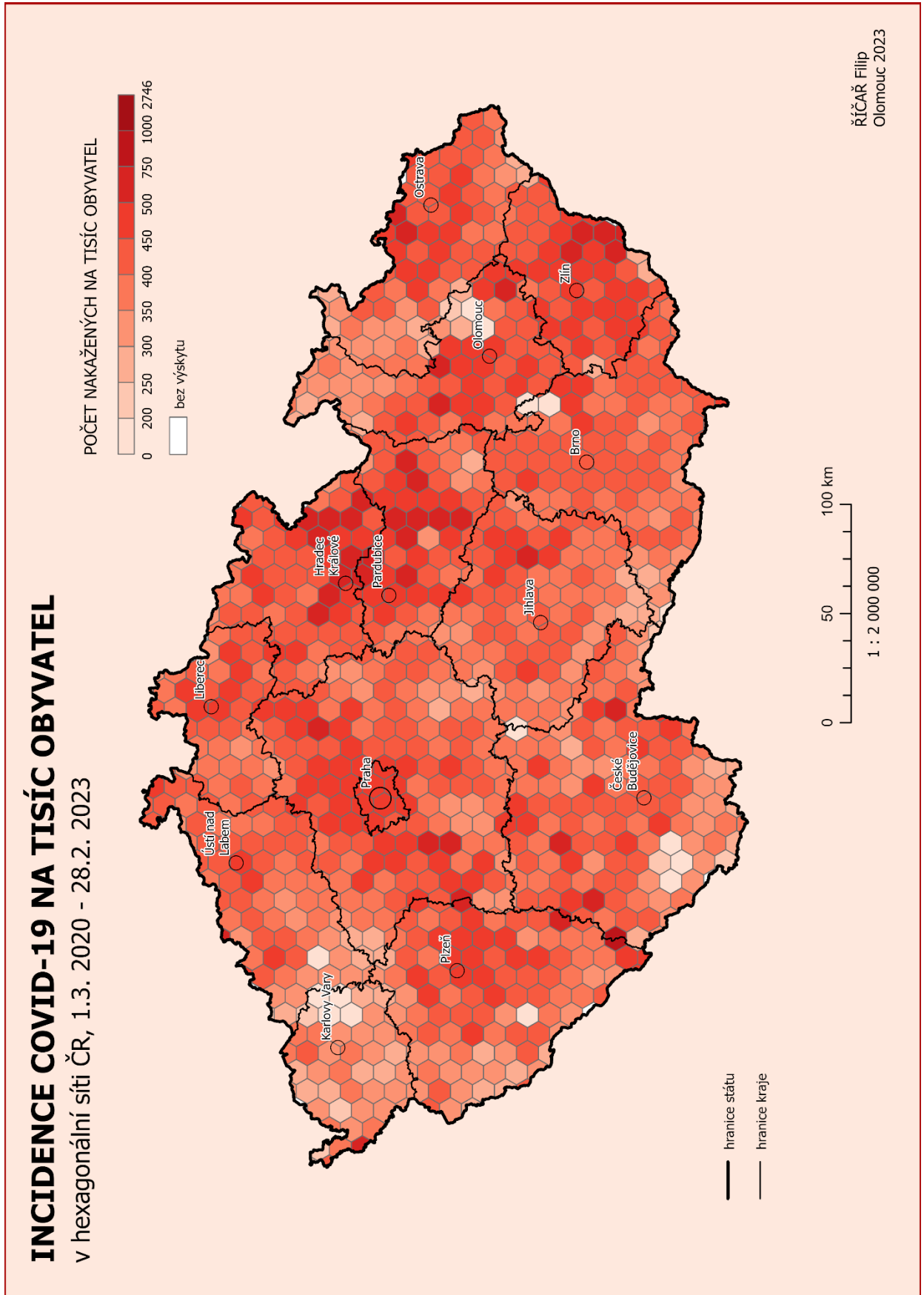




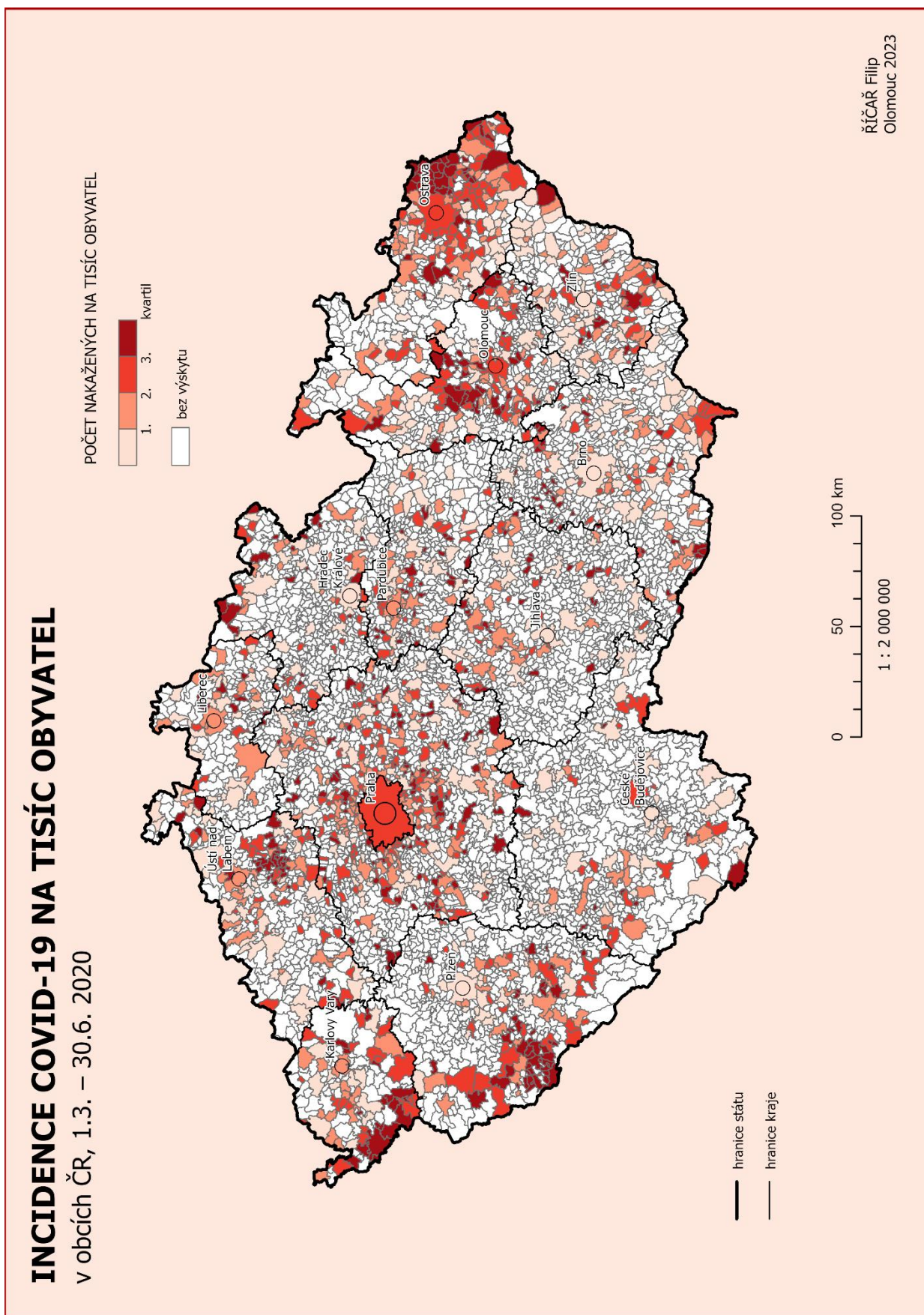
Příloha 3 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v hexagonální síti ČR, 1.3. 2020 –28.2. 2023 (covid_hex)



Příloha 4 Incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v hexagonální síti ČR, 1.3. 2020 –28.2. 2023 (covid_velhex)



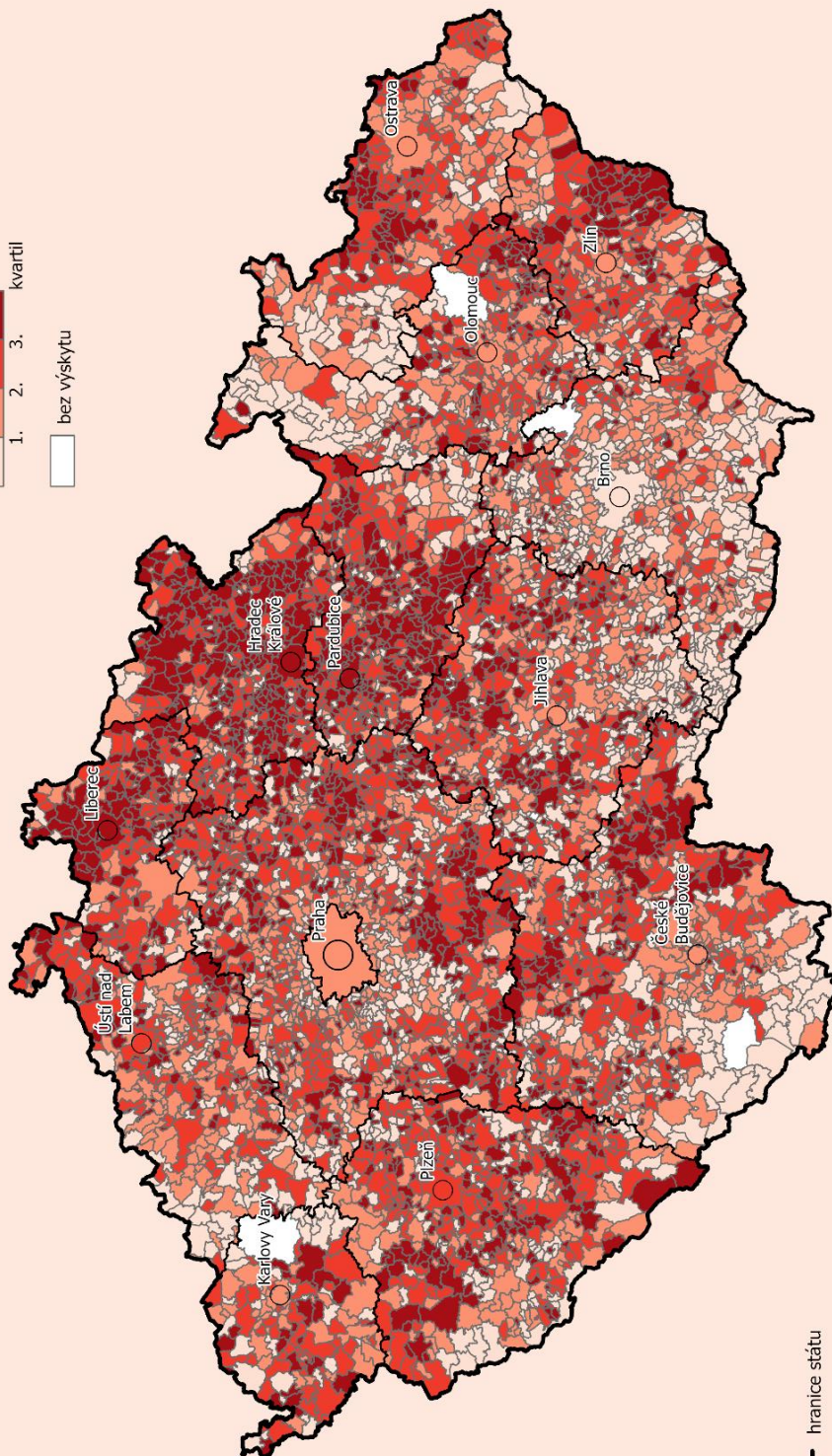
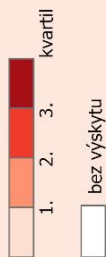
Príloha 5 Incidence COVID-19 na tisíc obyvateľ v obciach ČR, 1.3. – 30.6. 2020
(covid_kvart1)



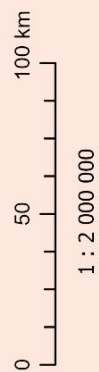
INCIDENCE COVID-19 NA TISÍC OBYVATEL

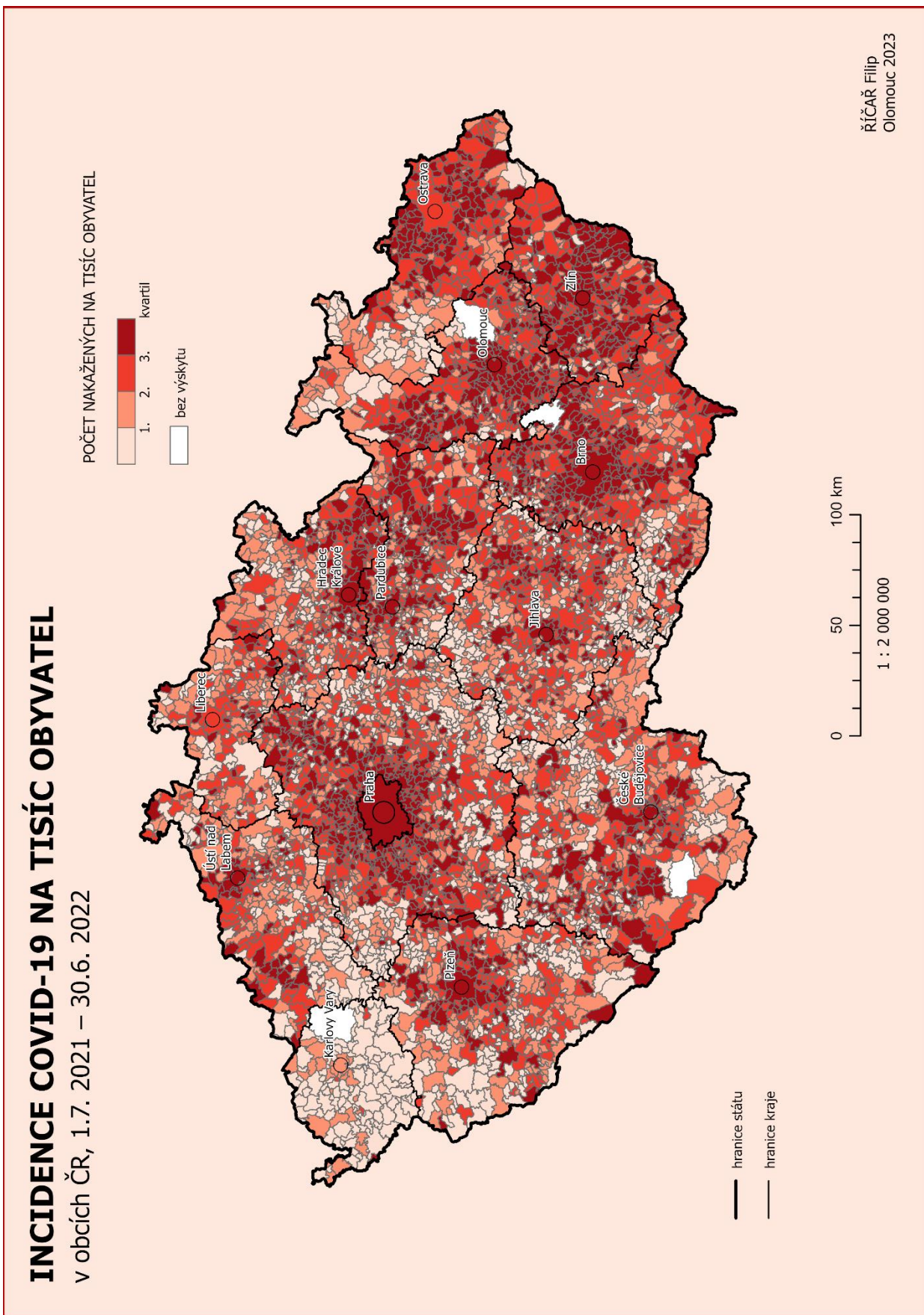
v obcích ČR, 1.7. 2020 – 30.6. 2021

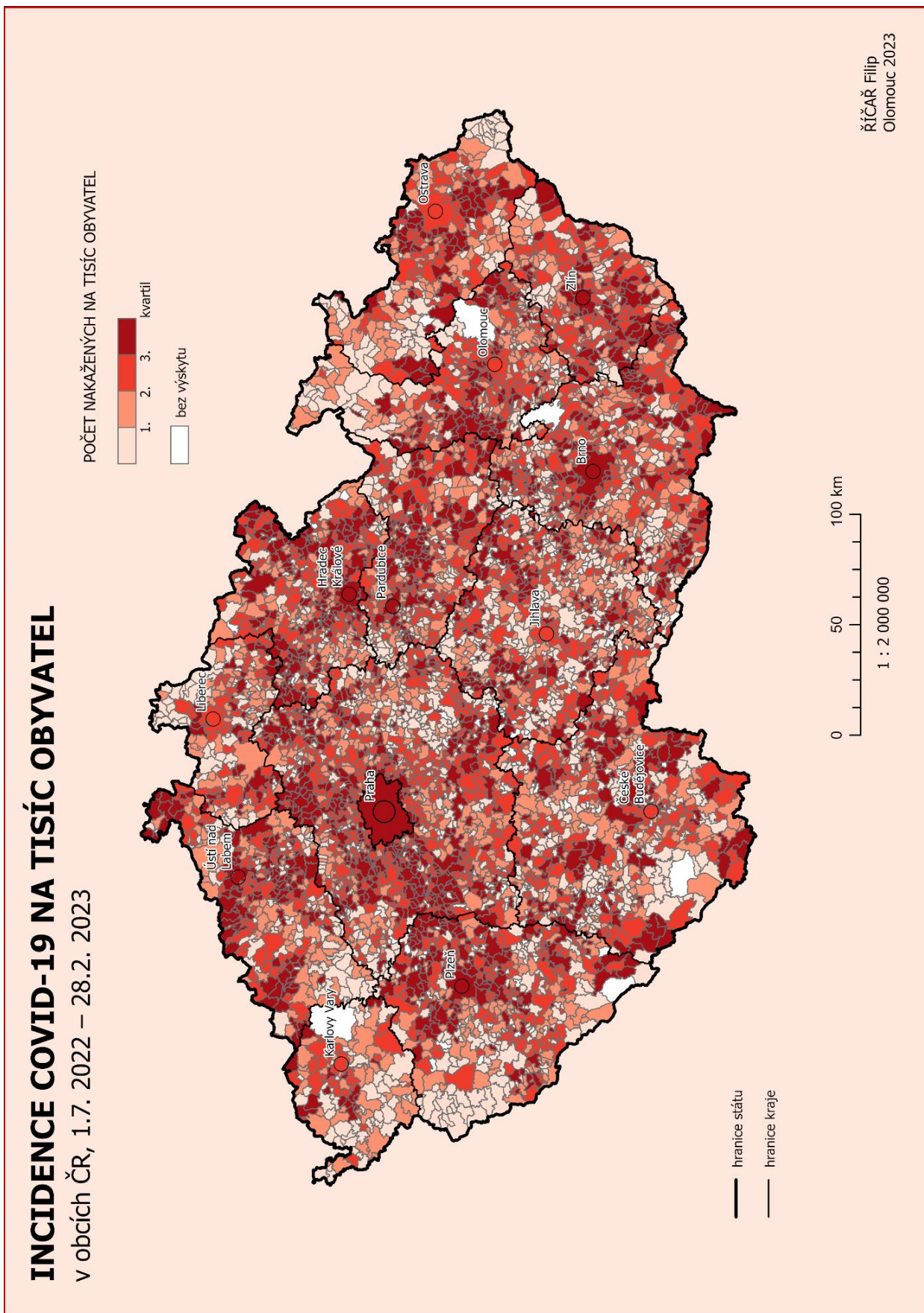
POČET NAKAŽENÝCH NA TISÍC OBYVATEL



— hranice státu
— hranice kraje



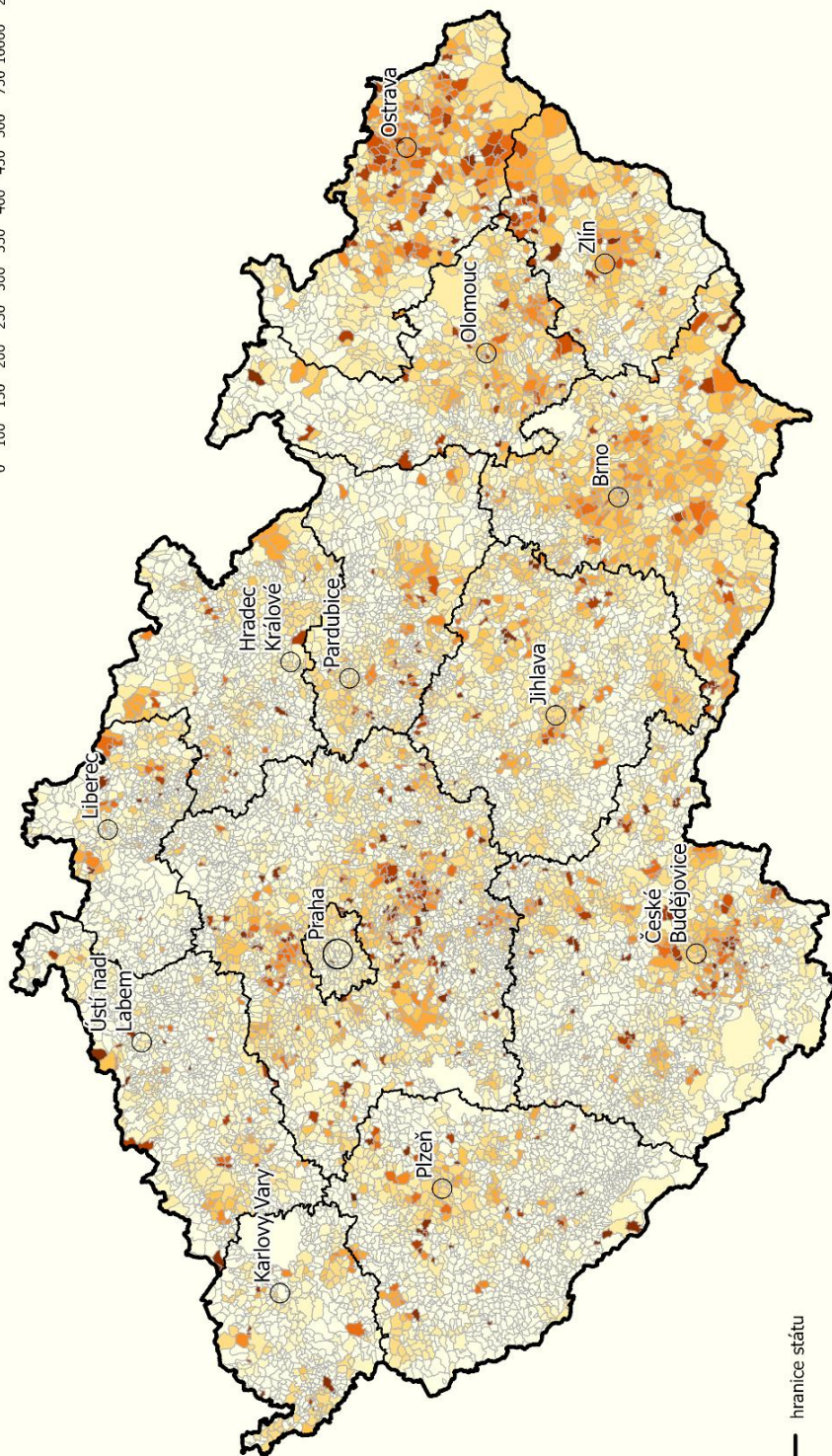
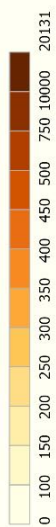




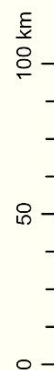
VYHLAZENÁ PRŮMĚRNÁ PREVALENCE KAMPYLOBAKTERIÓZY

v částech obce ČR, 2008 – 2012

PREVALENCE KAMPYLOBAKTERIÓZY NA 100 TIS. OBYVATEL



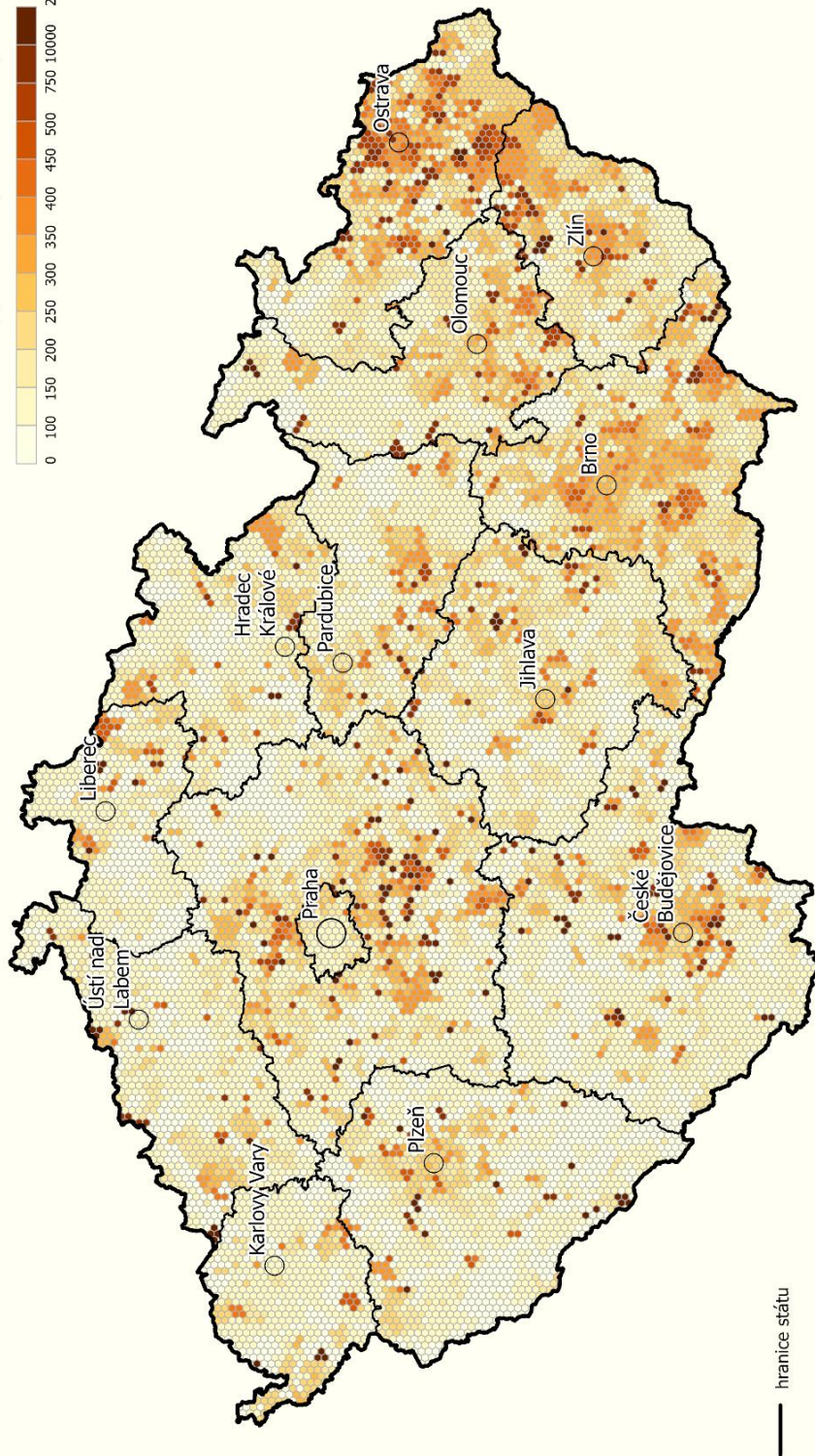
— hranice státu
— hranice kraje



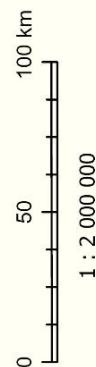
1 : 2 000 000

VYHLAZENÁ PRŮMĚRNÁ PREVALENCE KAMPYLOBAKTERIÍ

v hexagonové síti ČR, 2008 – 2012



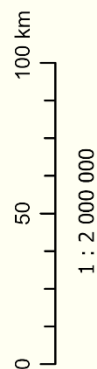
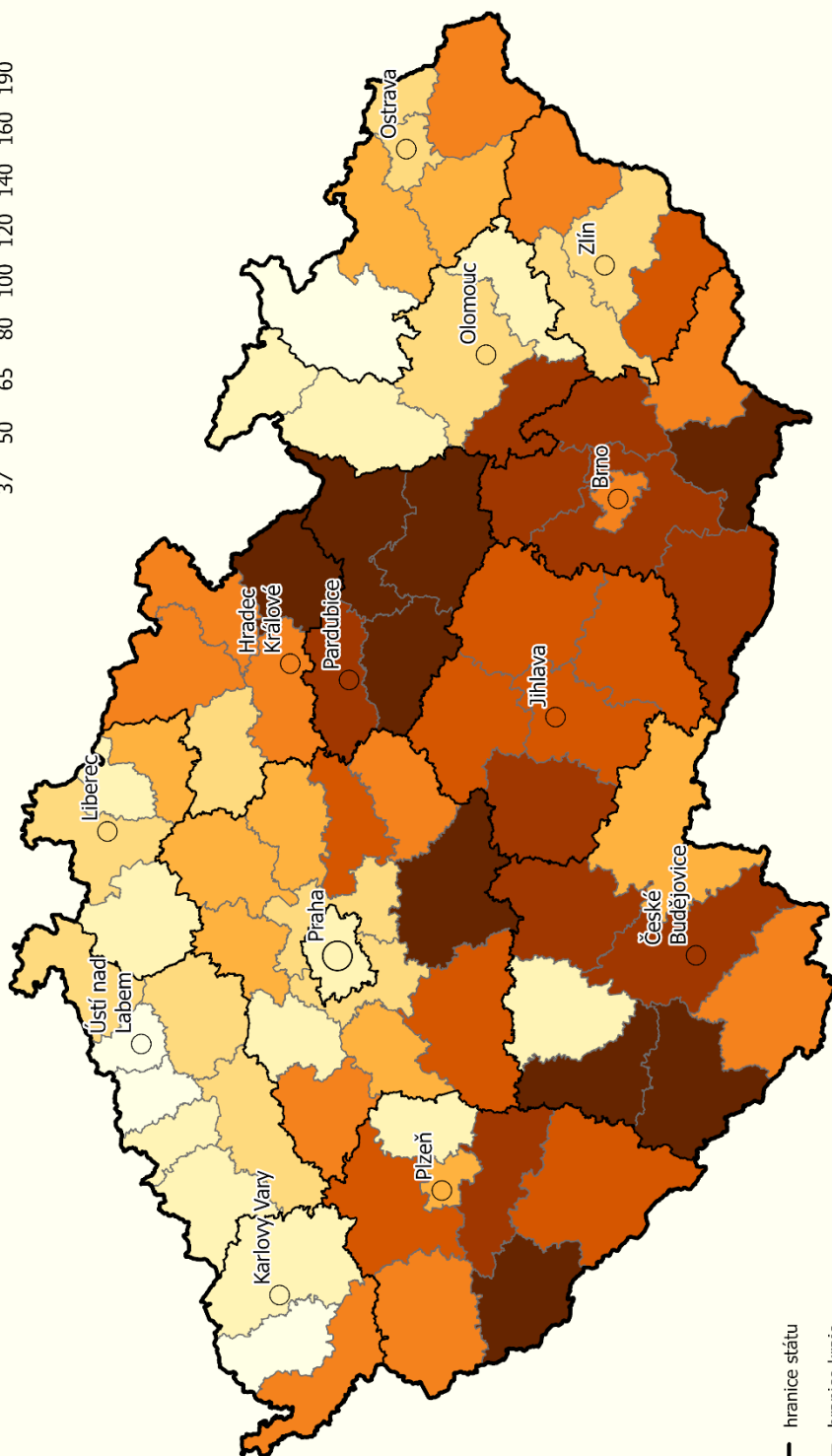
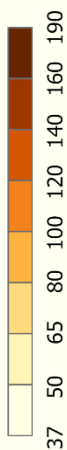
— hranice státu
— hranice kraje



INCIDENCE JINÝCH INFEKČÍ ZPŮSOBENÝCH SALMONELAMI (A02)

na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013

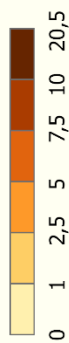
POČET NAKAŽENÝCH NA 100 000 OBYVATEL



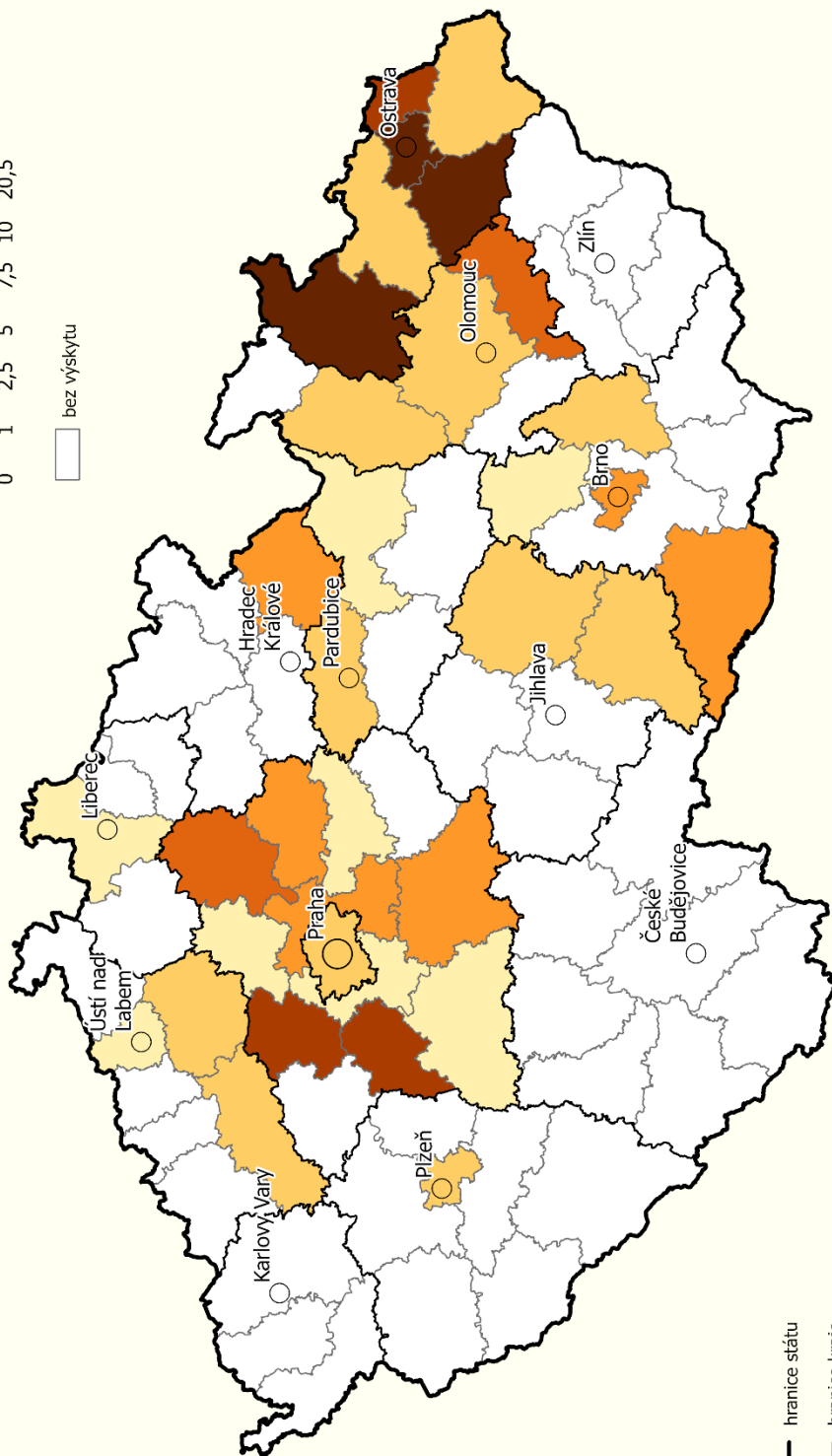
INCIDENCE SHIGELÓZY (A03)

na 100 000 obyvateľ, v okresoch ČR, 2013

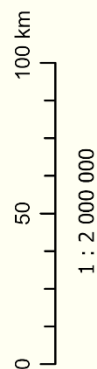
POČET NAKAŽENÝCH NA 100 000 OBYVATEL



bez výskytu

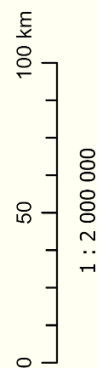
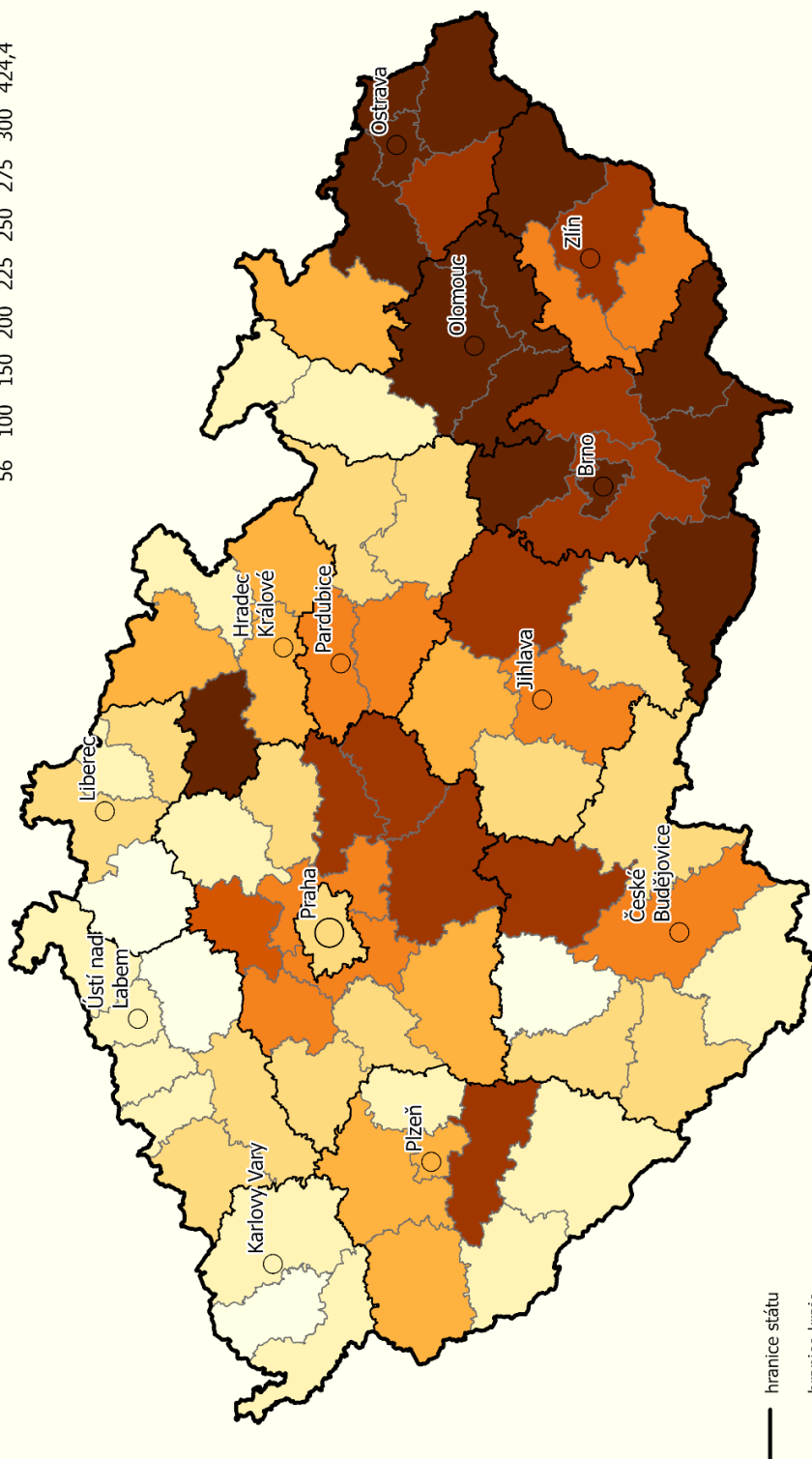
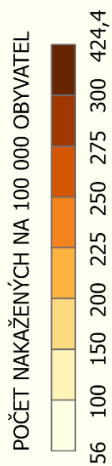


— hranice státu
— hranice kraje



INCIDENCE JINÝCH BAKT. STŘEVNÍCH INFEKČÍ (A04)

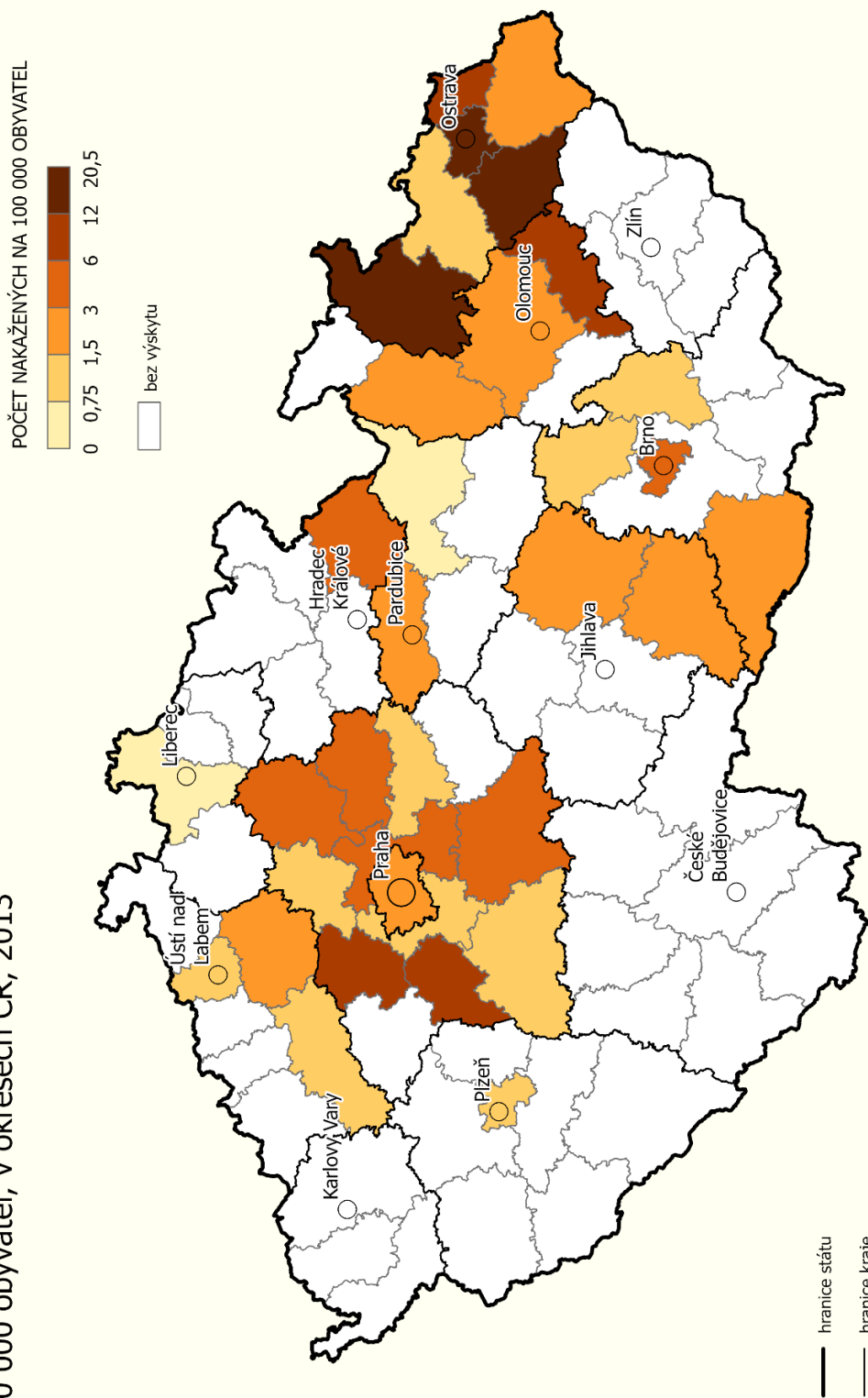
na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013



1 : 2 000 000

INCIDENCE VIROVÝCH A JINÝCH URČENÝCH STŘEVNÍCH ONEMOCNĚNÍ (A08)

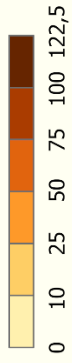
na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013



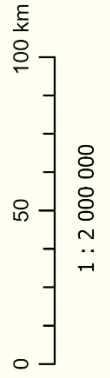
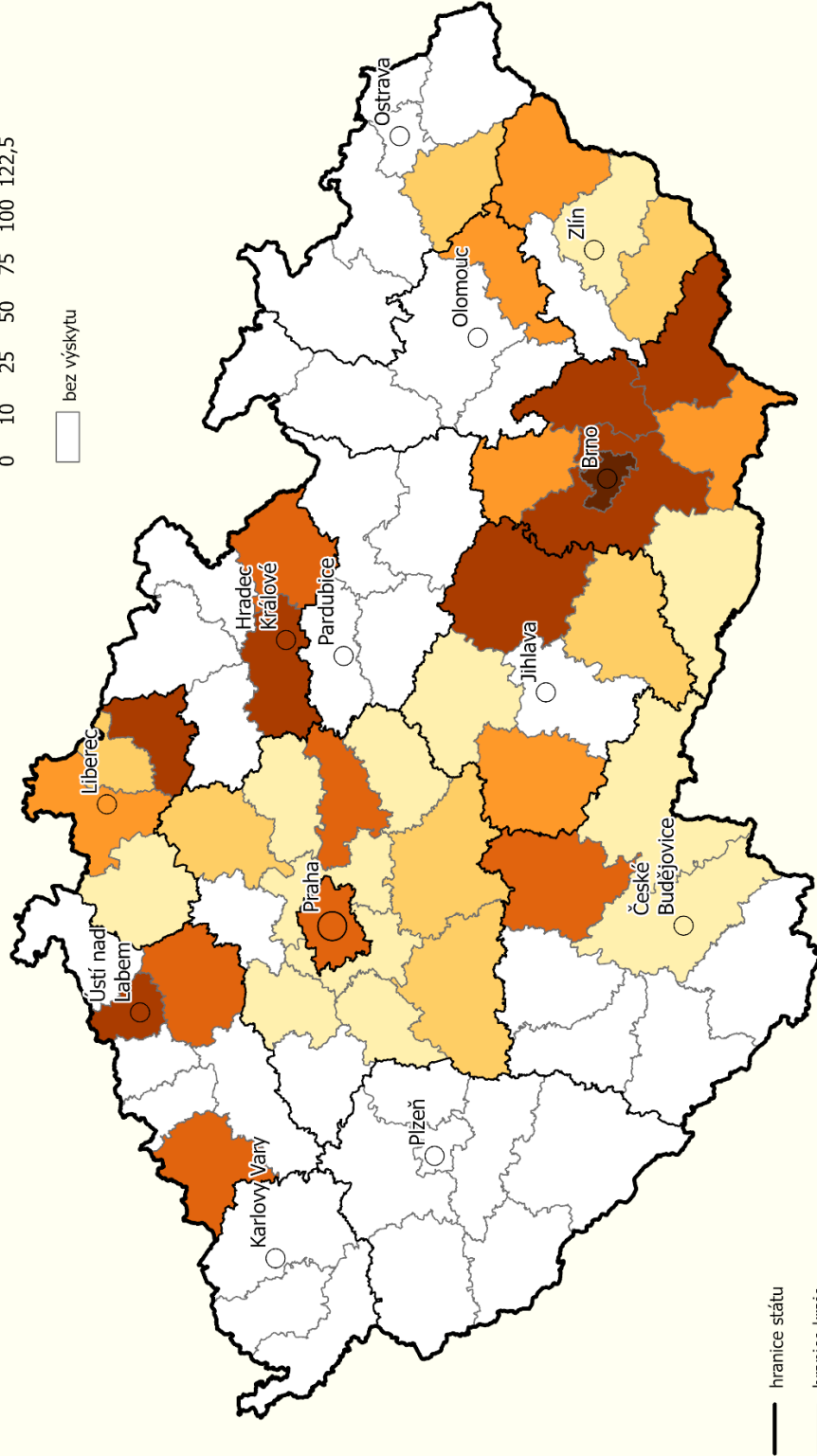
INCIDENCE GASTROENTRITIDY A KOLITIDY INF. A NESP. PŮVODU (A09)

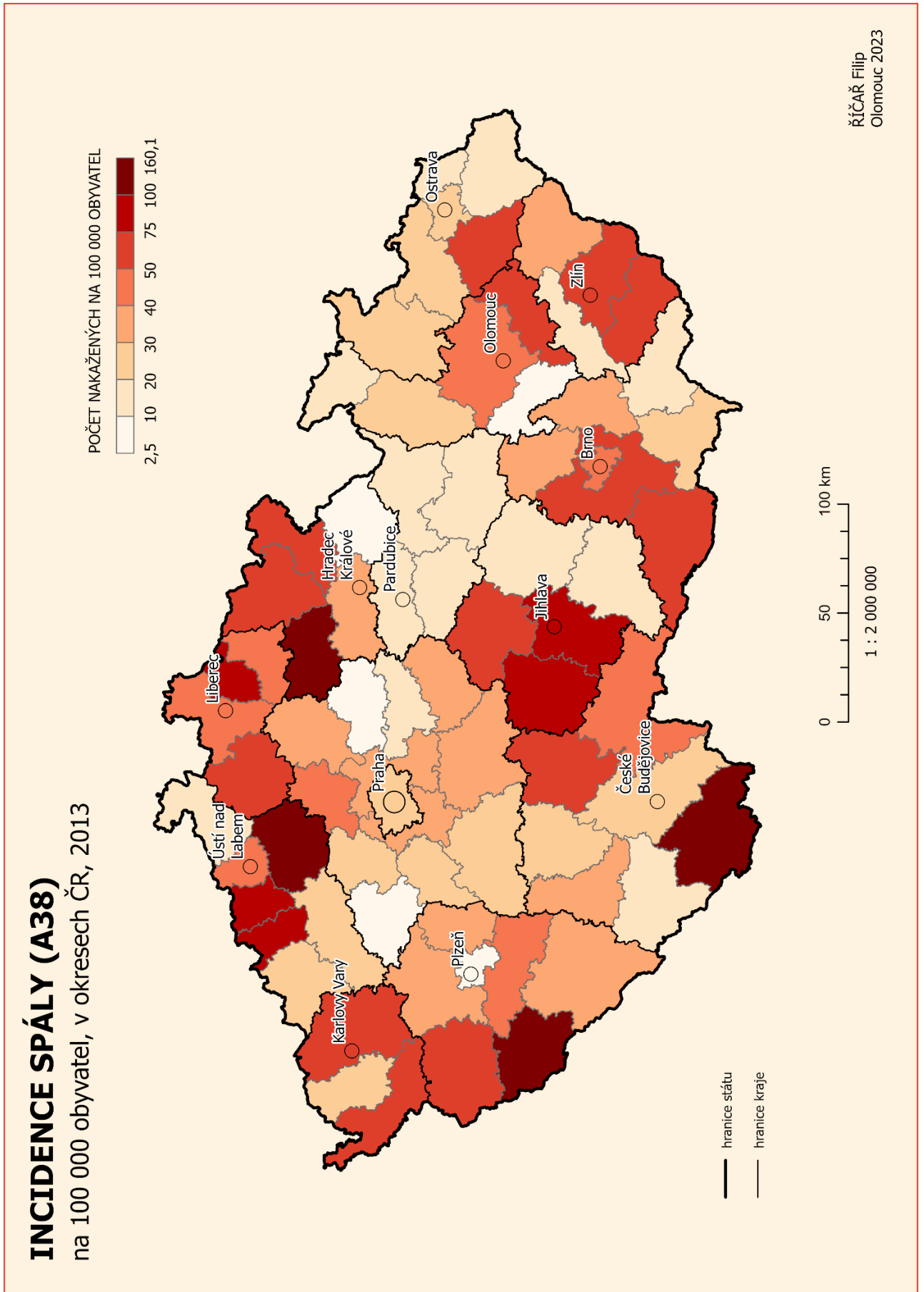
na 100 000 obyvateľ, v okresech ČR, 2013

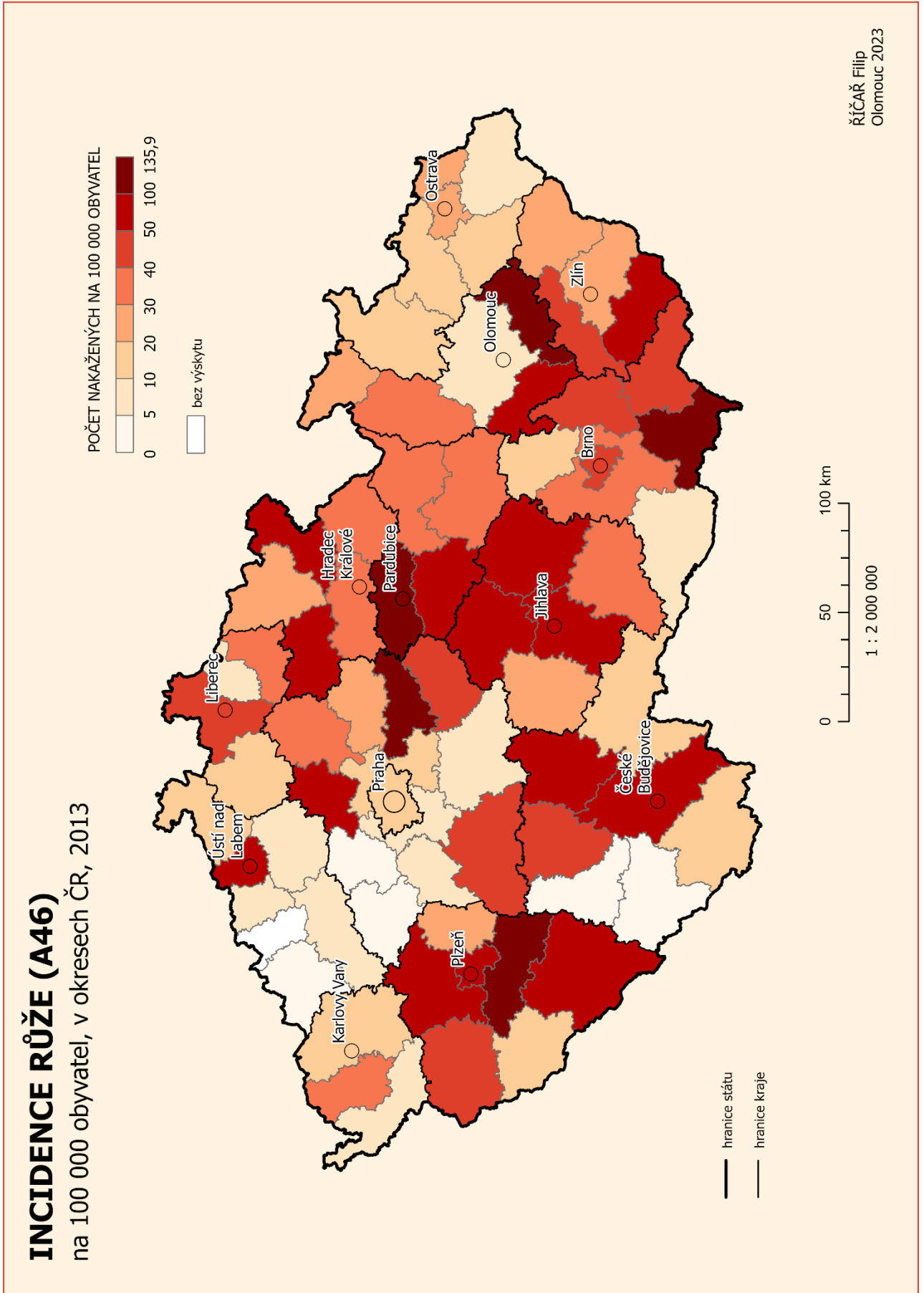
POČET NAKAŽENÝCH NA 100 000 OBYVATEL



bez výskytu



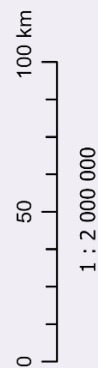
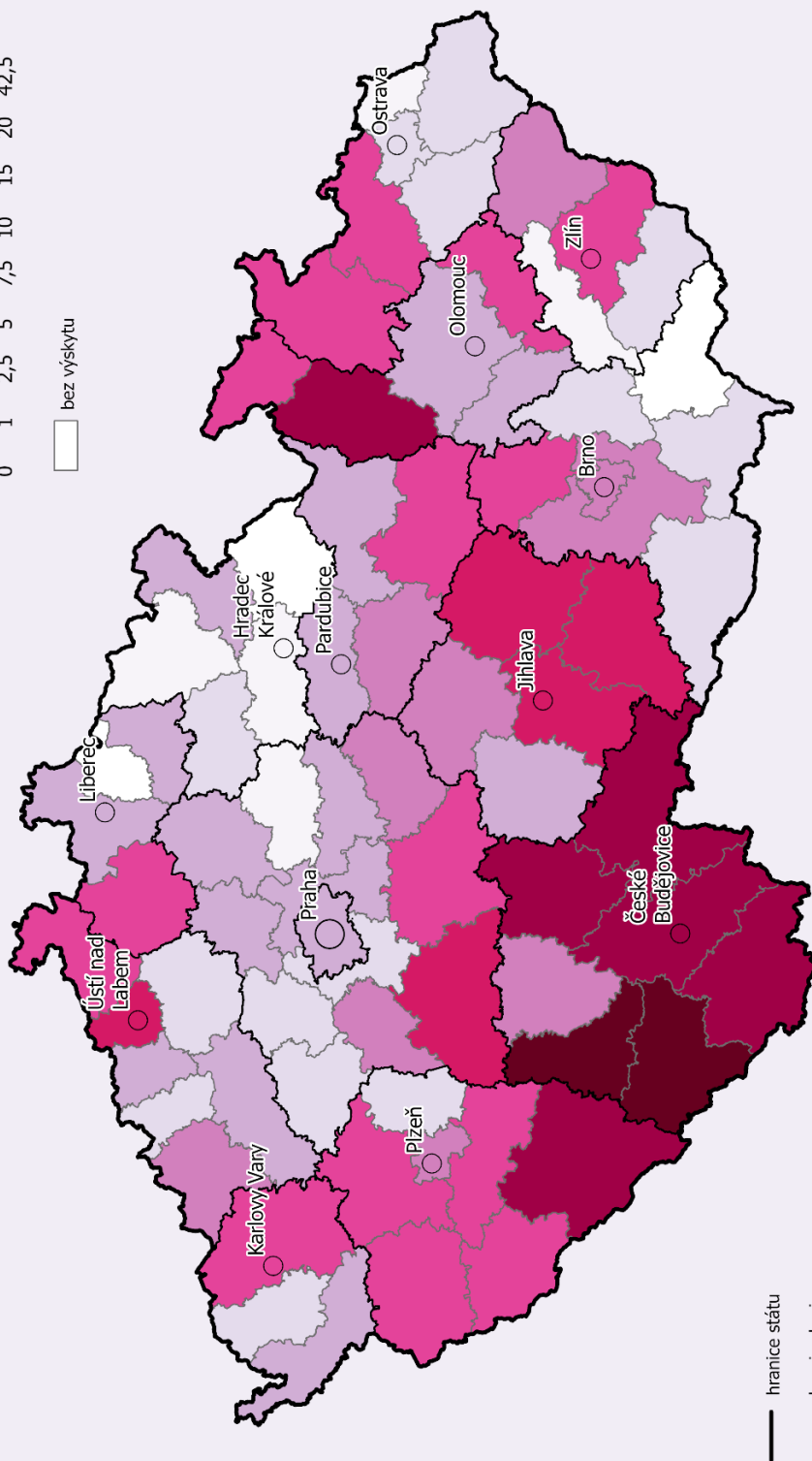
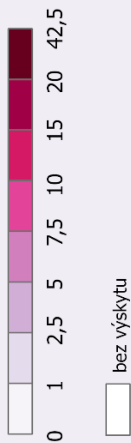




INCIDENCE VIROVÉ ENCEFALITIDY PŘENOSNÉ KLÍŠTATY (A84)

na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013

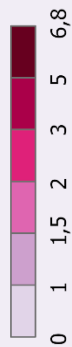
POČET NAKAŽENÝCH NA 100 000 OBYVATEL



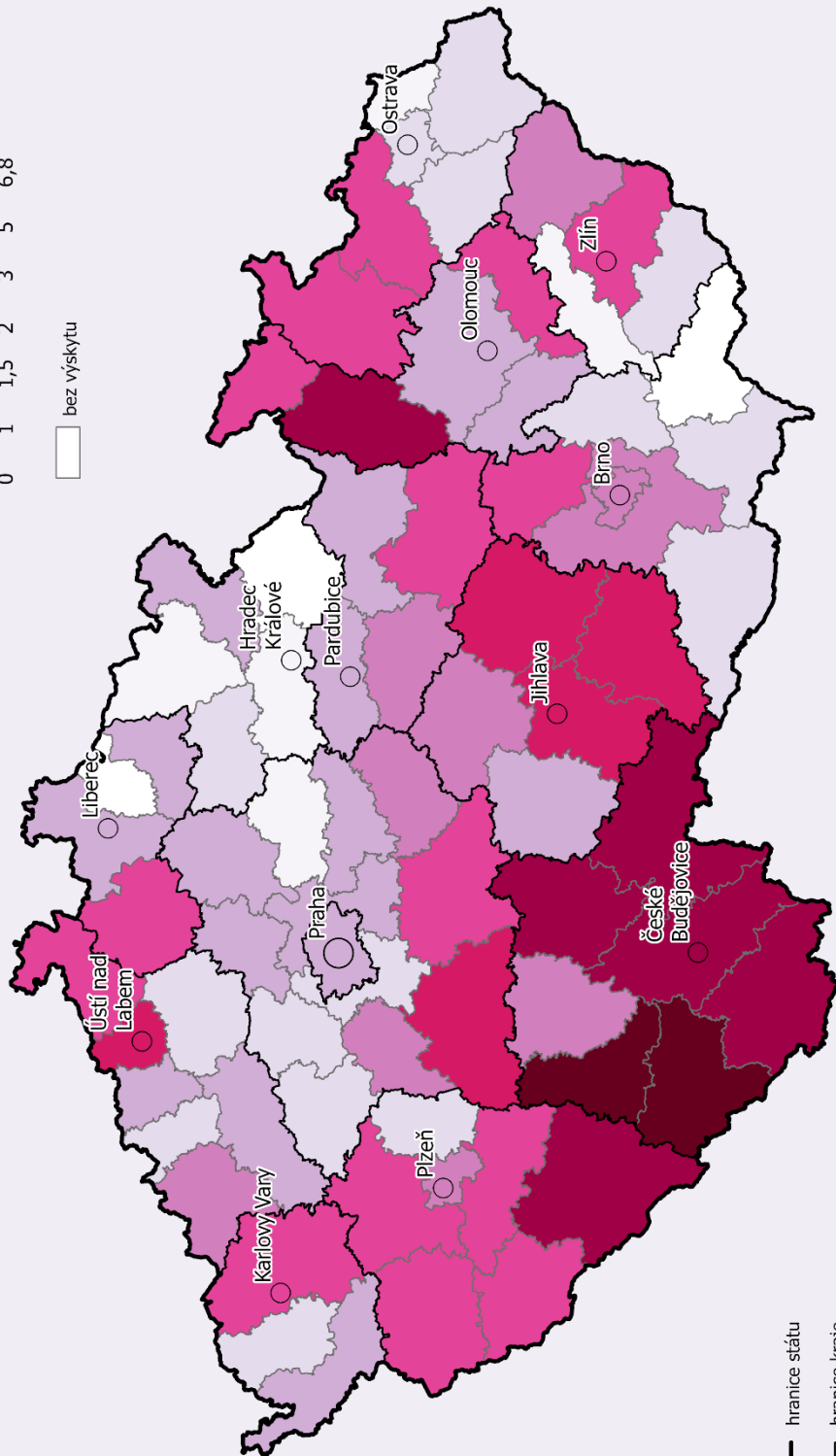
INCIDENCE BAKTERIÁLNIĽNÍĽ MENINGITID (A87)

na 100 000 obyvateľ, v okresech ĽR, 2013

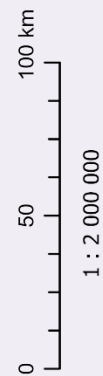
POĽET NAKAŹENÝĽ NA 100 000 OBYVATEĽ



bez výskytu

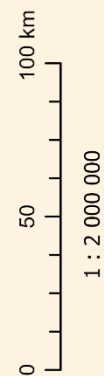
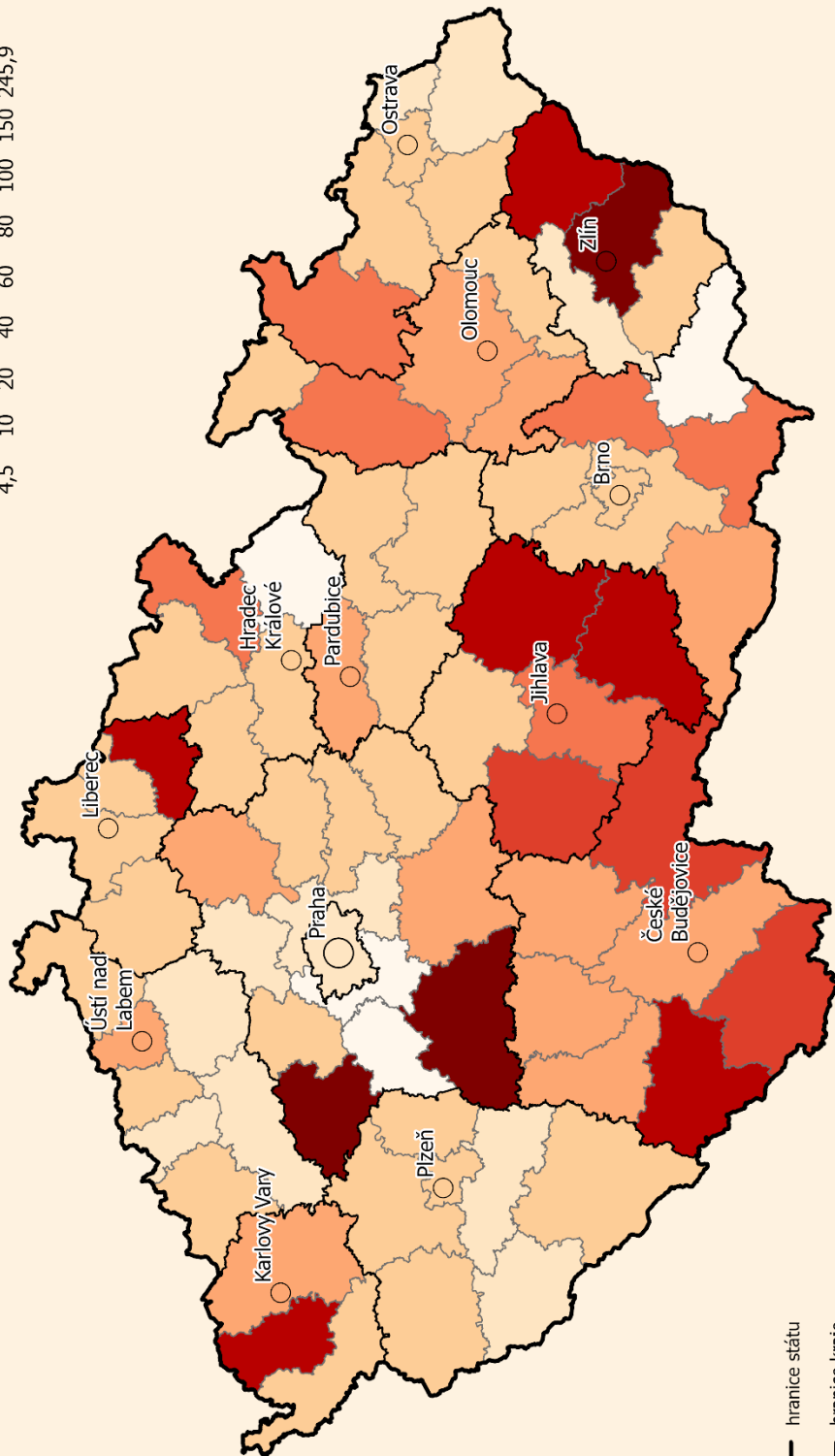
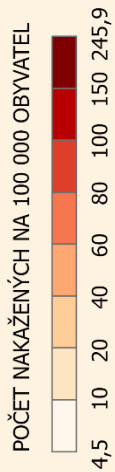


— hranice státu
— hranice kraje



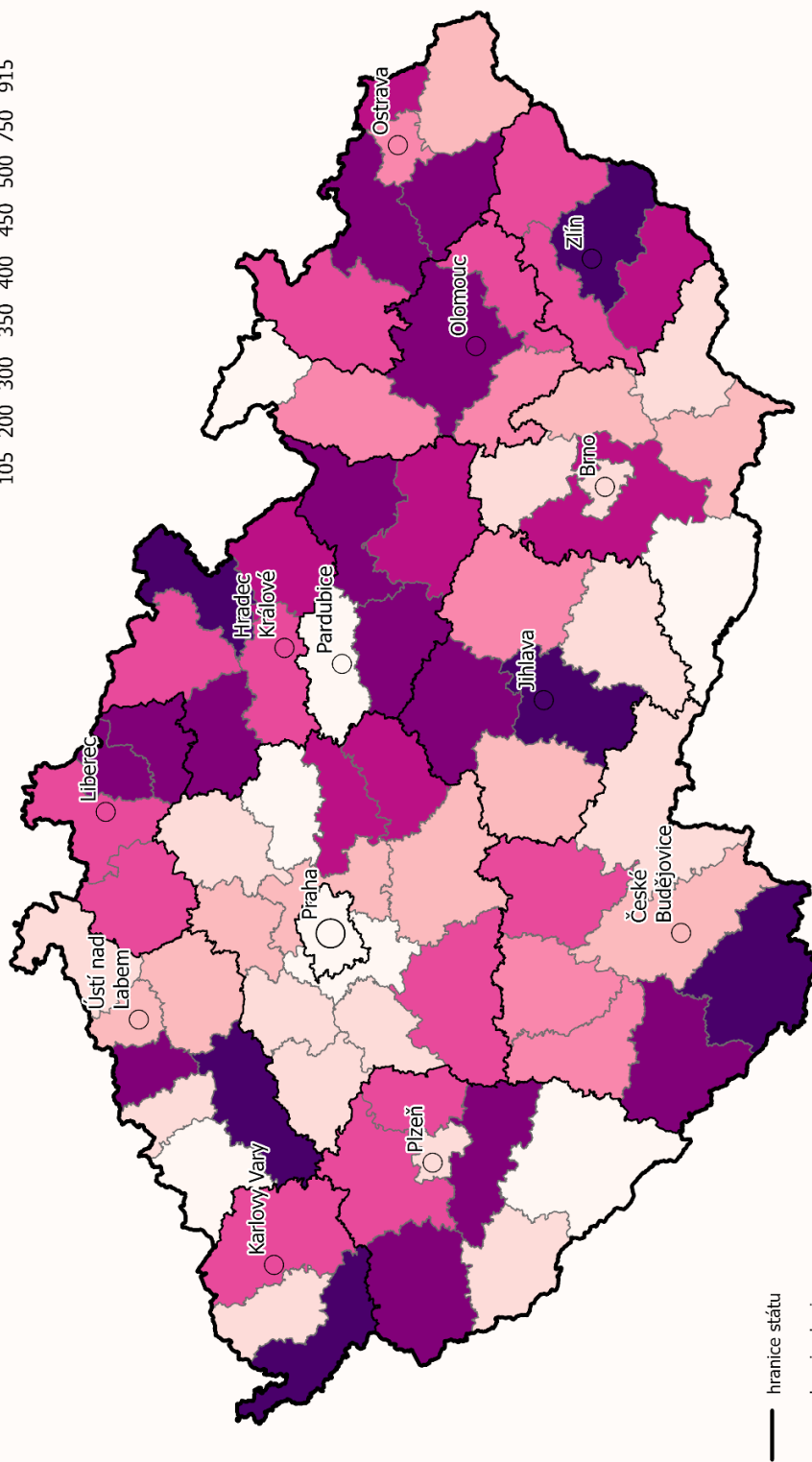
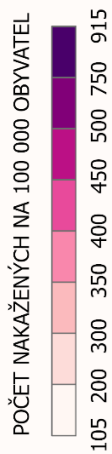
INCIDENCE LYMESKÉ NEMOCI (A69,2)

na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013

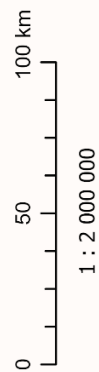


INCIDENCE PLANÉ NEŠTOVICE (B01)

na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013



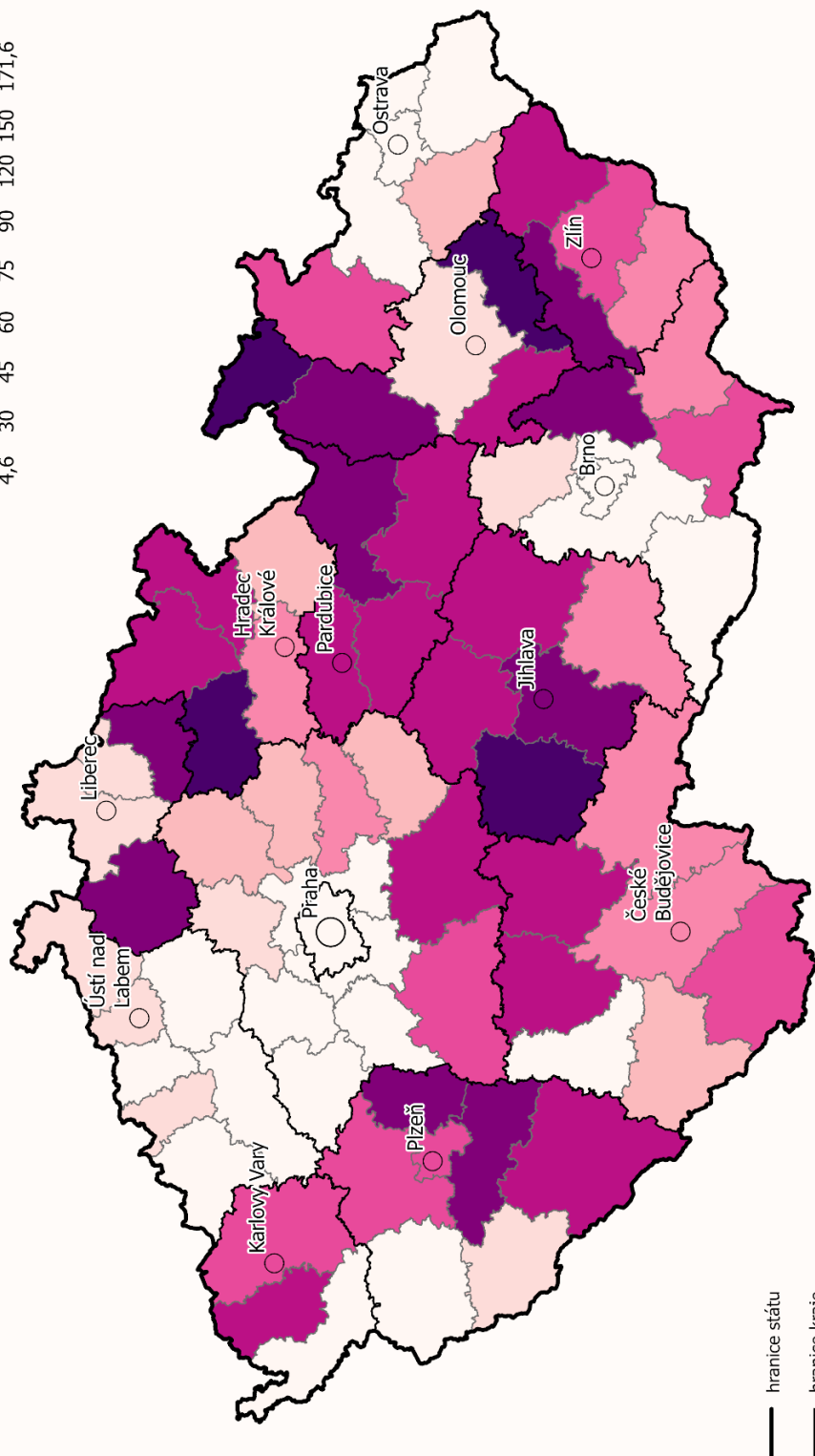
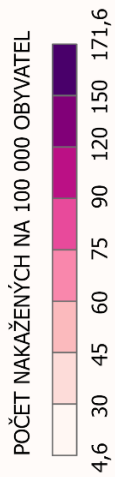
— hranice státu
— hranice kraje



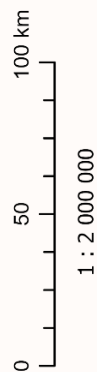
1 : 2 000 000

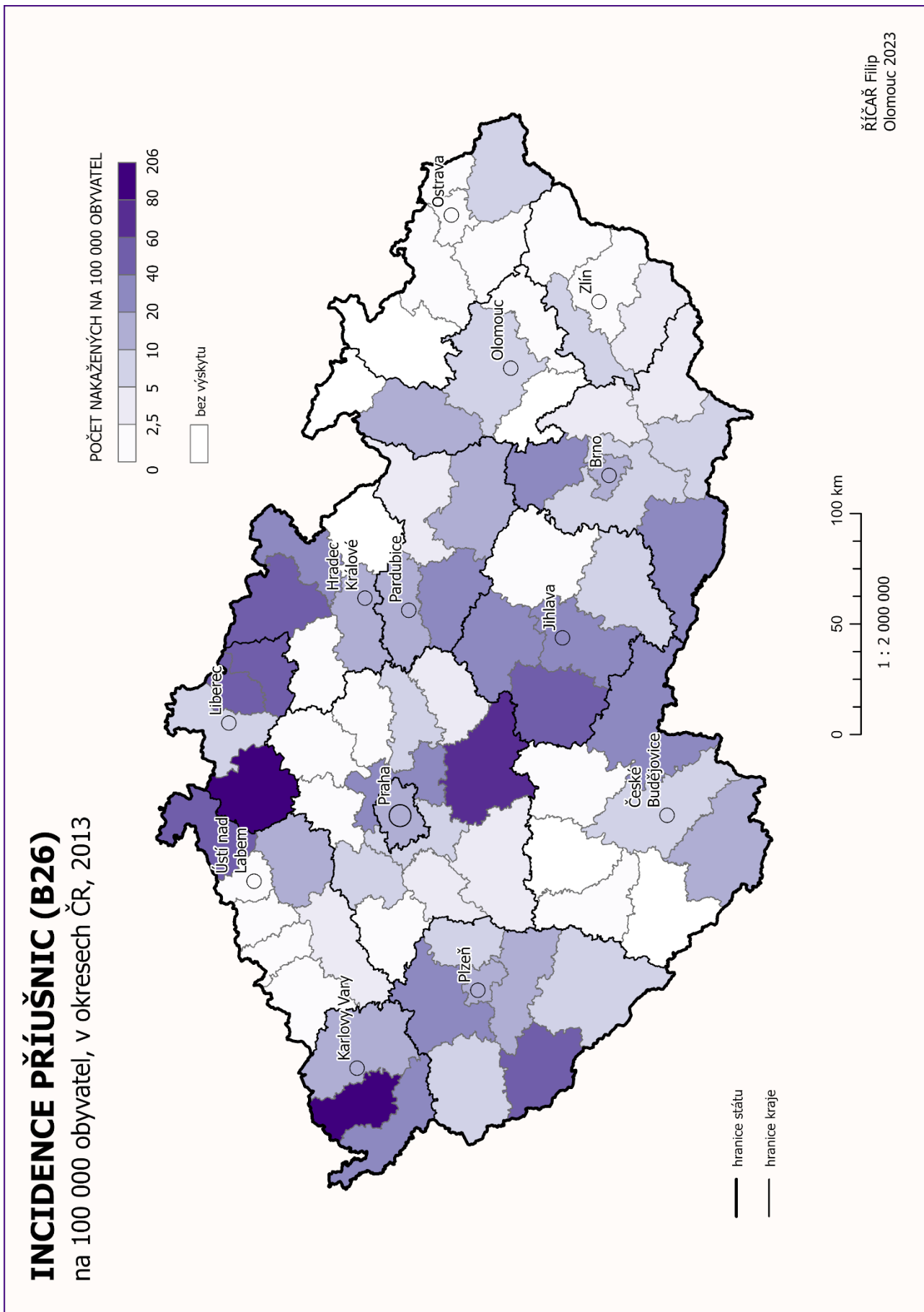
INCIDENCE PÁSOVÉHO OPARU (B02)

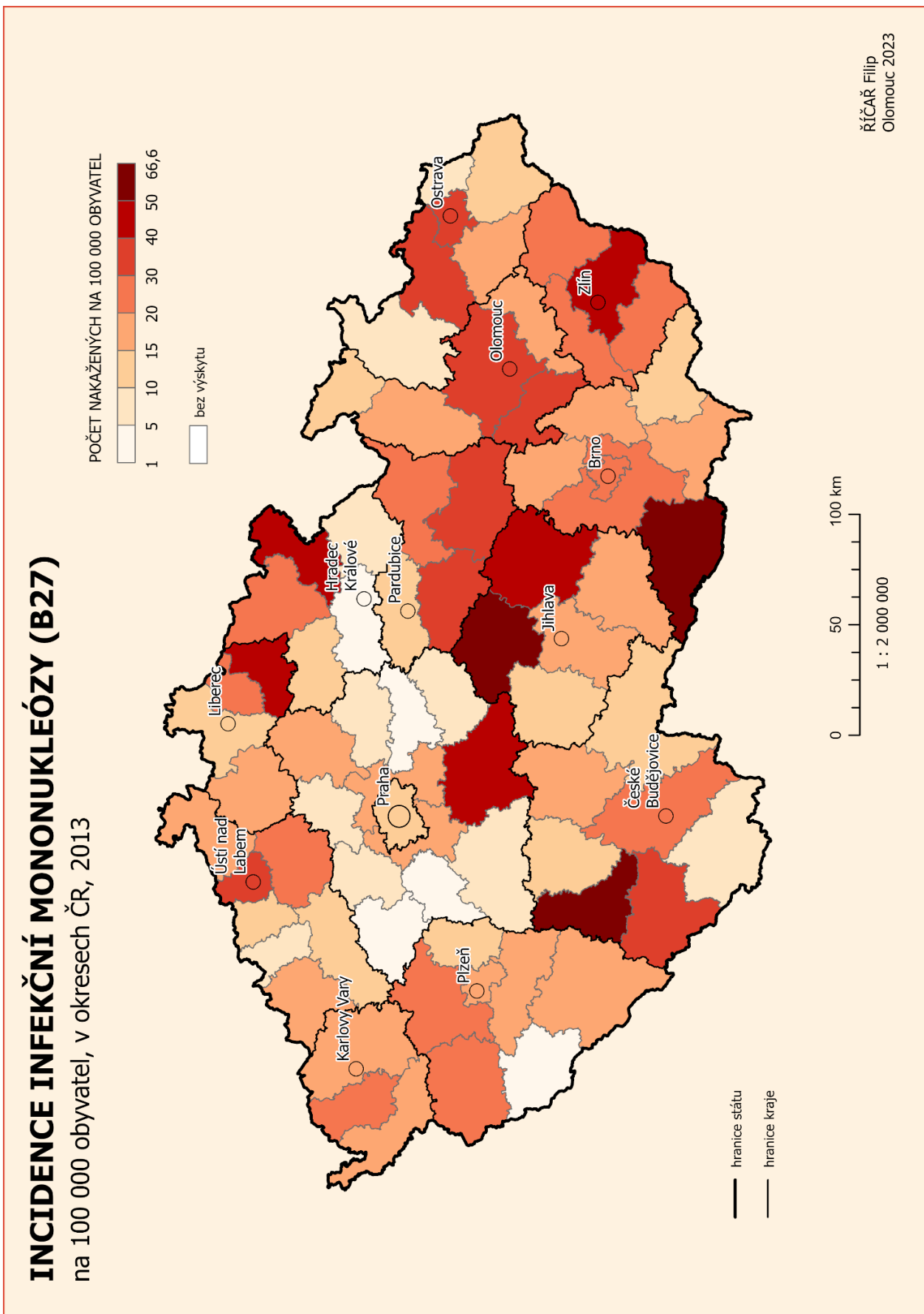
na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013

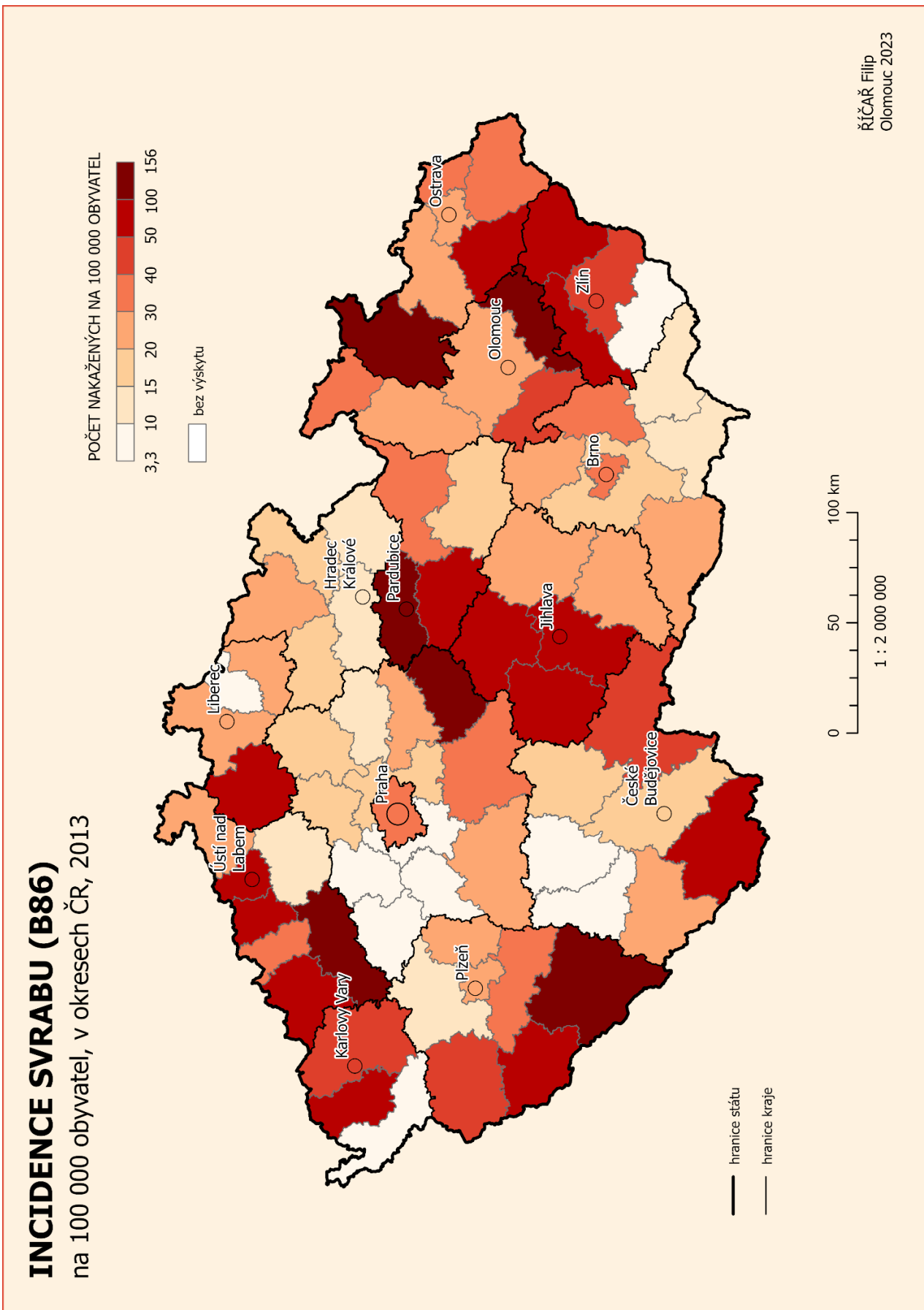


— hranice státu
— hranice kraje





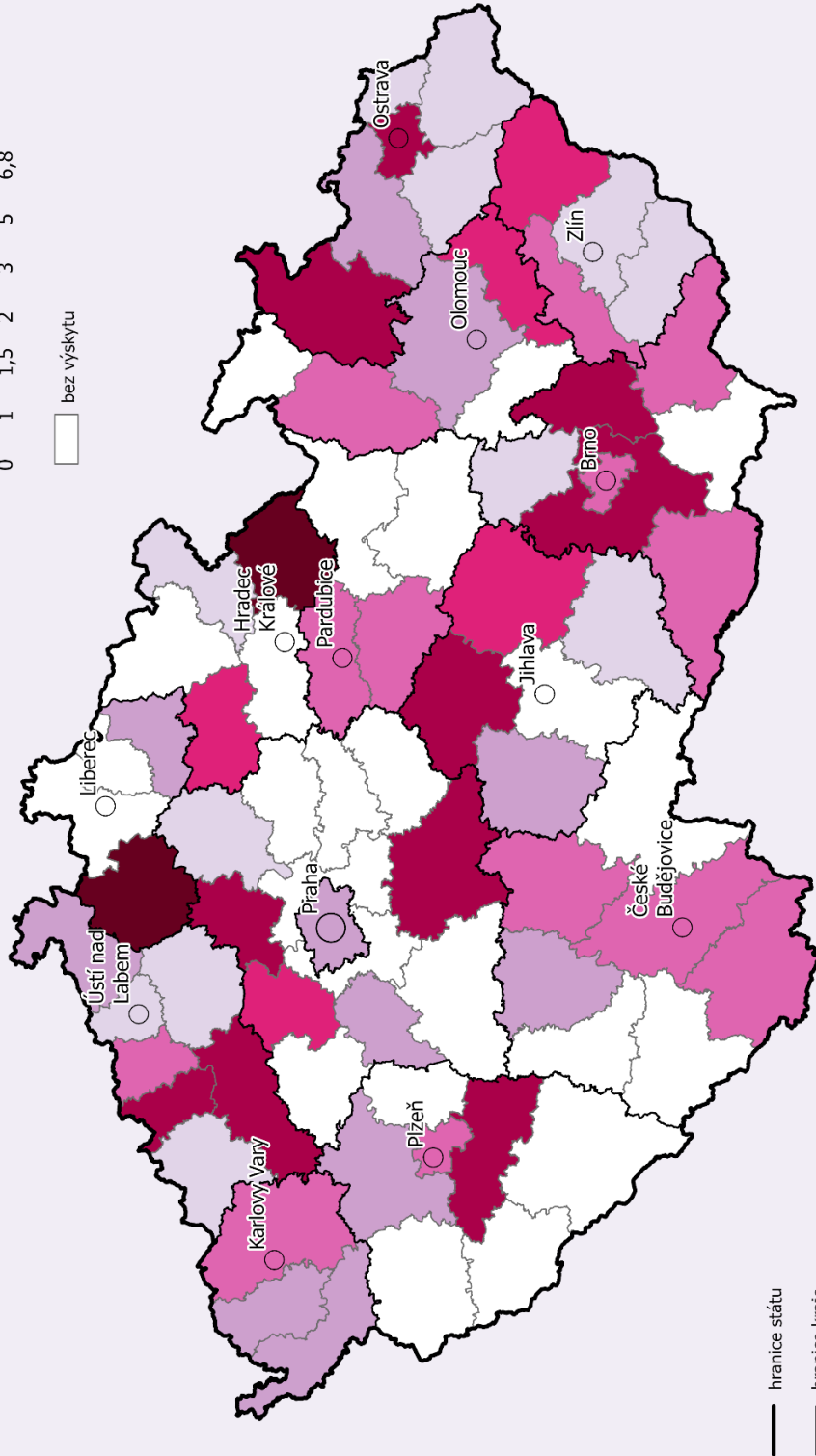
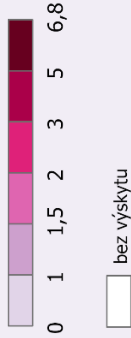




INCIDENCE BAKTERIÁLNÍ MENINGITIDY NEZÁŘEZENÉ JINAM (G00)

na 100 000 obyvatel, v okresech ČR, 2013

POČET NAKAŽENÝCH NA 100 000 OBYVATEL



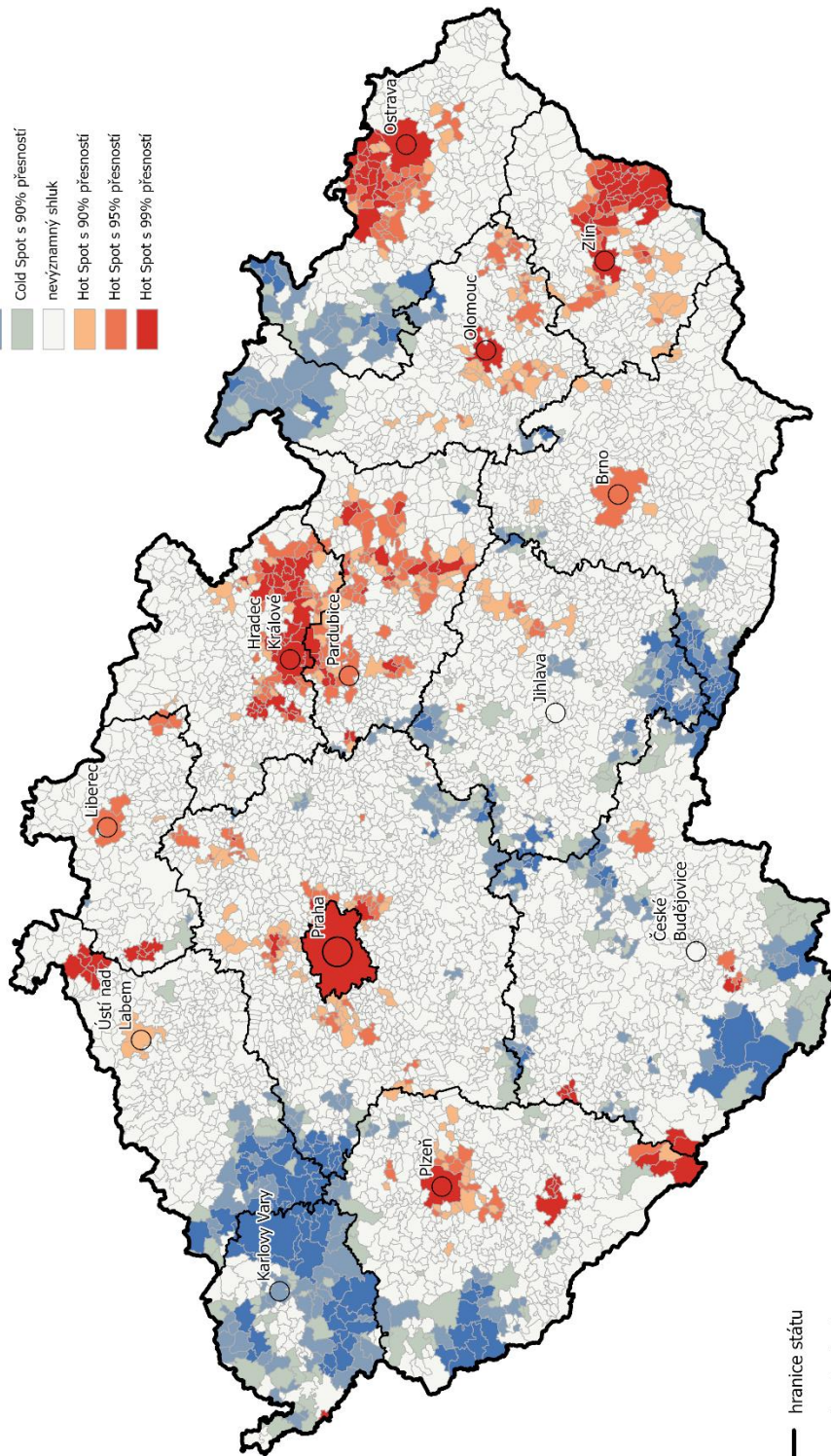
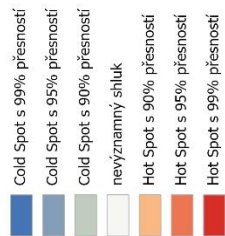
— hranice státu
— hranice kraje



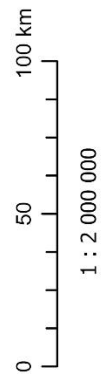
INCIDENCE COVID-19 NA TISÍC OBYVATEĽ

v obciach ČR, do 28.2. 2023

SHLUKY PODLE GETIS ORD G*



— hranice státu
— hranice kraje

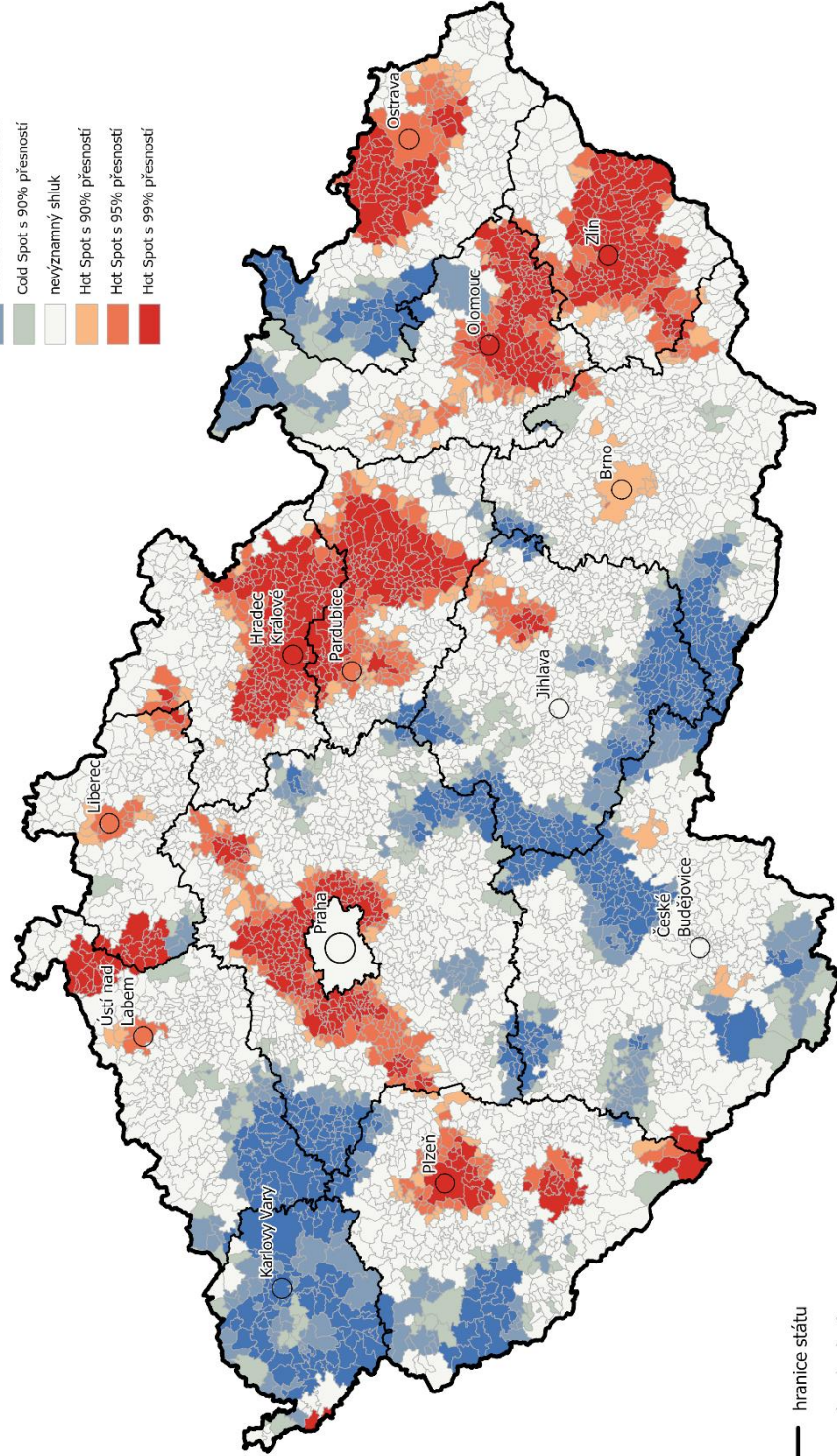


INCIDENCE COVID-19 NA TISÍC OBYVATEL

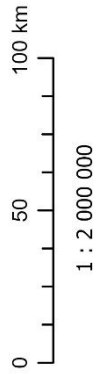
v obcích ČR, do 28.2. 2023

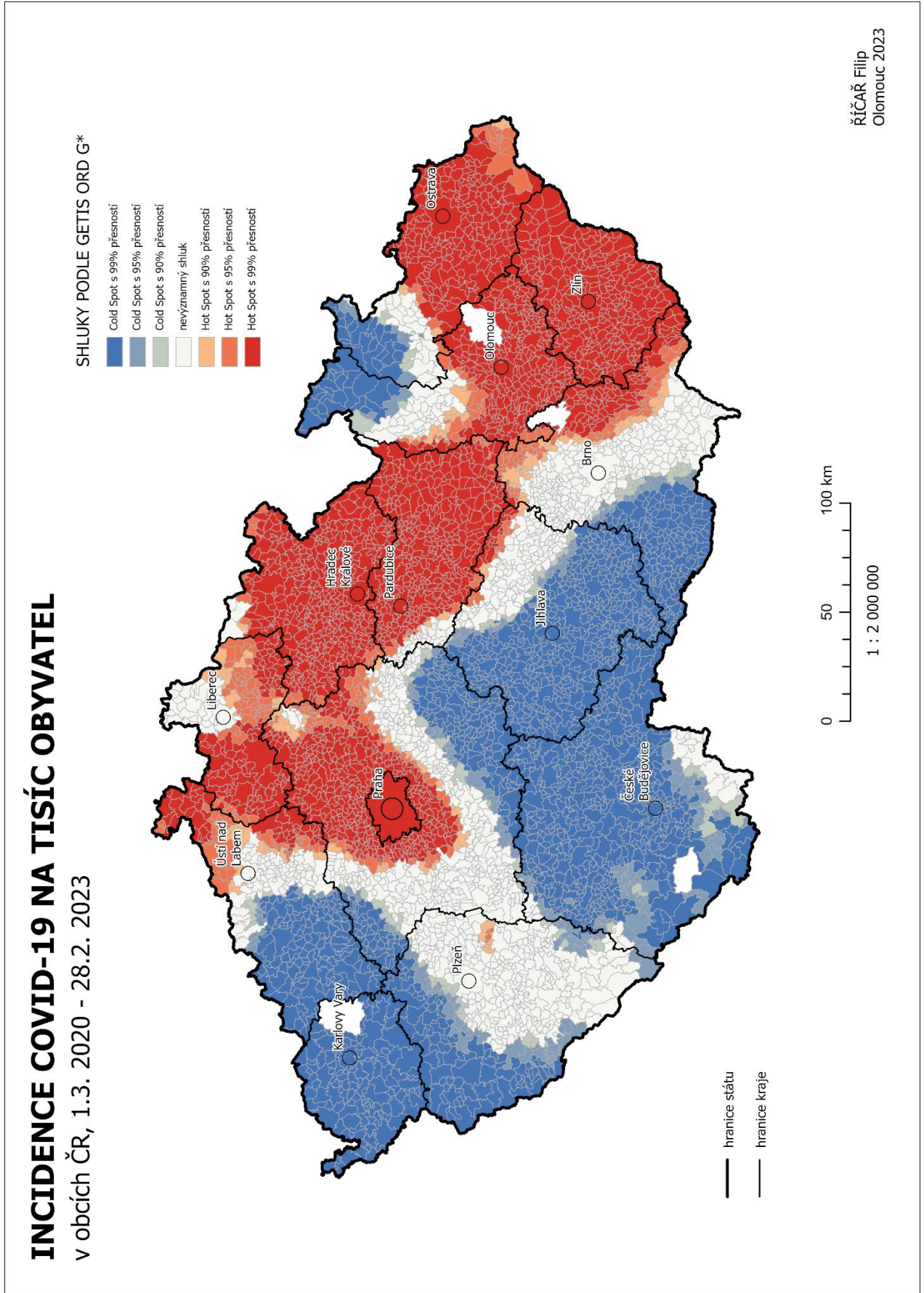
SHLUKY PODLE GETIS ORD G*

- Cold Spot s 99% přesností
- Cold Spot s 95% přesností
- Cold Spot s 90% přesností
- nevýznamný shluk
- Hot Spot s 90% přesností
- Hot Spot s 95% přesností
- Hot Spot s 99% přesností



- hranice státu
- hranice kraje

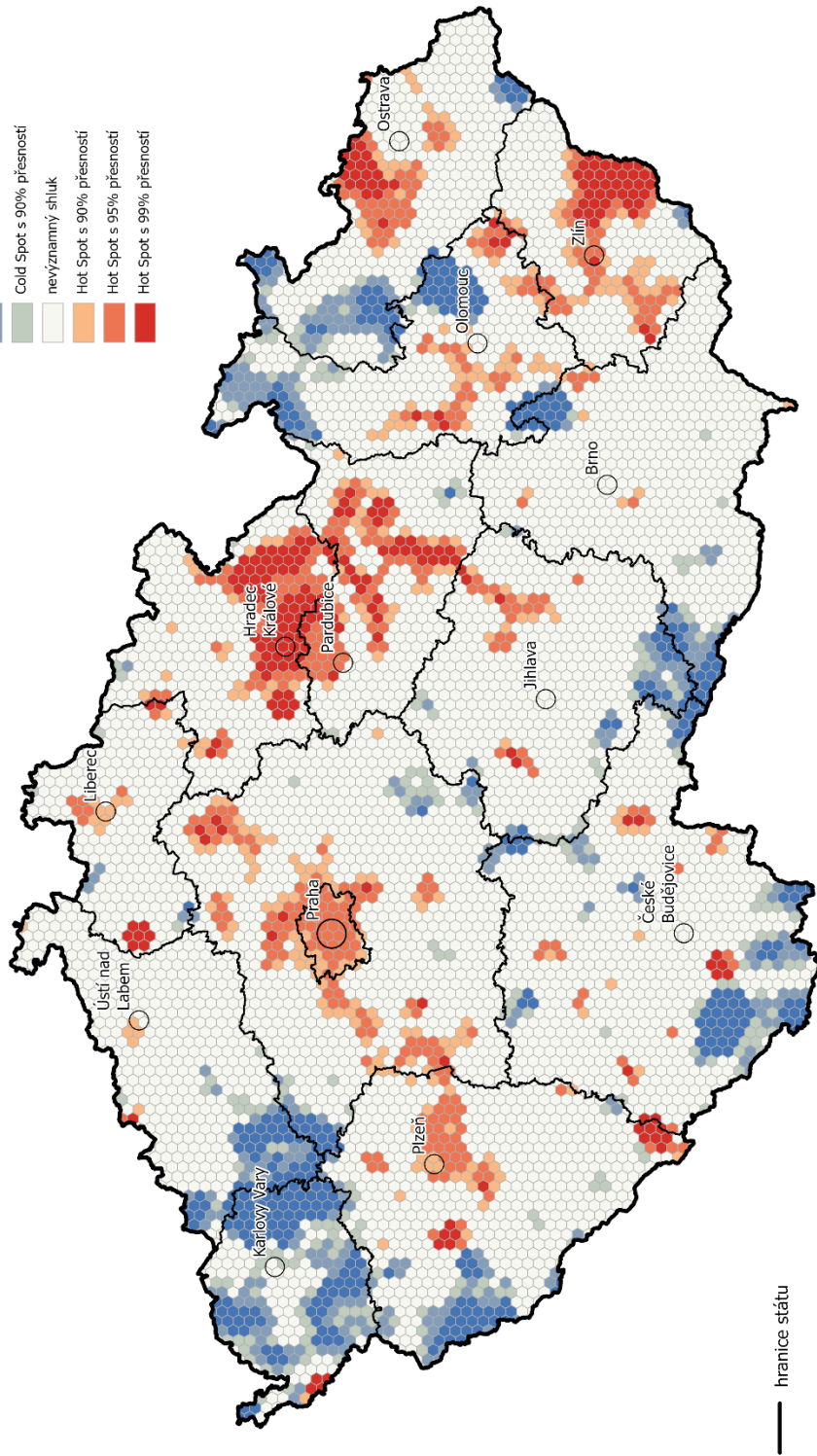
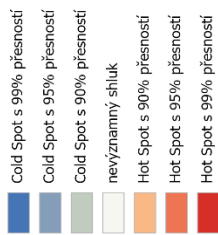




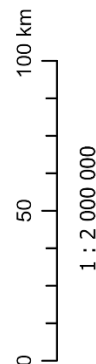
INCIDENCE COVID-19 NA TISÍC OBYVATEL

v hexagonální síti ČR, 1.3. 2020 - 28.2. 2023

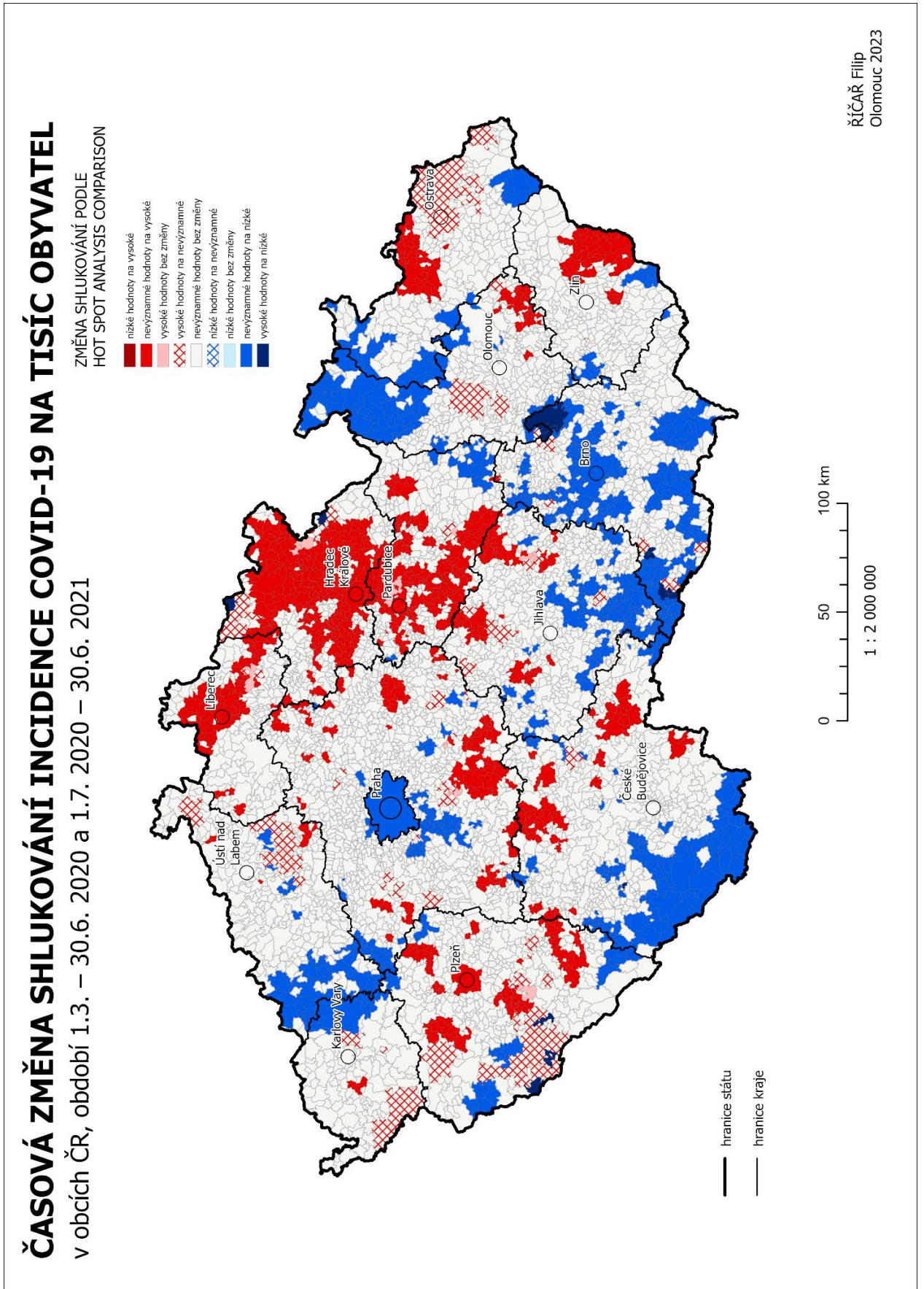
SHLUKY PODLE GETIS ORD G*



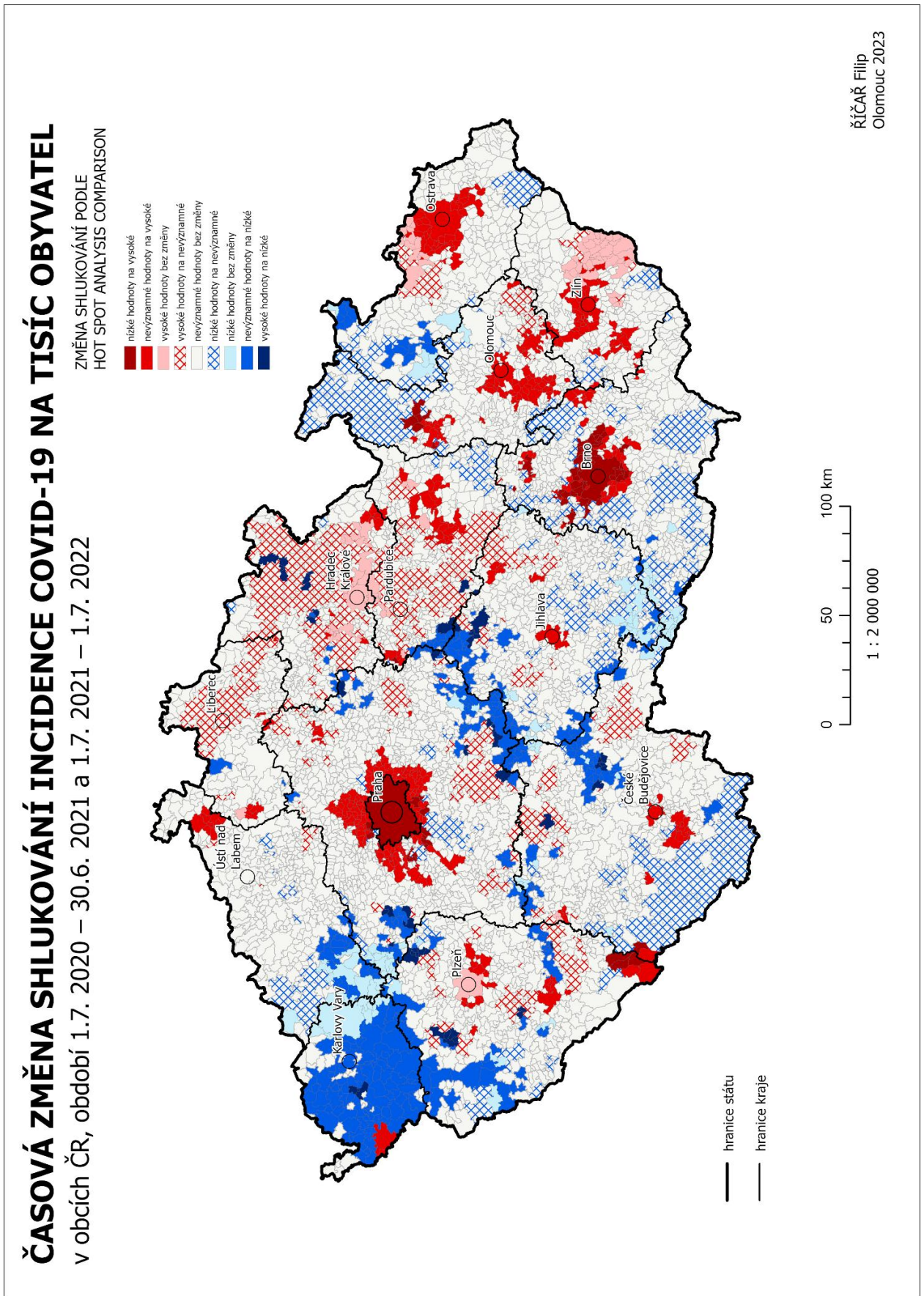
— hranice státu
— hranice kraje



Priloha 31 Časová změna shlukování incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, období 1.3. – 30.6. 2020 a 1.7. 2020 – 30.6. 2021 (HotSpotComparison1)



Príloha 32 Časová zmena shlukování incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, období 1.7. 2020 – 30.6. 2021 a 1.7. 2021 – 30.6. 2022 (HotSpotComparison2)

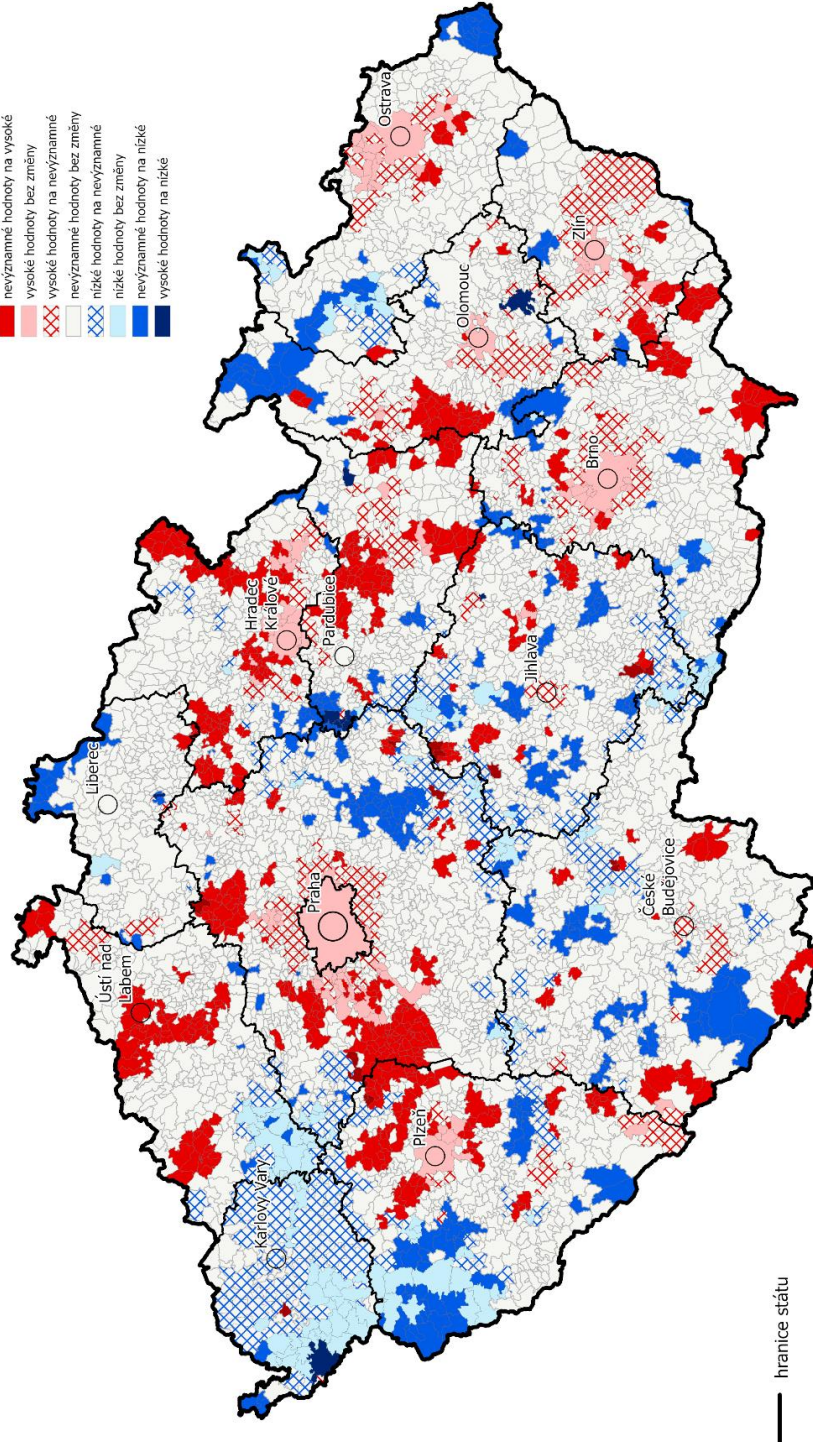
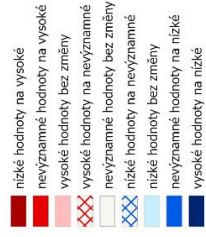


Priloha 33 Časová změna shlukování incidence COVID-19 na tisíc obyvatel v obcích ČR, období 1.7. 2021 – 30.6. 2022 a 1.7. 2022 – 28.2. 2023 (HotSpotComparison3)

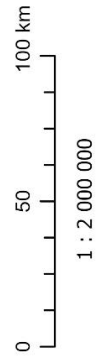
ČASOVÁ ZMĚNA SHLUKOVÁNÍ INCIDENCE COVID-19 NA TISÍC OBYVATEL

v obcích ČR, období 1.7. 2021 – 30.6. 2022 a 1.7. 2022 – 28.2. 2023

ZMĚNA SHLUKOVÁNÍ PODLE
HOT SPOT ANALYSIS COMPARISON



— hranice státu
— hranice kraje

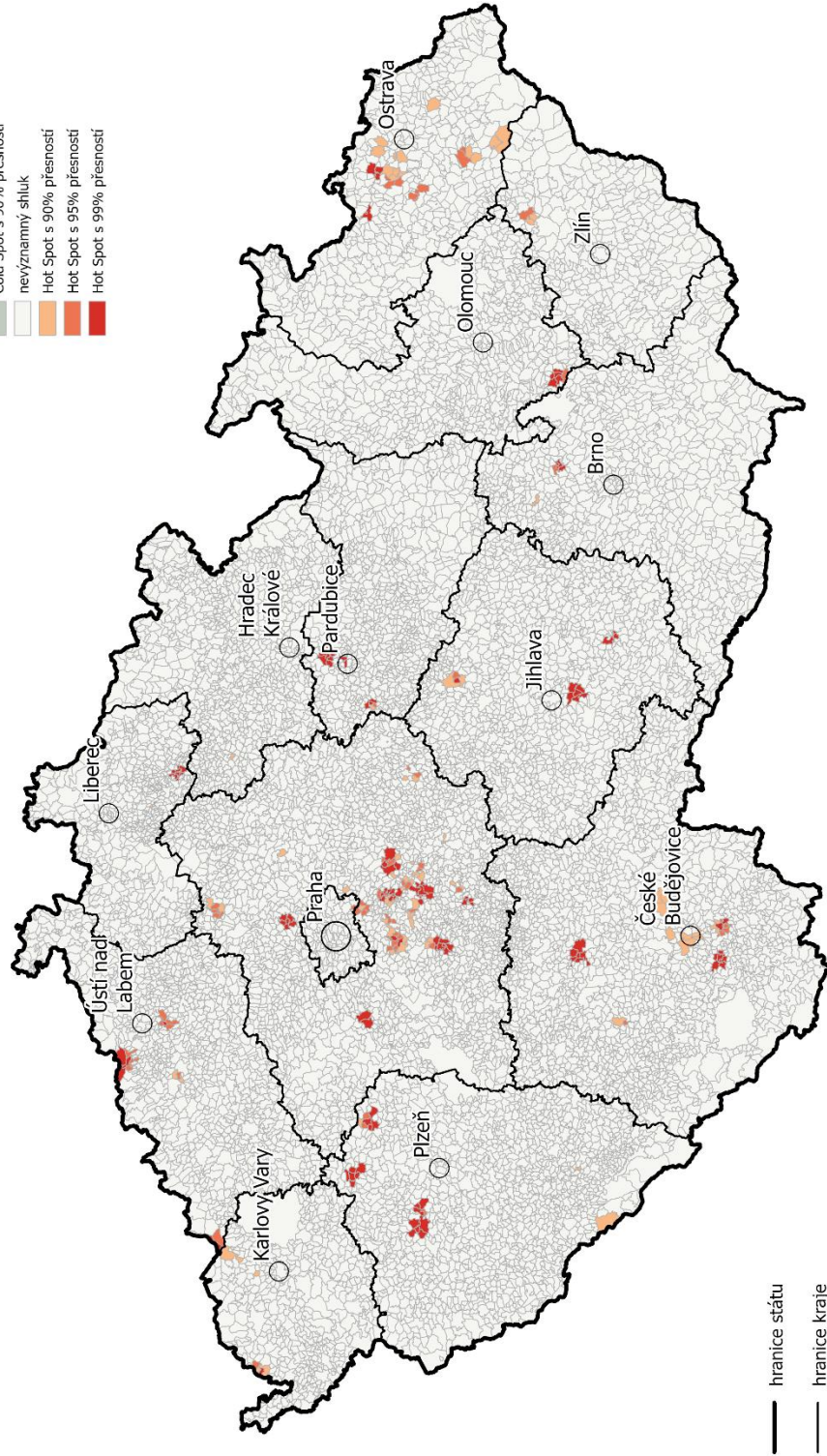
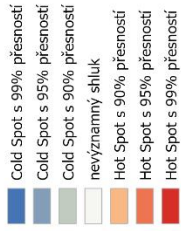


ŘÍČAŘ Filip
Olomouc 2023

VYHLAZENÁ PRŮMĚRNÁ PREVALENCE KAMPYLOBAKTERIÍ

v částech obcí ČR, 2008 - 2012

SHLUKY PODLE GETIS ORD G*



— hranice státu
— hranice kraje

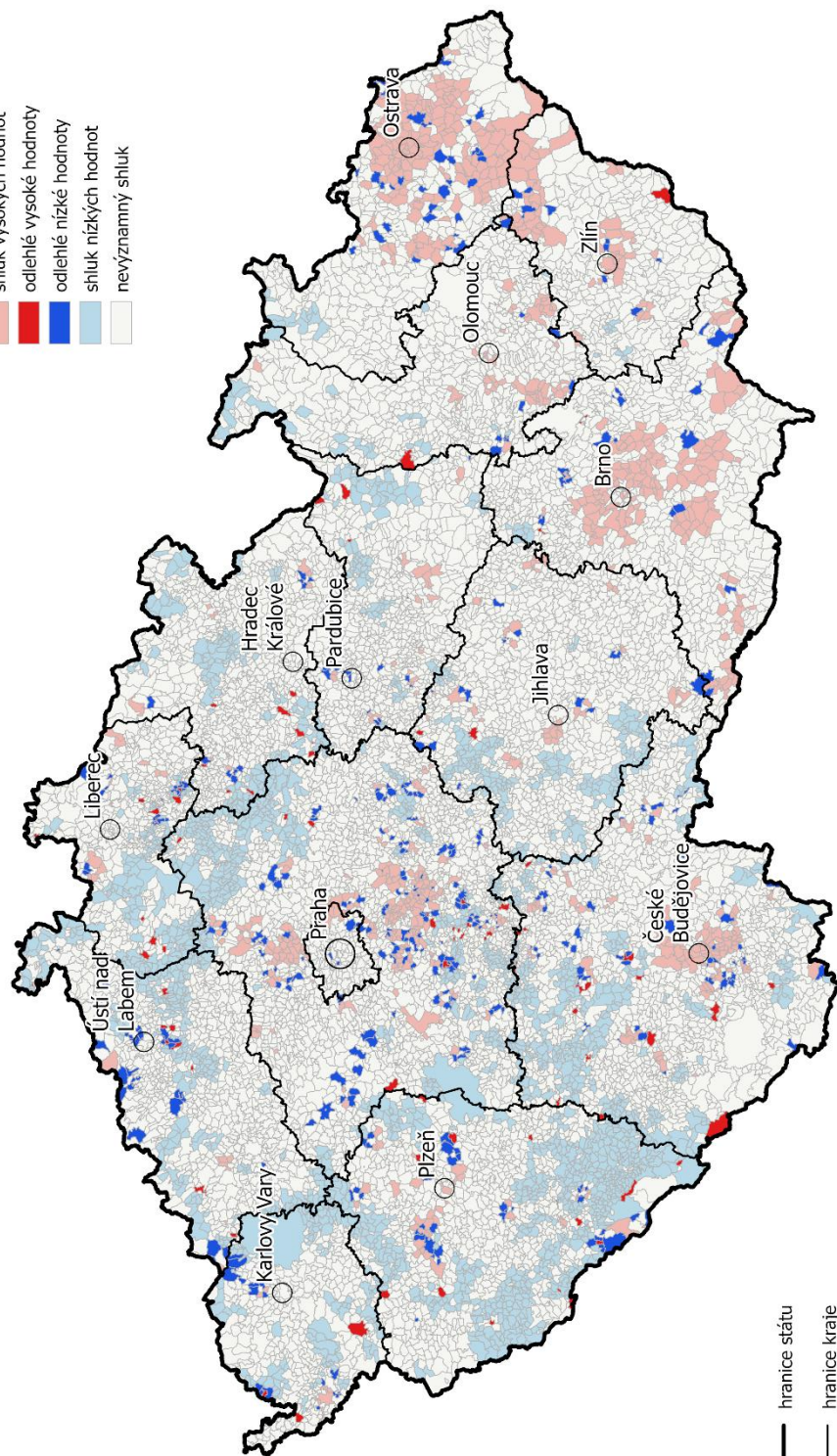
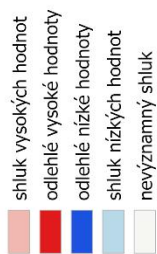


1 : 2 000 000

VYHLAZENÁ PRŮMĚRNÁ PREVALENCE KAMPYLOBAKTERIÍ

v částech obcí ČR, 2008 - 2012

SHLUKY PODLE ANSELINOVA LOKÁLNÍHO MORANOVA I



— hranice státu
— hranice kraje

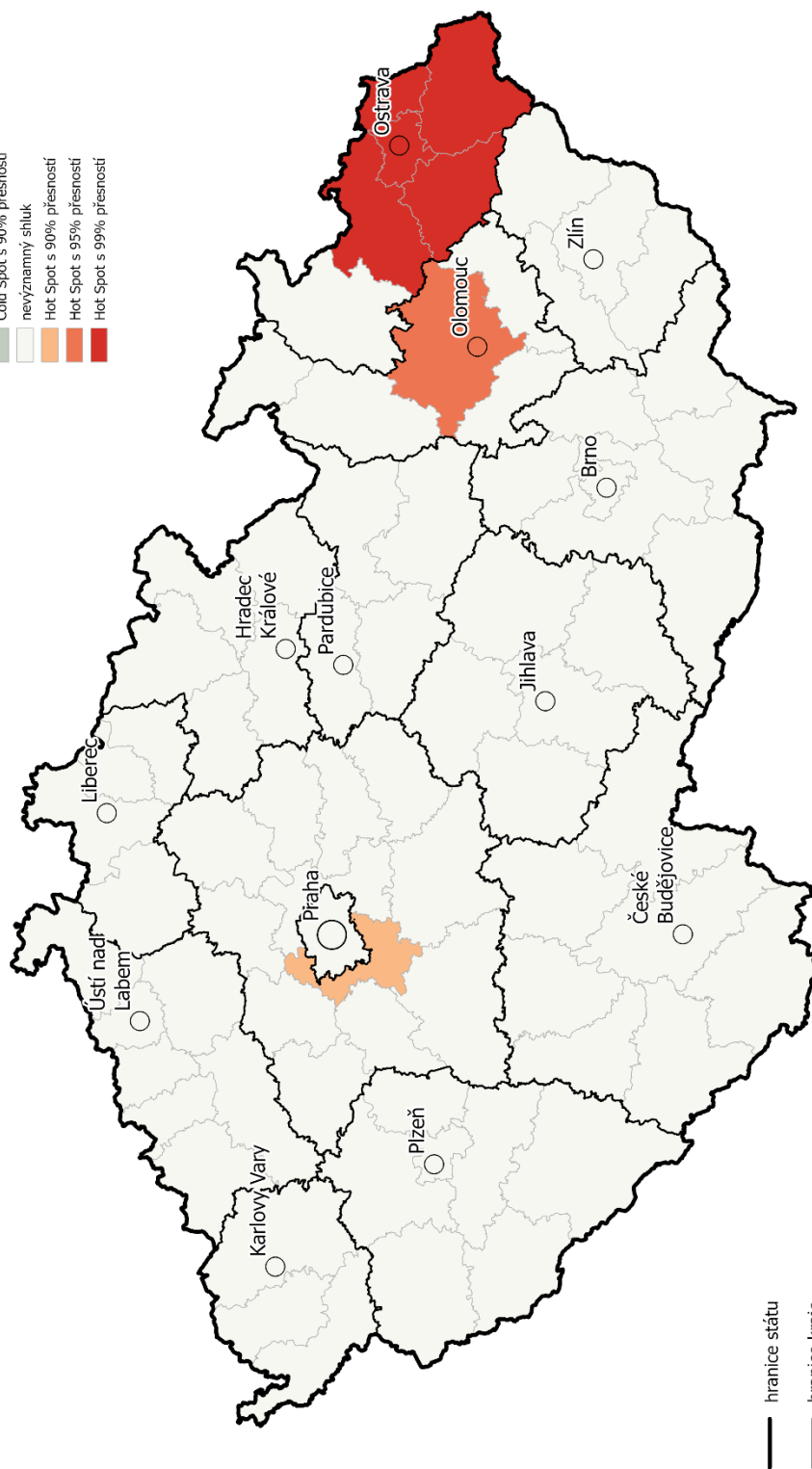


INCIDENCE SHIGELÓZY NA 100 TISÍC OBYVATEL

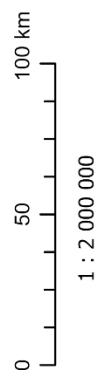
v okresech ČR, 2013

SHLUKY PODLE GETIS ORD G*

- Cold Spot s 99% přesností
- Cold Spot s 95% přesností
- Cold Spot s 90% přesností
- nevýznamný shluk
- Hot Spot s 90% přesností
- Hot Spot s 95% přesností
- Hot Spot s 99% přesností



- hranice státu
- hranice kraje

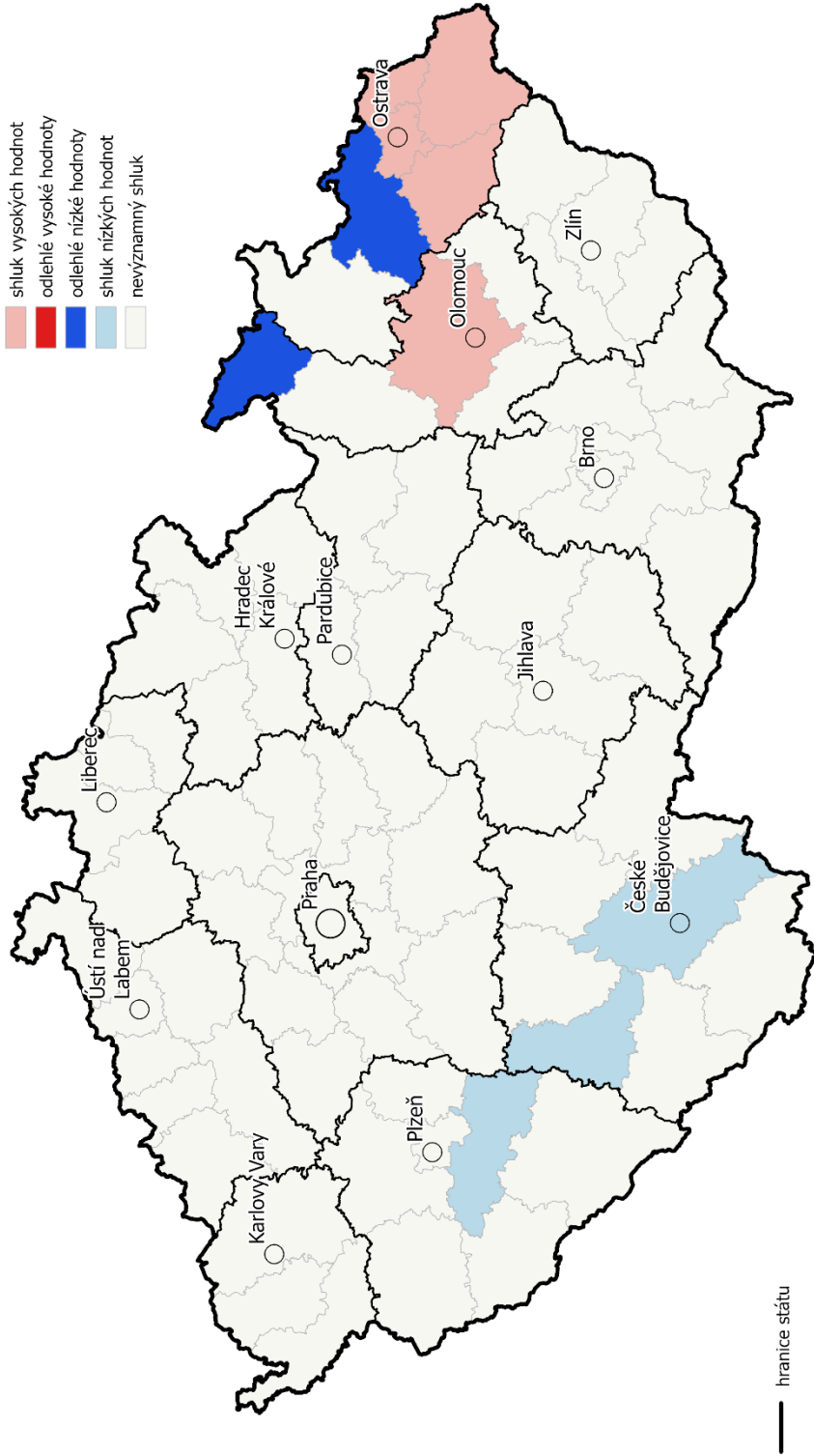


INCIDENCE SHIGELÓZY NA 100 TISÍC OBYVATEL

v okresech ČR, 2013

SHLUKY PODLE ANSELINOVA MORANOVA I

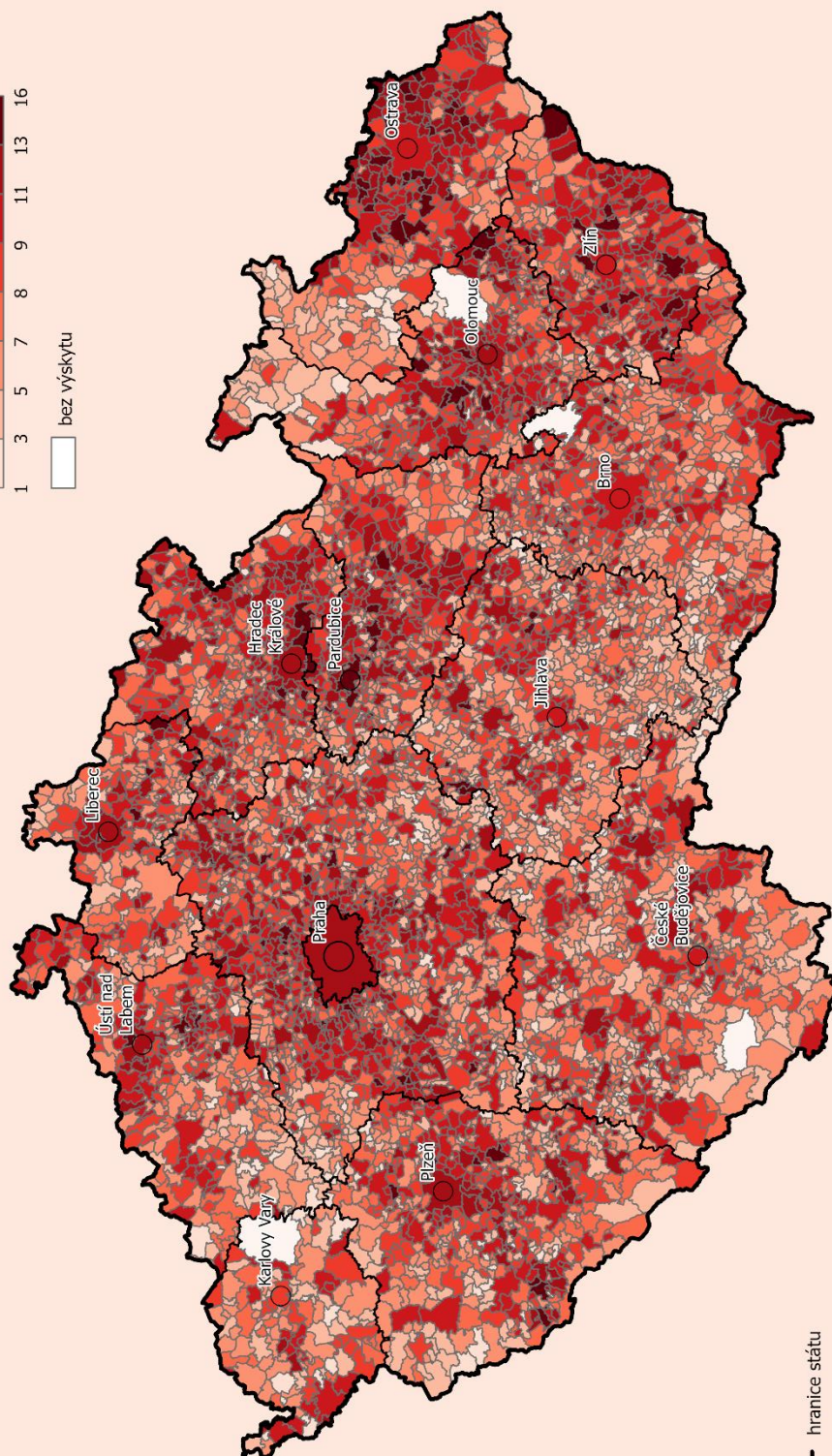
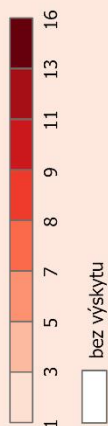
- shluk vysokých hodnot
- odlehle vysoké hodnoty
- odlehle nízké hodnoty
- shluk nízkých hodnot
- nevýznamný shluk



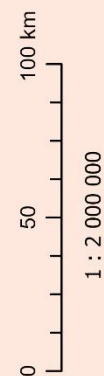
BODOVÉ OHODNOCENÍ OBCÍ DLE VÝSKYTU COVID-19

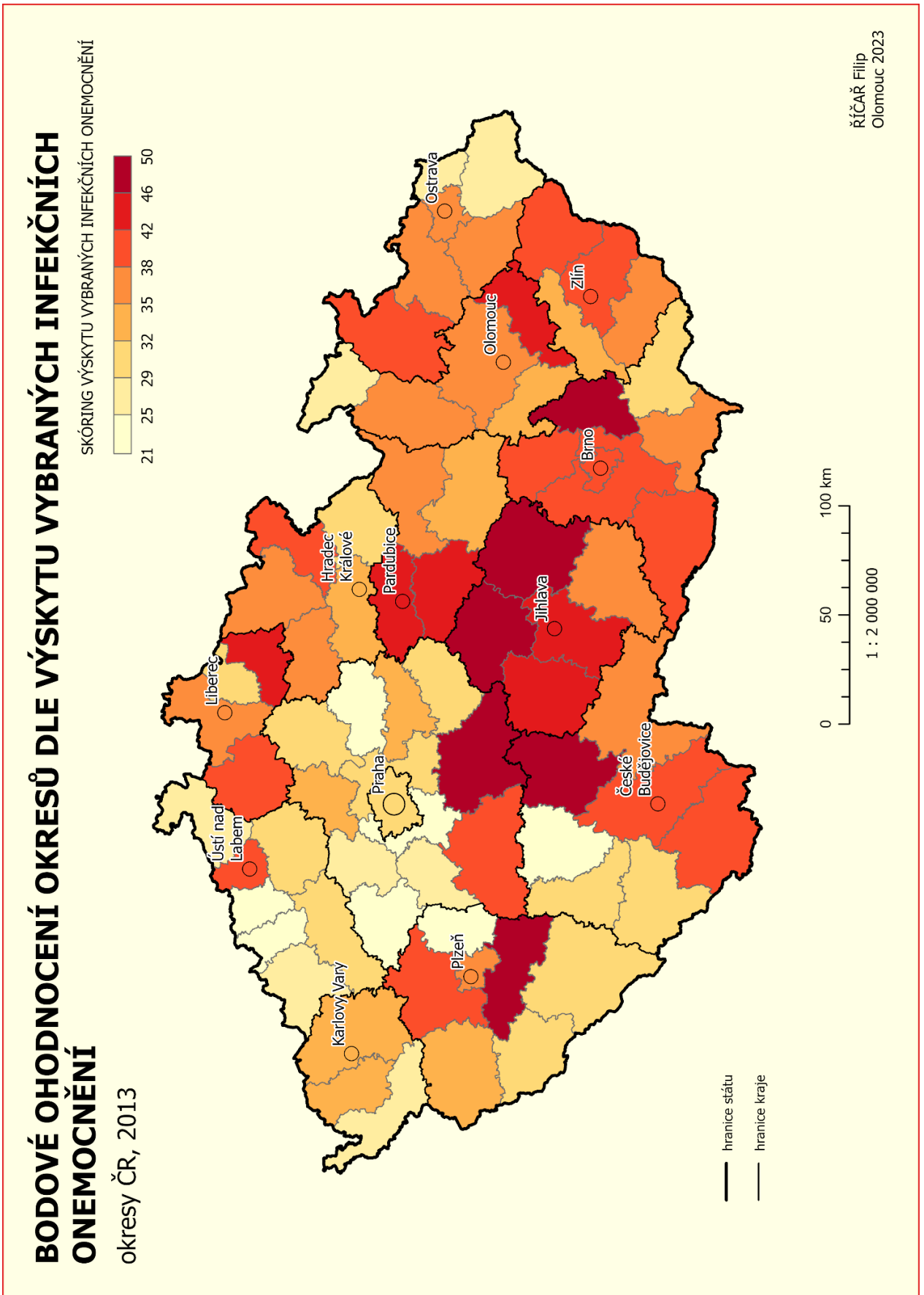
obce ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023

SKÓRING VÝSKYTU NEMOCE COVID-19



— hranice státu
— hranice kraje

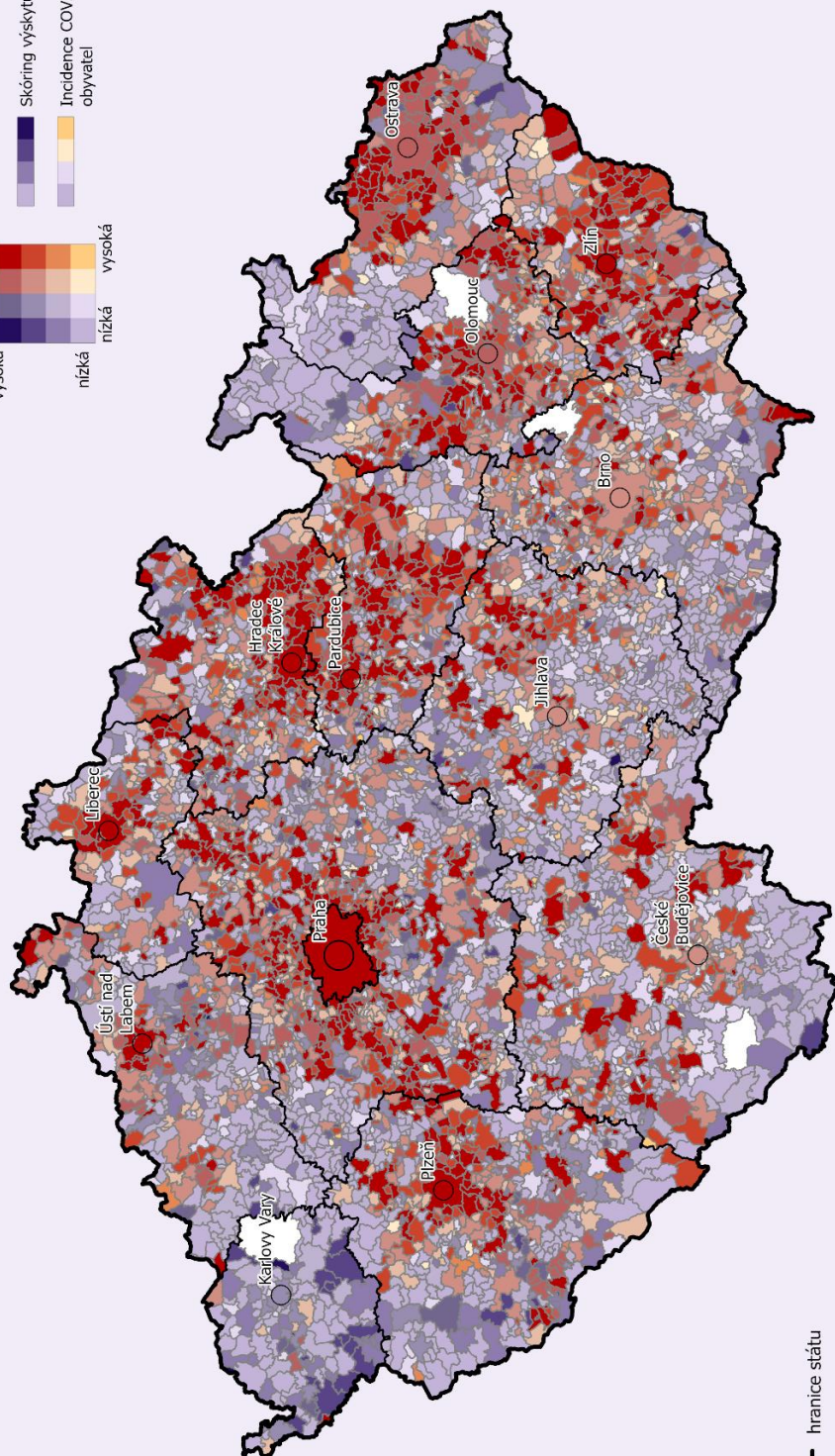
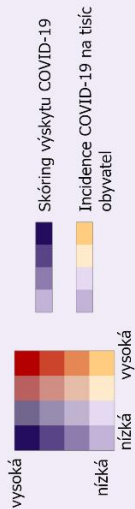




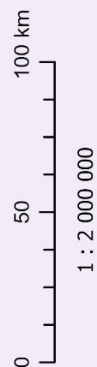
INCIDENCE A BODOVÉ OHODNOCENÍ VÝSKYTU COVID-19

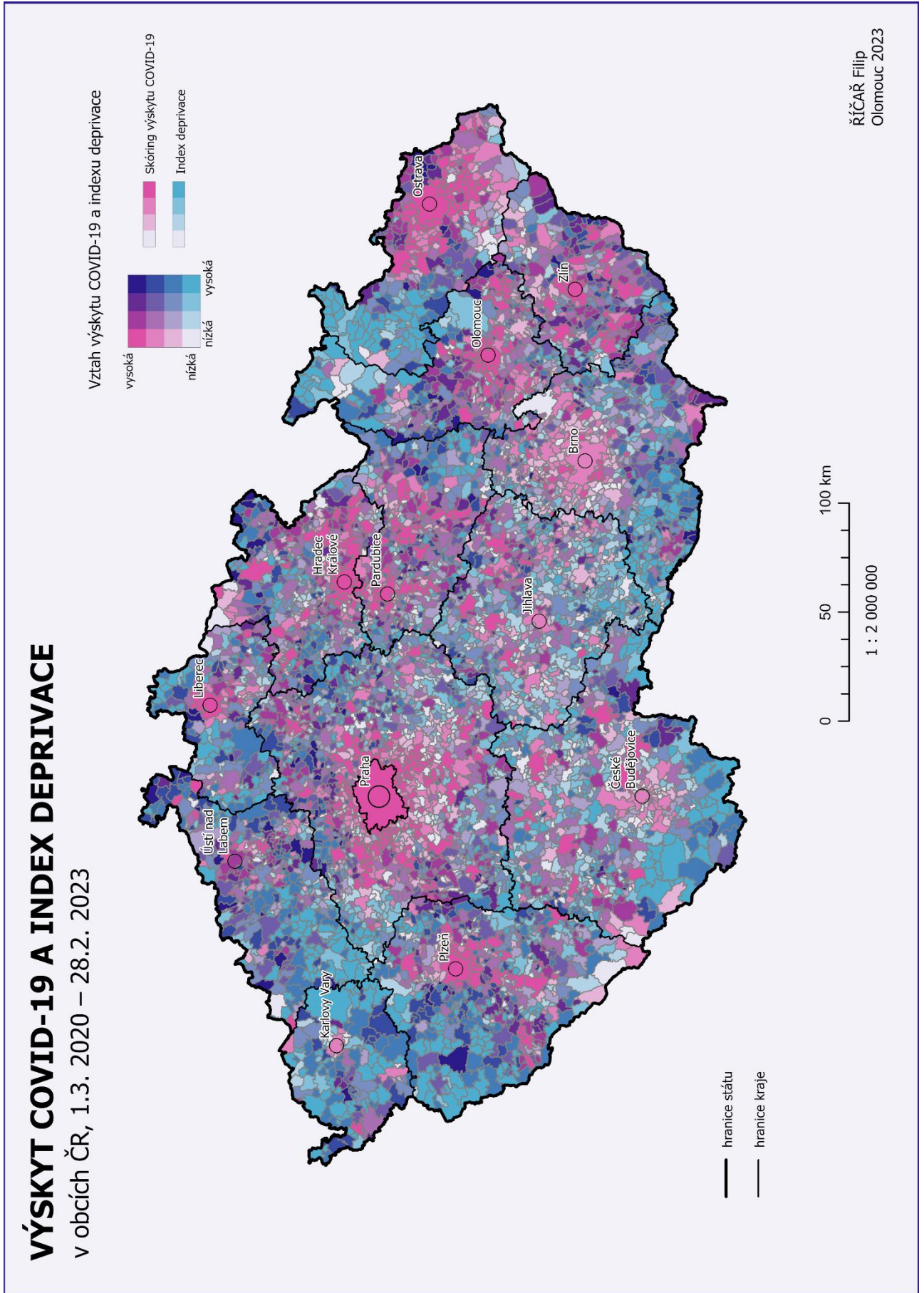
v obcích ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023

Vztah skóringu COVID-19 a incidence na tisíc obyvatel



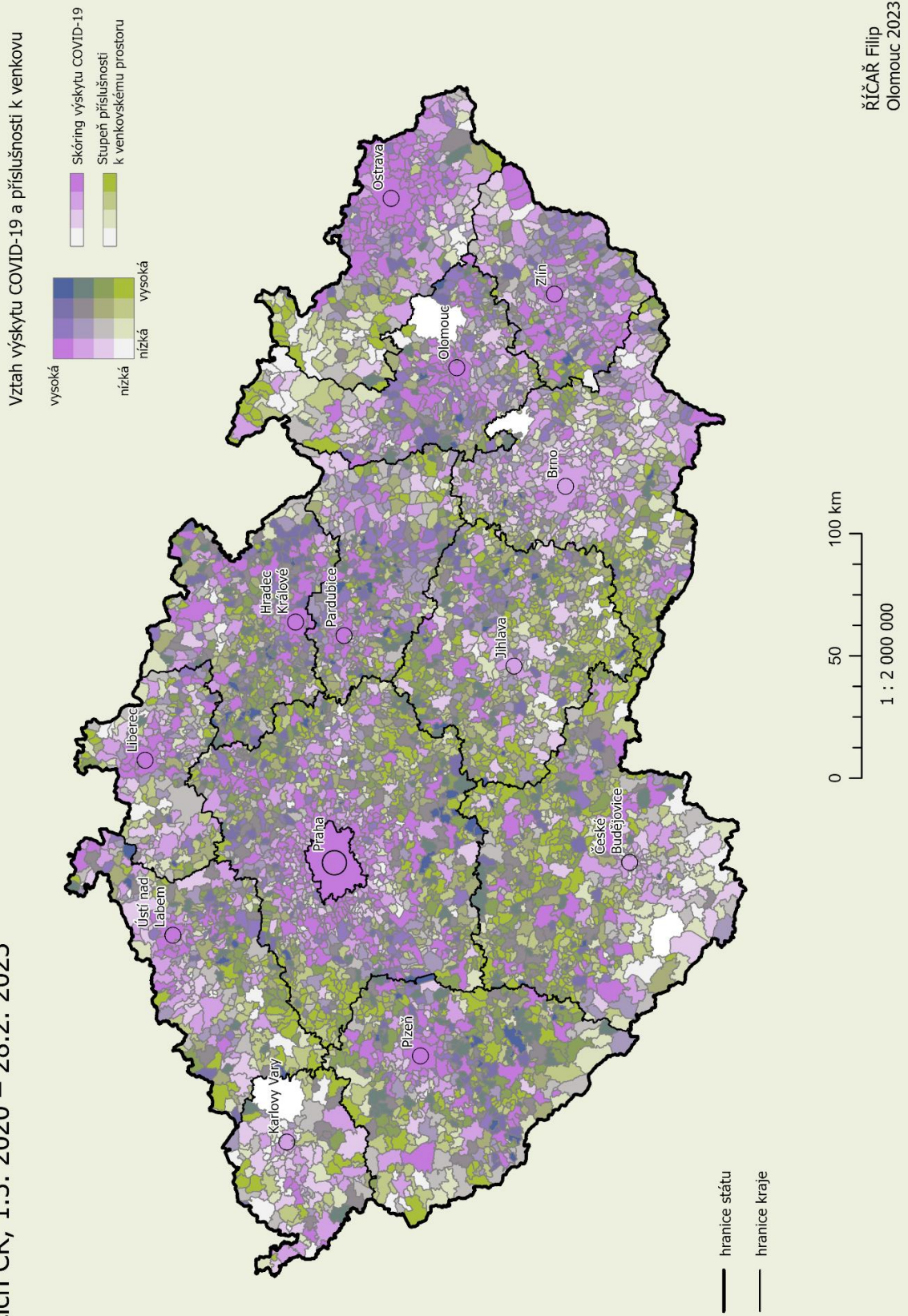
— hranice státu
— hranice kraje

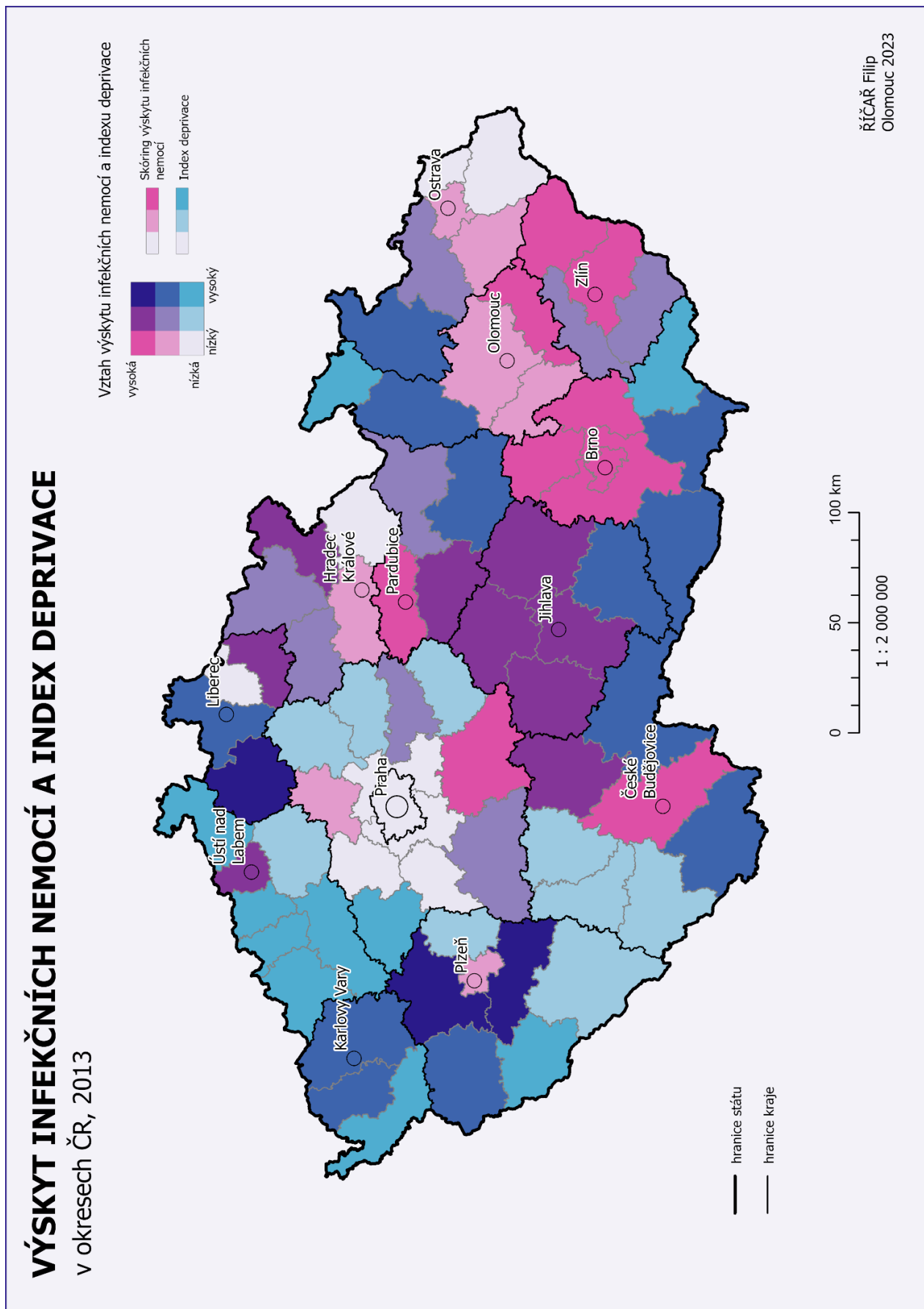




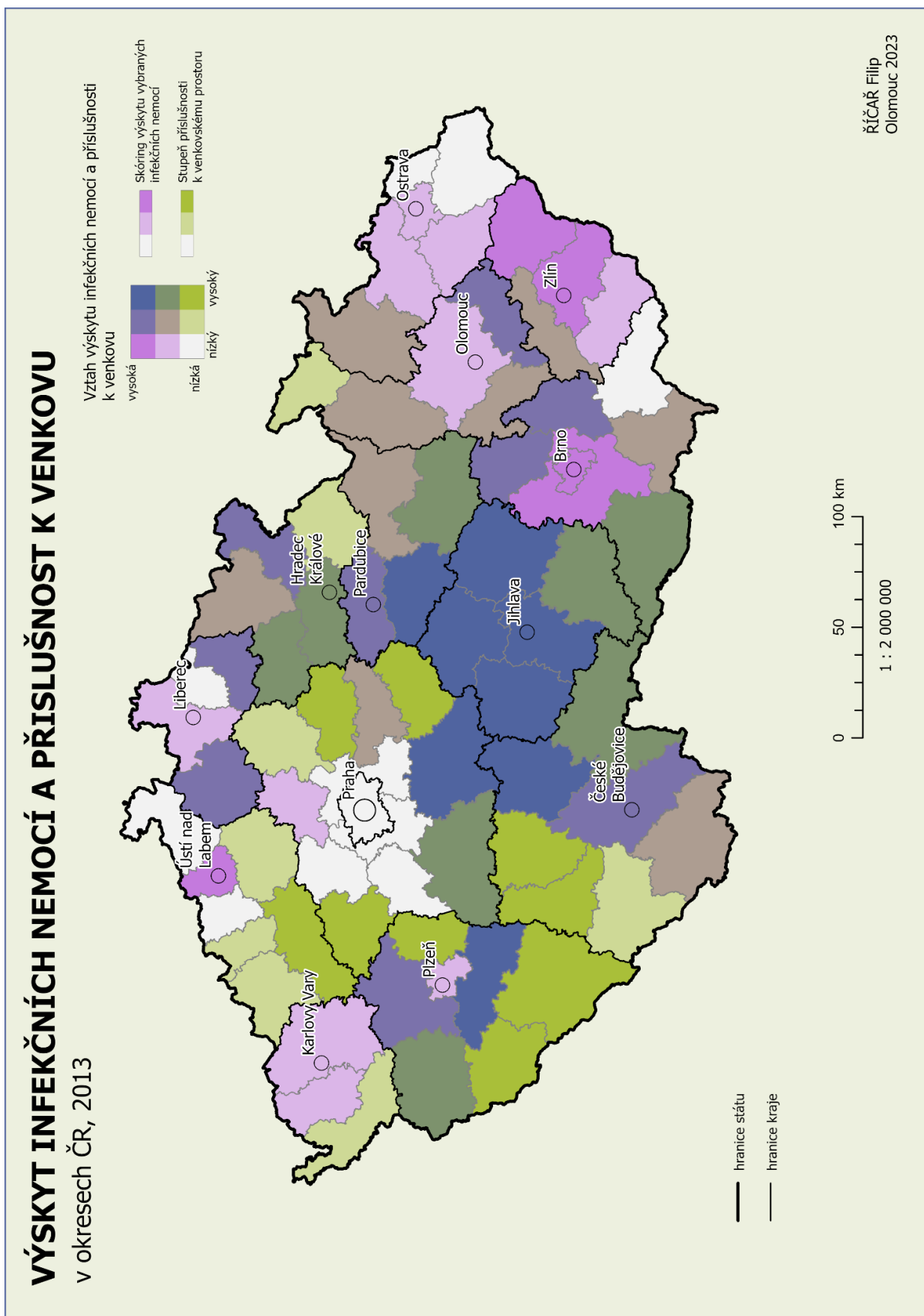
VÝSKYT COVID-19 A PŘÍSLUŠNOST K VENKOVU

v obcích ČR, 1.3. 2020 – 28.2. 2023

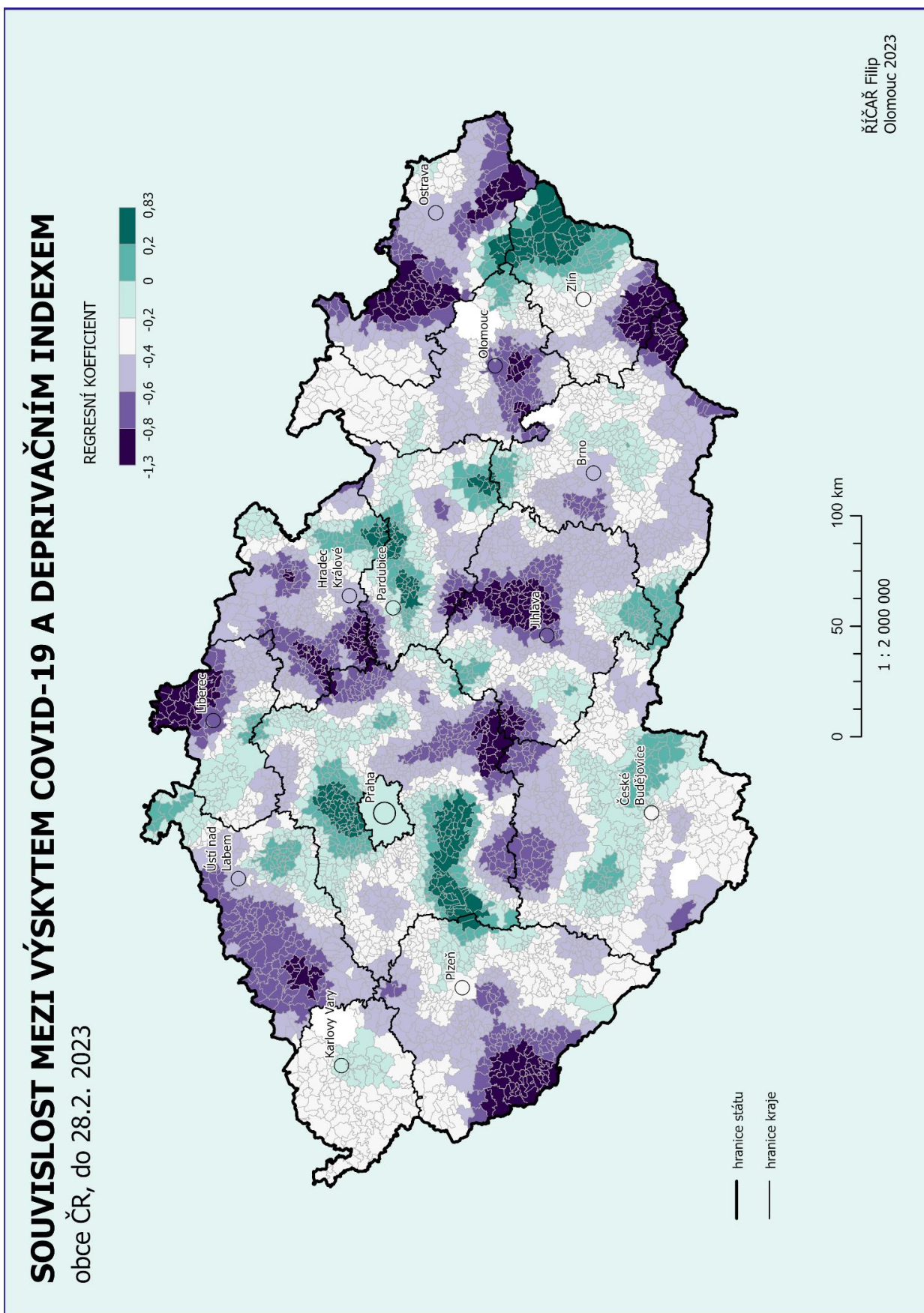




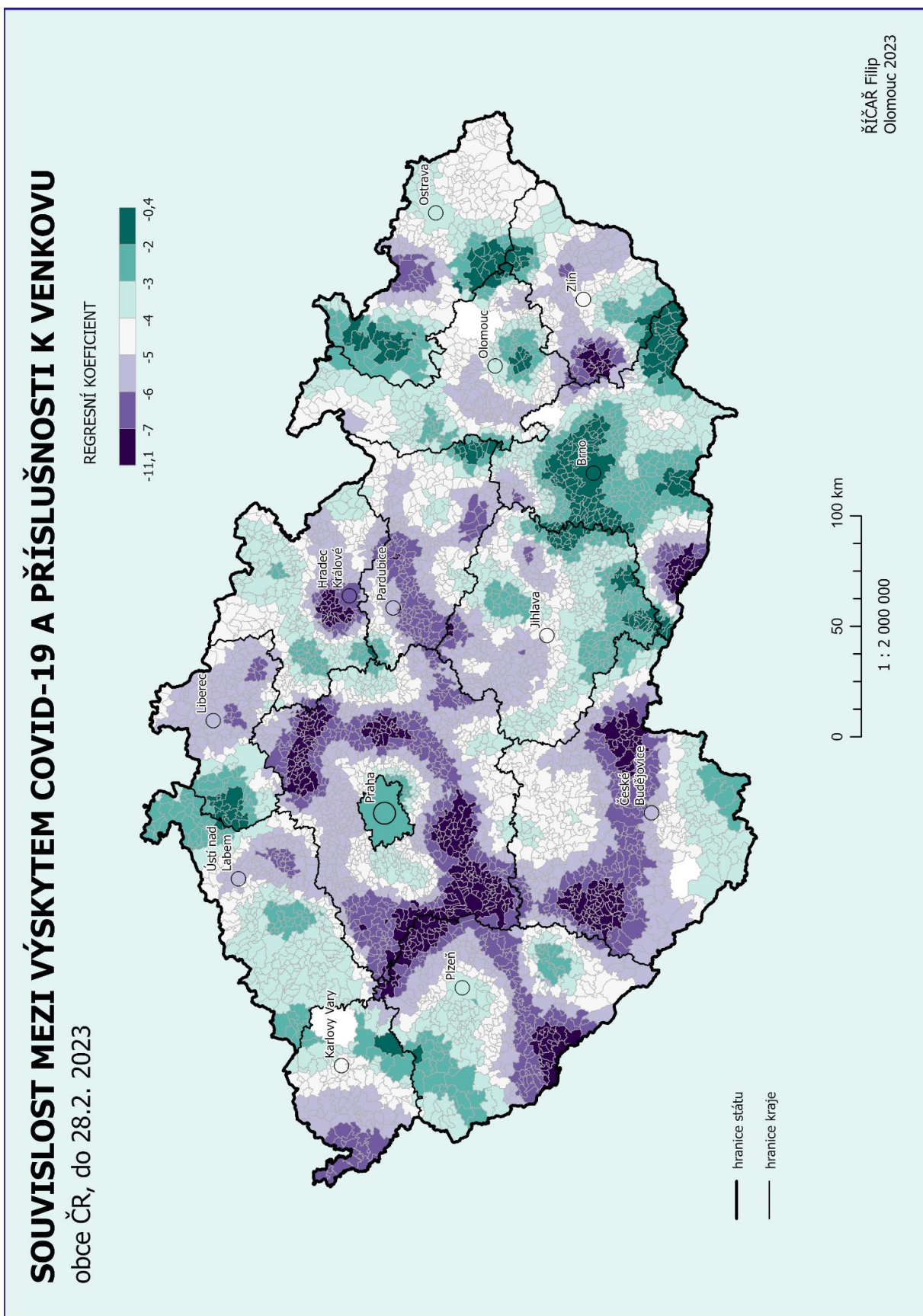
Priloha 44 Výskyt infekčních nemocí a příslušnost k venkovu
(nemoce_okres_skore_venkov)



Příloha 45 Souvislost mezi výskytem COVID-19 a deprivacním indexem
(GWR_covid_deprive)



Príloha 46 Souvislost mezi výskytem COVID-19 a příslušností k venkovu
(GWR_covid_venkov)



Príloha 47 Souvislost mezi výskytem infekčních nemocí a deprivacním indexem (GWR_nemoci_deprivace)

