



GIS4SG II

Mapová algebra a kartografická explorace a analýza časoprostorových dat

podzim 2019

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**

GIS4SG



MAPOVÁ ALGEBRA



Mapová algebra

- **Tomlin (1983) – Map Algebra**
- **Berry (1987) – Map-matics**
- **Ustanovili kartografické modelování jako přijatou metodiku pro zpracování geografických dat.**
- **Kartografické modelování je základní způsob vyjádření a organizace metod, jejichž způsobem jsou prostorové proměnné (data) a prostorové operace (funkce) vybírány a používány v GIS.**
- **Více v předmětech:**
 - Kartografické modelování
 - Aplikovaná geoinformatika



Struktura jazyka MA

Mapová algebra používá **objekty**, **činnosti** a **kvalifikátory činnosti**. Ty mají obdobné funkce jako **podstatná jména**, **slovesa** a **příslovce**.

- **Objekty** slouží k uložení informací, nebo jsou to vstupní hodnoty. Jako objekty se používají rastry, tabulky, konstanty, ...
- **Činnosti** jsou příkazy jazyka (**operátory a funkce**) - vykonávají operace na objektech:
 - **Operátory** jsou obvyklé matematické, statistické, relační a logické operátory (+, -, *, /, >, <, >=, <=, <>, mod, div, and, or, not, ...).
 - **Funkce** mapové algebry se dělí na lokální, fokální, zonální a globální.



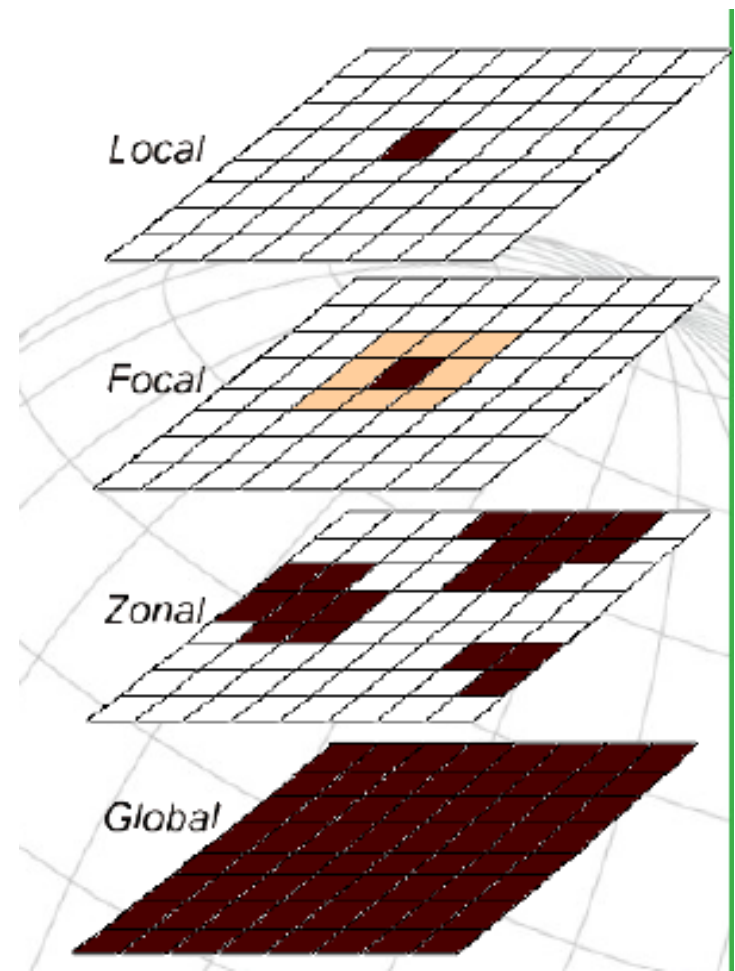
Operace na jedné a více vrstvách

- **Z hlediska počtu zpracovávaných vrstev lze operace mapové algebry dělit na operace s jednou nebo více vrstvami.**
 - Na jedné vrstvě (unární) jsou to nejčastěji skalární operace jako je připočítávání konstanty, násobení, atp. Jako příklad může posloužit tvorba 2x převýšeného DMR pro vizualizaci ve 3D.
 - Na dvou vrstvách (binární) - porovnání
 - Na více vrstvách (n-ární) jsou to operace jako sčítání vrstev (min, max), které se vykonávají s prostorově odpovídajícími si buňkami.

Dělení funkcí mapové algebry

Z hlediska oblasti ze které je počítána hodnota výsledné buňky dělíme funkce mapové algebry na :

- **Lokální** - na individuální buňce, nová hodnota vzniká z individuální buňky jedné nebo více vrstev.
- **Fokální** - v definovaném okolí, nová hodnota vzniká z definovaného okolí buňky.
- **Zonální** - na specifické oblasti, nová hodnota vzniká ze zóny definované v jiné vrstvě.
- **Globální (Tomlin – Inkrementální)** - používají se všechny buňky informační vrstvy.





Operace na jedné a více vrstvách

- **Z hlediska počtu zpracovávaných vrstev lze operace mapové algebry dělit na operace s jednou nebo více vrstvami.**
 - **Na jedné vrstvě** jsou to nejčastěji skalární operace jako je připočítávání konstanty, násobení, atp. Jako příklad může posloužit tvorba 2x převýšeného DMR pro vizualizaci ve 3D.
 - **Na více vrstvách jsou** to operace jako sčítání vrstev, které se vykonávají s prostorově odpovídajícími si buňkami.



Fokální funkce

- **Fokální** - v definovaném okolí, nová hodnota vzniká z definovaného okolí buňky.
- **Fokální funkce** se dělí na **statistické funkce** a na **analýzy proudění**. Většinou se provádějí na okolí 3x3 sousedních buněk, ale systémy často umožňují definovat sousedské okolí podle uživatele.
- Ze **statistických funkcí** jde o stanovení např. aritmetického průměru v okolí, sumy, odchylky, min, max, rozpětí a další.
- U **analýz proudění** se počítá směr proudění (maximální gradient z hodnot dané buňky do okolních), rychlost proudění a další. Analýzy proudění jsou základem většího počtu dalších pokročilých analýz, jako jsou hydrologické analýzy, modelování eroze.



Zonální funkce

Zonální funkce - na specifické oblasti, nová hodnota vzniká ze zóny definované v jiné vrstvě.

Možné rozdělit na statistické a geometrické (area).

- U statistických funkcí jde o **statistické zpracování hodnot analyzované informační vrstvy, které patří do zóny** definované v druhé informační vrstvě. Statistické funkce mohou být opět průměry, sumy, min, max.
- Mezi **geometrické funkce** patří např. **stanovení plochy, obvodu a dalších charakteristik každé zóny.**



Příklady exploračních kartografických nástrojů

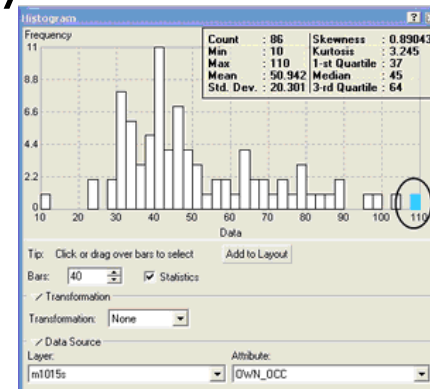


Kartografická explorace

- Je účinná a funkční **v prvotní fázi** výzkumného procesu.
- Datové sady jsou prohlíženy a zkoumány při **měnících se** kartografických **podmínkách**.
- Cílem je rozpoznat **prostorové vzory** (patterns) a **trendy**, které jsou přítomny a případně ohodnotit jejich platnost.
- Snaží se podpořit vznik **nových myšlenek** a nápadů, hlavním cílem není prezentování závěrů.
- Poskytuje **dynamické zobrazení**.
- Podporuje **experimentování** s různými kombinacemi dat a grafických symbolů.

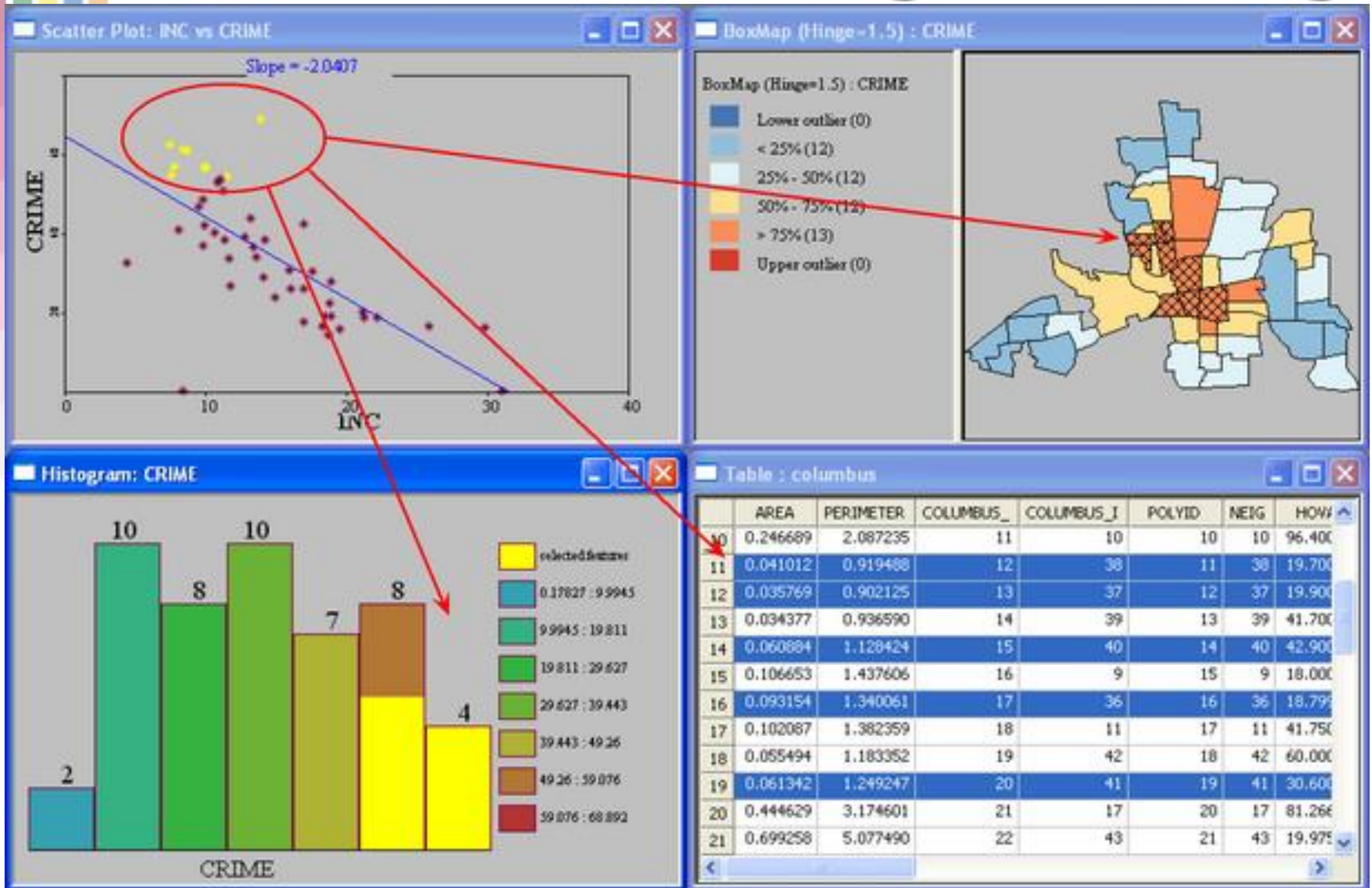
Základy explorační analýzy dat

- Základní forma explorační datové analýzy zahrnuje výpočet základních statistických ukazatelů jednotlivých datových atributů.
- Grafické znázornění/vizualizace výsledků využívá především formu:
 - Histogram
 - Pie charts,
 - box plots
 - parallel coordinate plot
- Neposkytují explicitně prostorový pohled na dat, avšak lze je propojit s mapovým výstupem/vizualizací a vytvořit nový nástroj pro vstupní exploraci.
- Brushing and linking





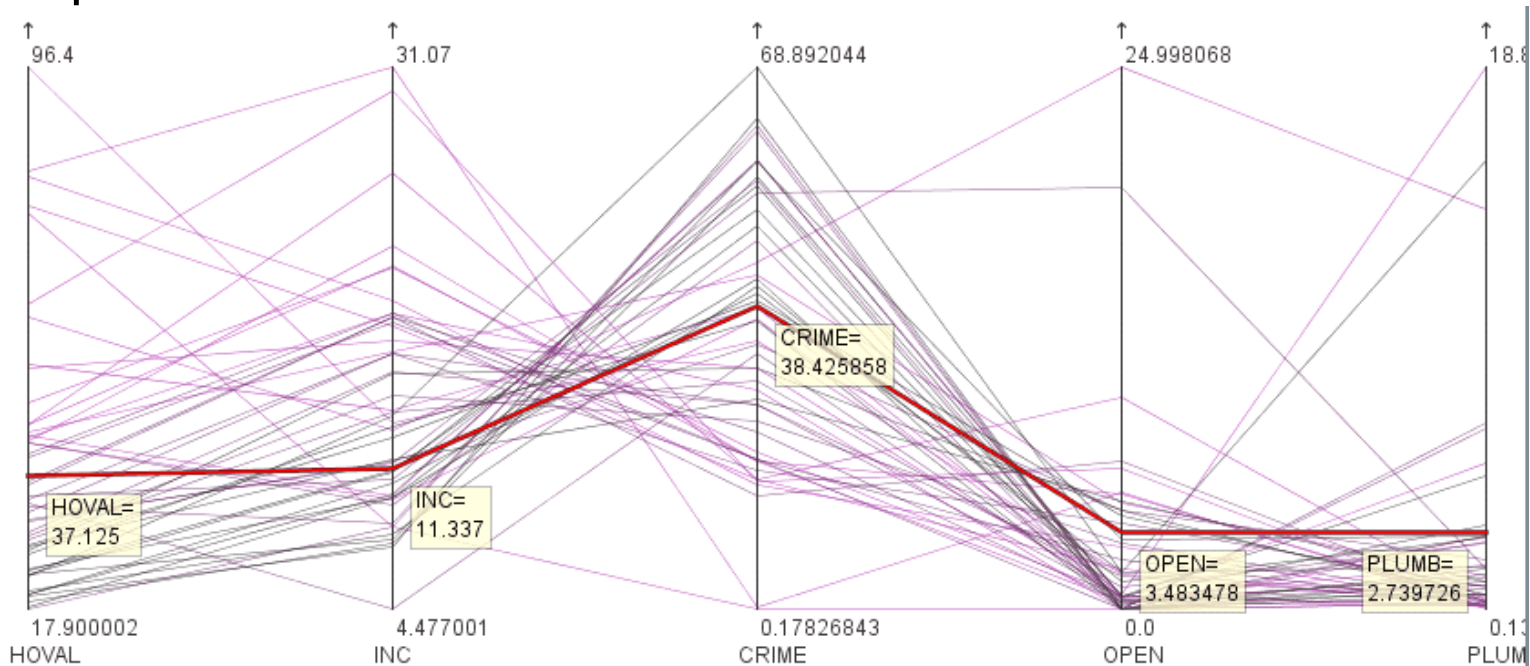
Linking a brushing





Parallel coordinate plot (PCP) Rovnoběžné souřadnice

- Zaměřen na exploraci vícerozměrných datových sad.
- Každá proměnná má vlastní osu s [min, max] vertikálním rozsahem a spojitou linií vyjadřující průběh změn proměnných v jednotlivých prostorových jednotkách.
- Lze vybrat jednotlivé „podpisy“ jednotek podle volby uživatele a zvýraznit jejich hodnoty a případně umístění v mapě.





Star plot

Paprskový graf/hvězdicový či pavučinový graf

- Každá proměnná je vynesena na jednu osu,
- Počet os je roven počtu proměnných, délka osy je proporčně upravena podle rozsahu proměnných, případně přizpůsobena dle pravidel normalizace.
- Každá mapovaná oblast má individuální tvar grafu a lze je použít ve formě kartodiagramu.

PLUMB = 13.849287

OPEN = 24.998068

CRIME = 43.962486

NEIG = 42.0

HOVAL = 60.0

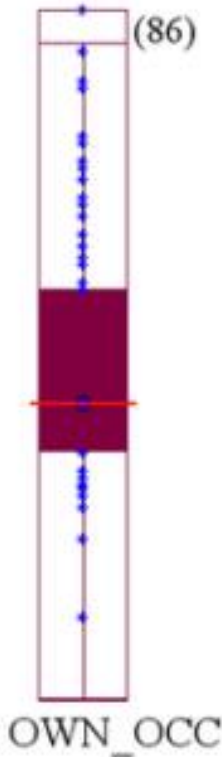
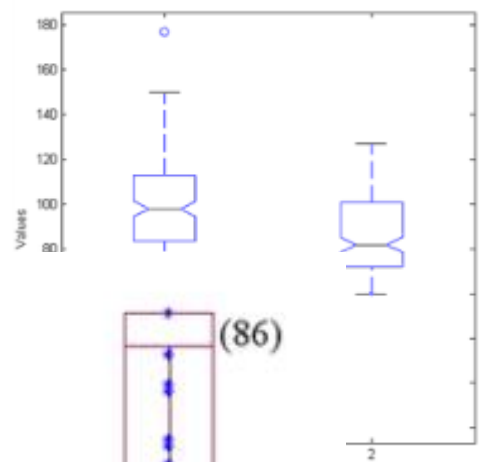
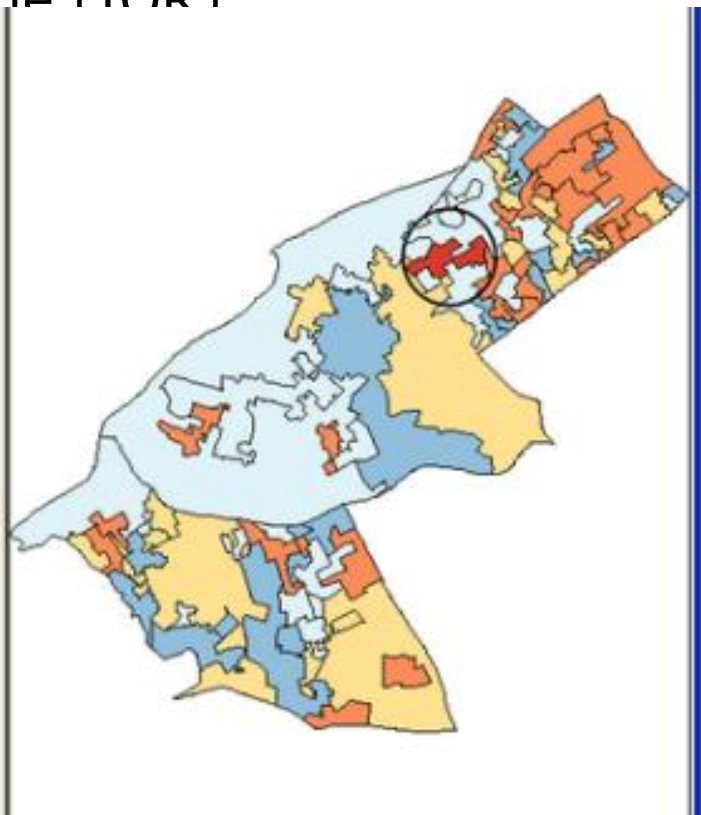
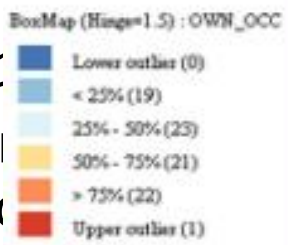
INC = 13.185

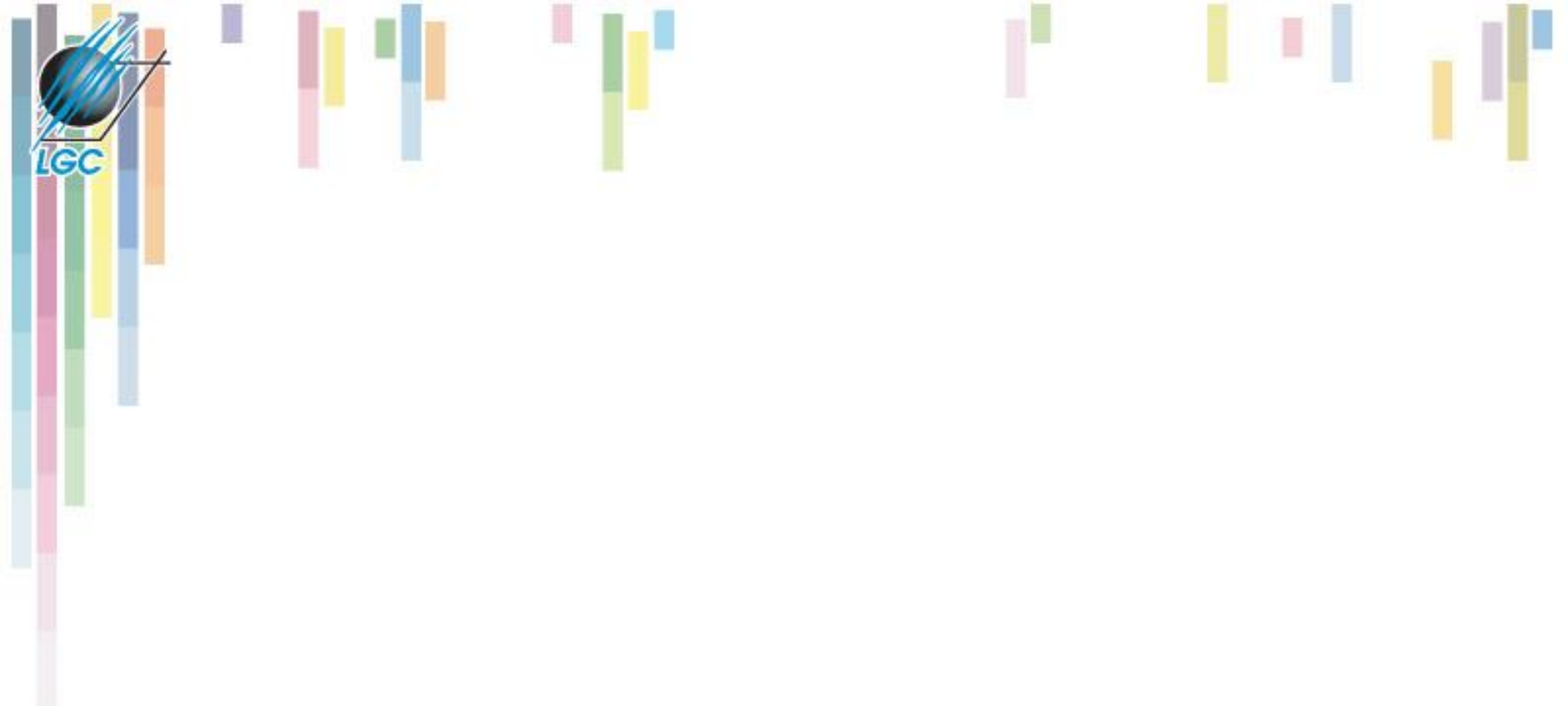
17



Box plot Krabicový graf/diagram

- Představuje jeden ze základních grafů – jak je konstruován?
- Horní a spodní hranice „krabice/box“ – 25 a 75 percentil vzorku. Vzdálenost mezi nimi - inter-quartile range (IQR)
- Linie u umístr soubor
- Vodore zbytku přítom
- Odlehl
- Outlier krabic
- Symbc jinak t hodno
- Zdroje





PŘÍKLAD DALŠÍHO UŽITÍ DAT MOBILNÍCH OPERÁTORŮ

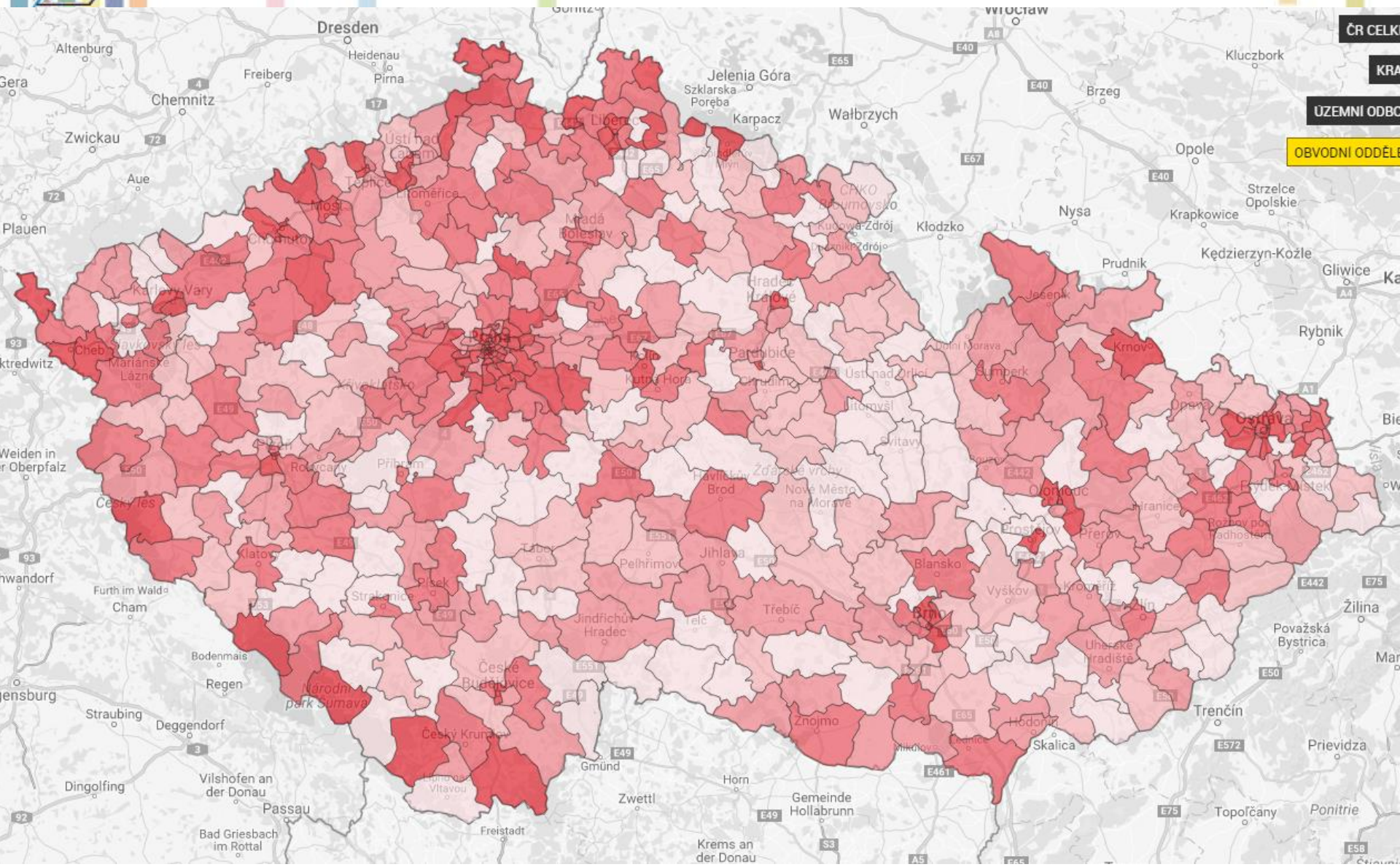
- Policejní okrsky – 6 – 12 – 18.
- Data dopočítána podle údajů dvou operátorů na úroveň celkové předpokládané penetrace.
- Není jasné, zda se jedná o data očištění od SIM karet datových přenosů (přístroje).
- Data lze použít pro odhad trendů a prostorových vztahů.

IDSLUZ	SIXAM	MIDDAY	SIXPM	MEDIAN	AVG	IMPDATE
30	37948	39088	40052	39088	39029	25.06.15
30	39281	42575	43137	42575	41664	28.06.15
30	38415	39668	40949	39668	39677	30.06.15
30	38534	40164	42505	40164	40401	01.07.15
30	39600	40845	41927	40845	40791	29.06.15
30	38903	40862	41826	40862	40530	02.07.15
30	39212	40686	43131	40686	41010	03.07.15
30	40819	43527	43331	43331	42559	06.07.15
30	41097	44982	44578	44578	43552	05.07.15

Předzpracování dat

- Statistika pro vybrané jednotky, odlišení pracovních a volných dnů.

IDSLUZ	NAZEV	OBCE	SIXAM	MIDDAY	SIXPM	MEDIAN	AVG	DAY	MONTH	YEAR	DEN	roz
910	České Budějovice		38605	53639	42559	42559	44934	25	6	2015	ČT	
910	České Budějovice		33278	33616	32160	33278	33018	28	6	2015	NE	
910	České Budějovice		52644	44787	39214	44787	45548	29	6	2015	PO	
910	České Budějovice		37342	51421	39822	39822	42862	30	6	2015	ÚT	
910	České Budějovice		35440	48143	38646	38646	40743	1	7	2015	ST	
910	České Budějovice		34937	46873	37536	37536	39782	2	7	2015	ČT	
910	České Budějovice		34575	45030	34478	34575	38028	3	7	2015	PÁ	
910	České Budějovice		29834	28544	26777	28544	28385	4	7	2015	SO	
910	České Budějovice		27039	26217	26430	26430	26562	5	7	2015	NE	
910	České Budějovice		27352	27688	29269	27688	28103	6	7	2015	PO	
910	České Budějovice		33070	45046	35427	35427	37848	7	7	2015	ÚT	
910	České Budějovice		33780	45865	37934	37934	39193	8	7	2015	ST	
910	České Budějovice		33922	45660	37627	37627	39070	9	7	2015	ČT	
910	České Budějovice		33794	45019	35379	35379	38064	10	7	2015	PÁ	
910	České Budějovice		30283	29848	27887	29848	29339	11	7	2015	SO	



The slide features a decorative background on the left side consisting of several vertical bars of varying heights and colors (blue, green, yellow, orange, pink, purple). In the top left corner, there is a logo for 'IGC' which includes a stylized globe and the letters 'IGC' in blue. The main title is 'Poznatky z analýzy rozsáhlejších oblastí' in a large, bold, dark blue font.

Poznatky z analýzy rozsáhlejších oblastí

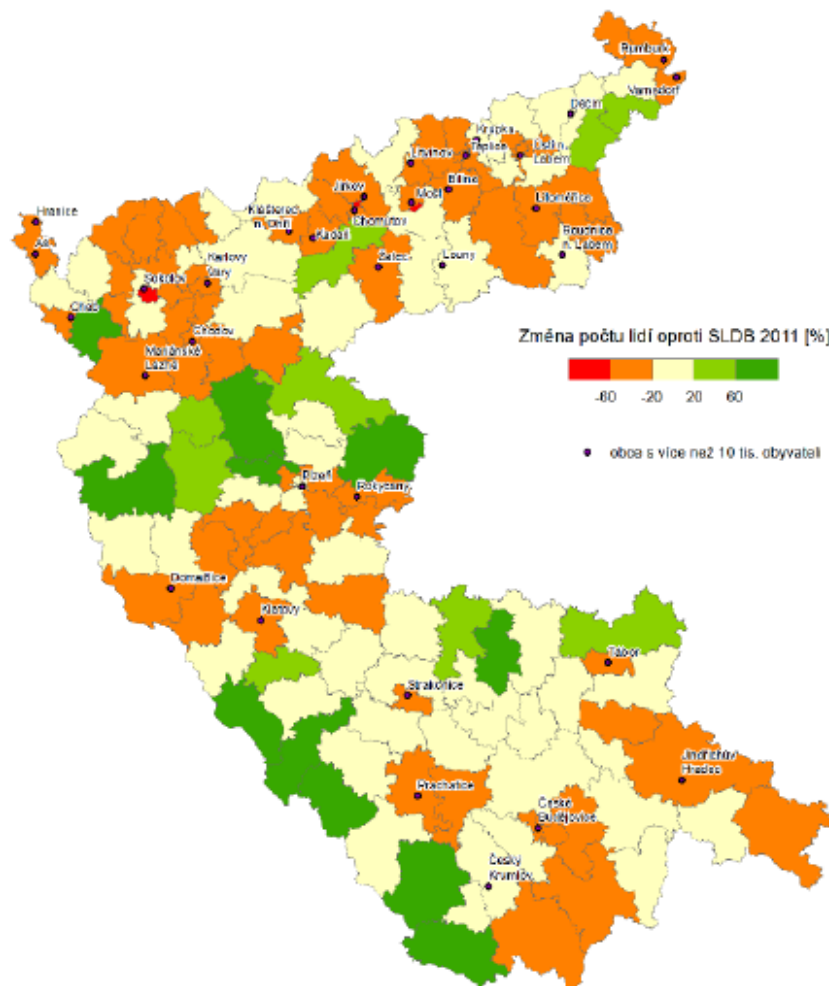
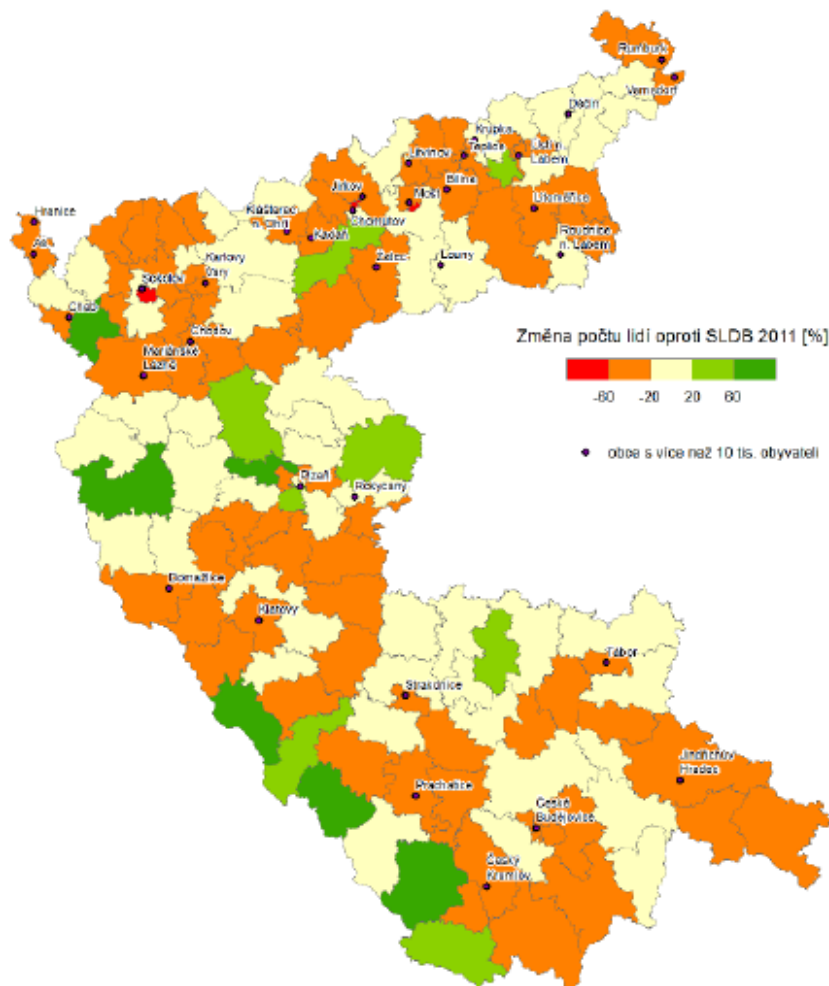
- **Srovnání s SLDB**
- **Denní a týdenní trendy**
- **Srovnání s kulturními a sportovními akcemi**
- **Dasymetrické mapování**
- **Vazba na vybrané typy infrastruktury – super a hypermarkety, nákupní střediska.**
- **Další využití v krizovém řízení?**



Srovnání se SLDB

ROZDÍL POČTU LIDÍ OPROTI POČTU OBYVATEL
ÚTERÝ, STŘEDA, ČTVRTEK V 6:00

ROZDÍL POČTU LIDÍ OPROTI POČTU OBYVATEL
VÍKEND V 6:00

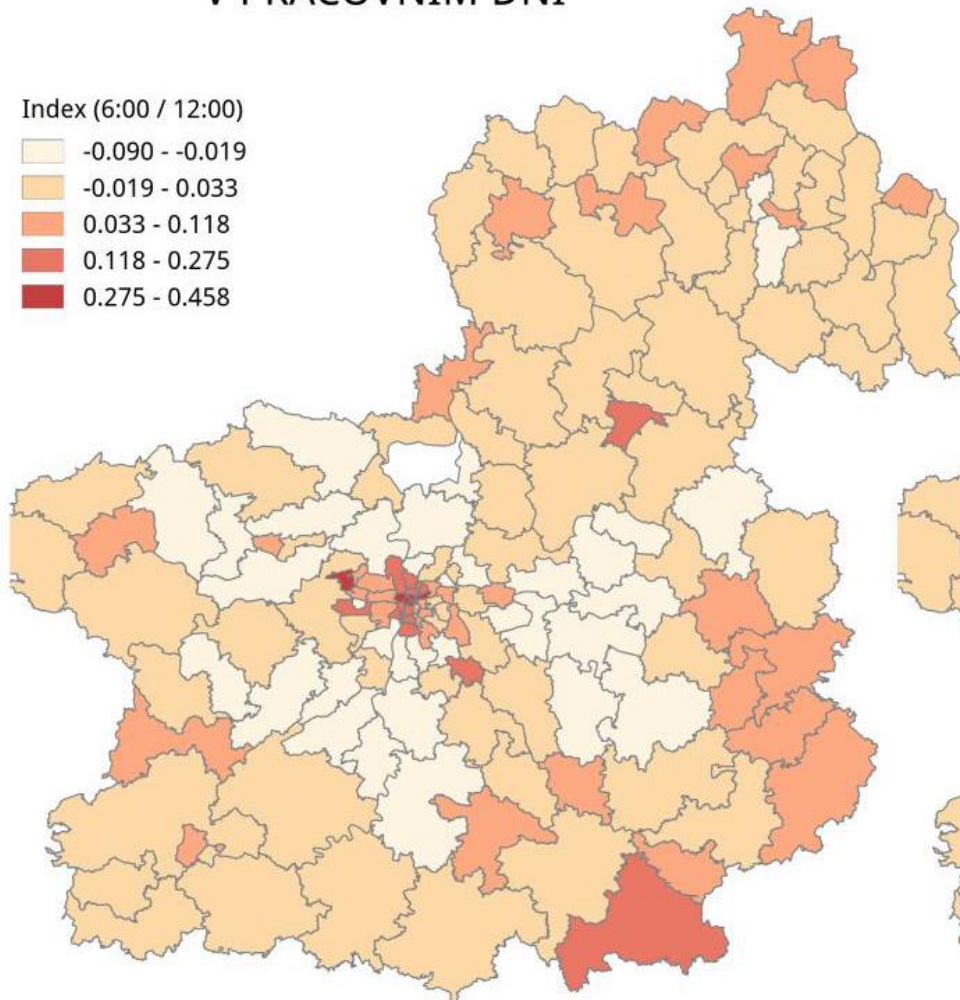
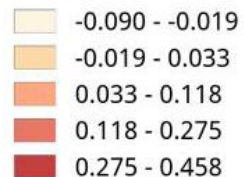




Trendy v průběhu dne

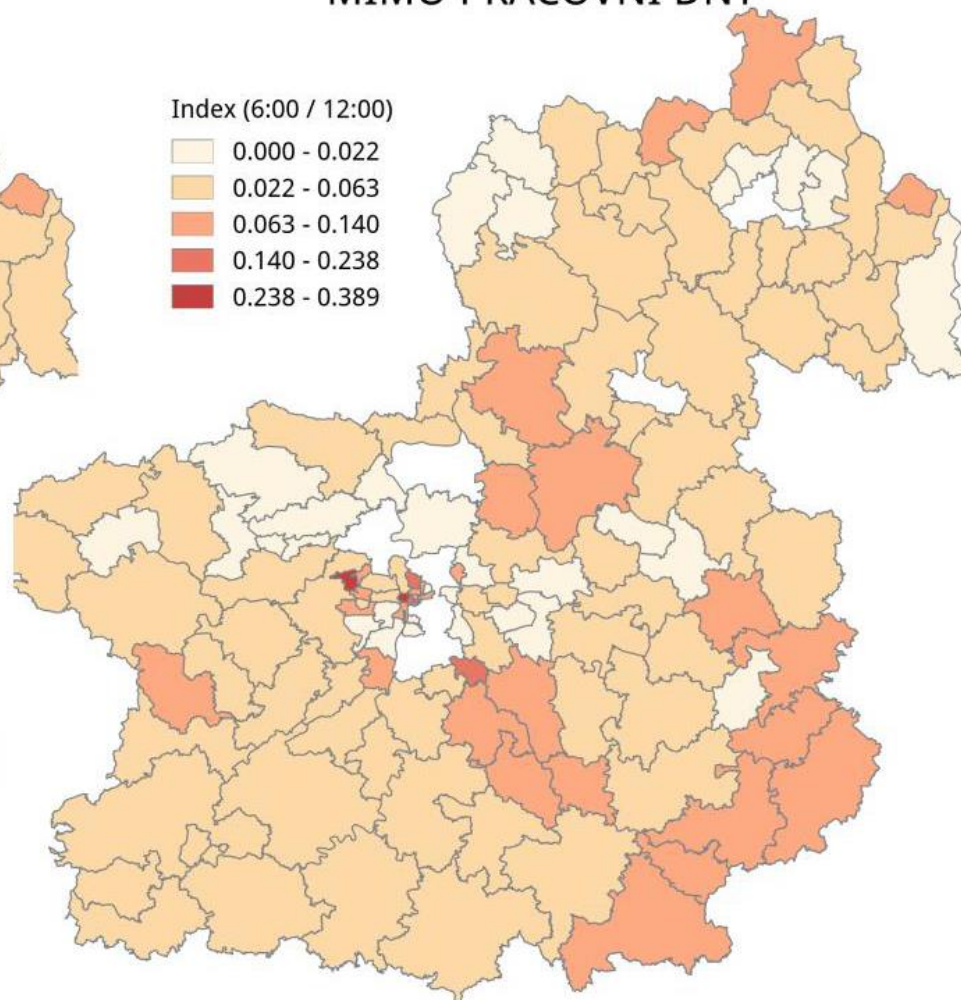
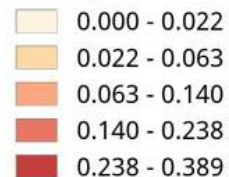
ZMĚNA VÝSKYTU OSOB MEZI 6:00 A 12:00
V PRACOVNÍM DNI

Index (6:00 / 12:00)



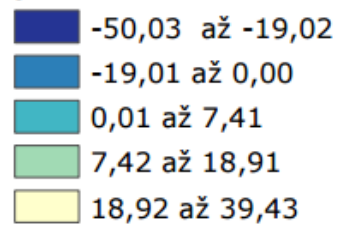
ZMĚNA VÝSKYTU OSOB MEZI 6:00 A 12:00
MIMO PRACOVNÍ DNY

Index (6:00 / 12:00)

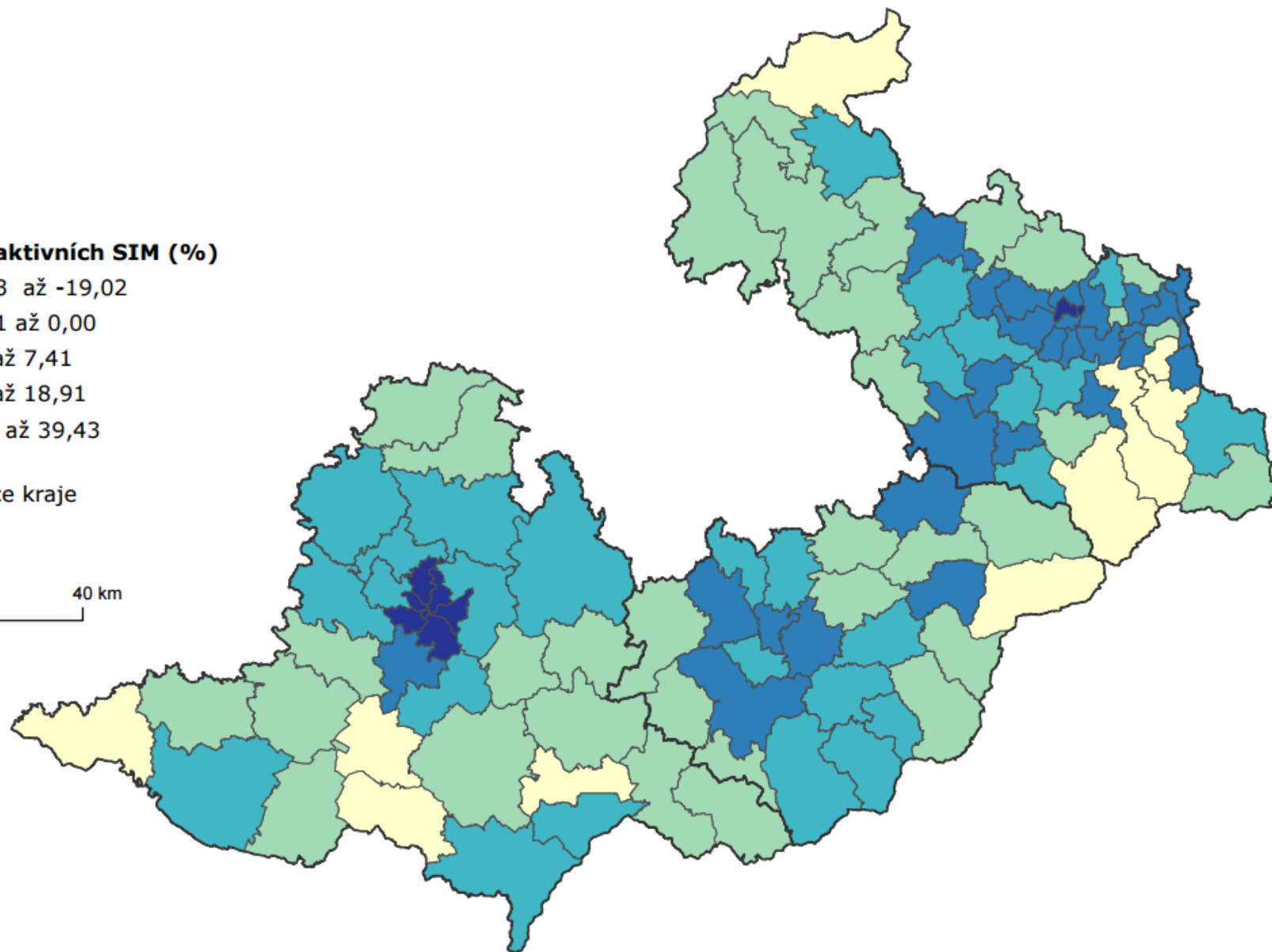
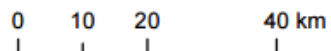


PŘESUN AKTIVNÍCH SIM KARET V POLICEJNÍCH OKRSCÍCH MEZI STŘEDOU A SOBOTOU

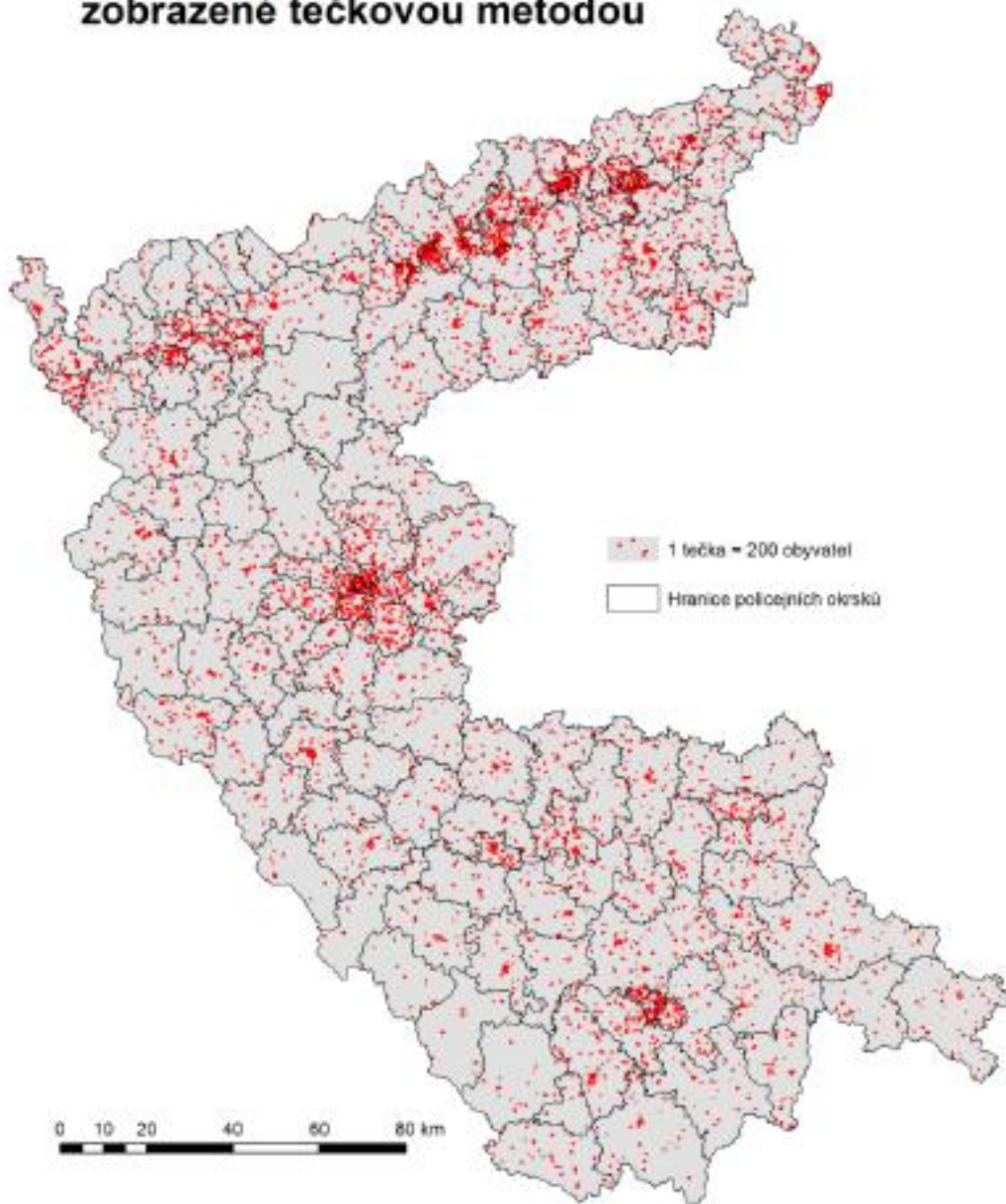
přírůstek aktivních SIM (%)



— hranice kraje

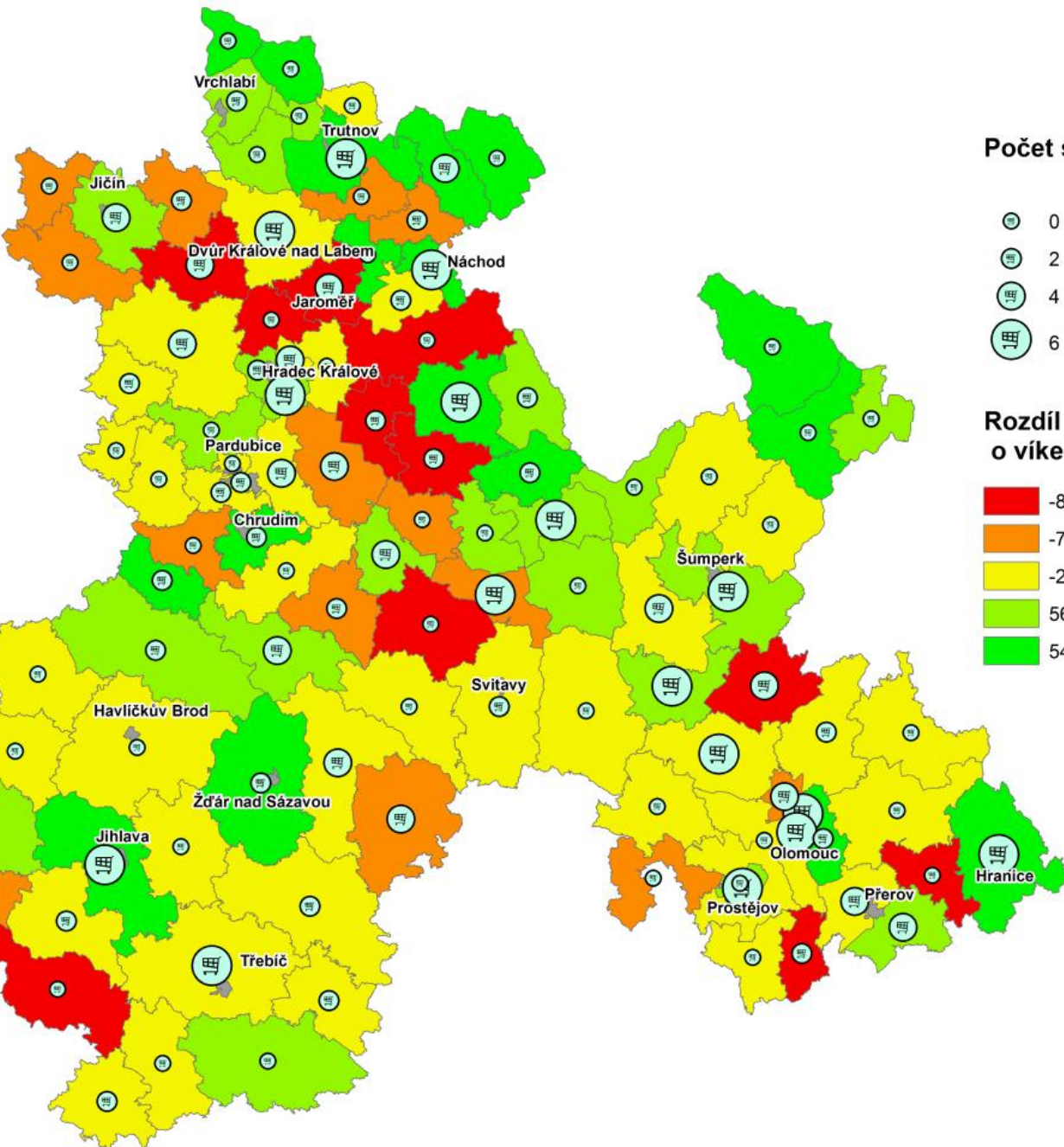


Rozložení obyvatelstva
v průměrném pracovním dni ve 12 h
zobrazené tečkovou metodou



Relativní mapování – dasymetrická metoda

- Bere do úvahy pouze vybrané typy využití území a do nich rozděljuje počty obyvatel dle váhy.
- Lépe znázorňuje hustotu obyvatel.

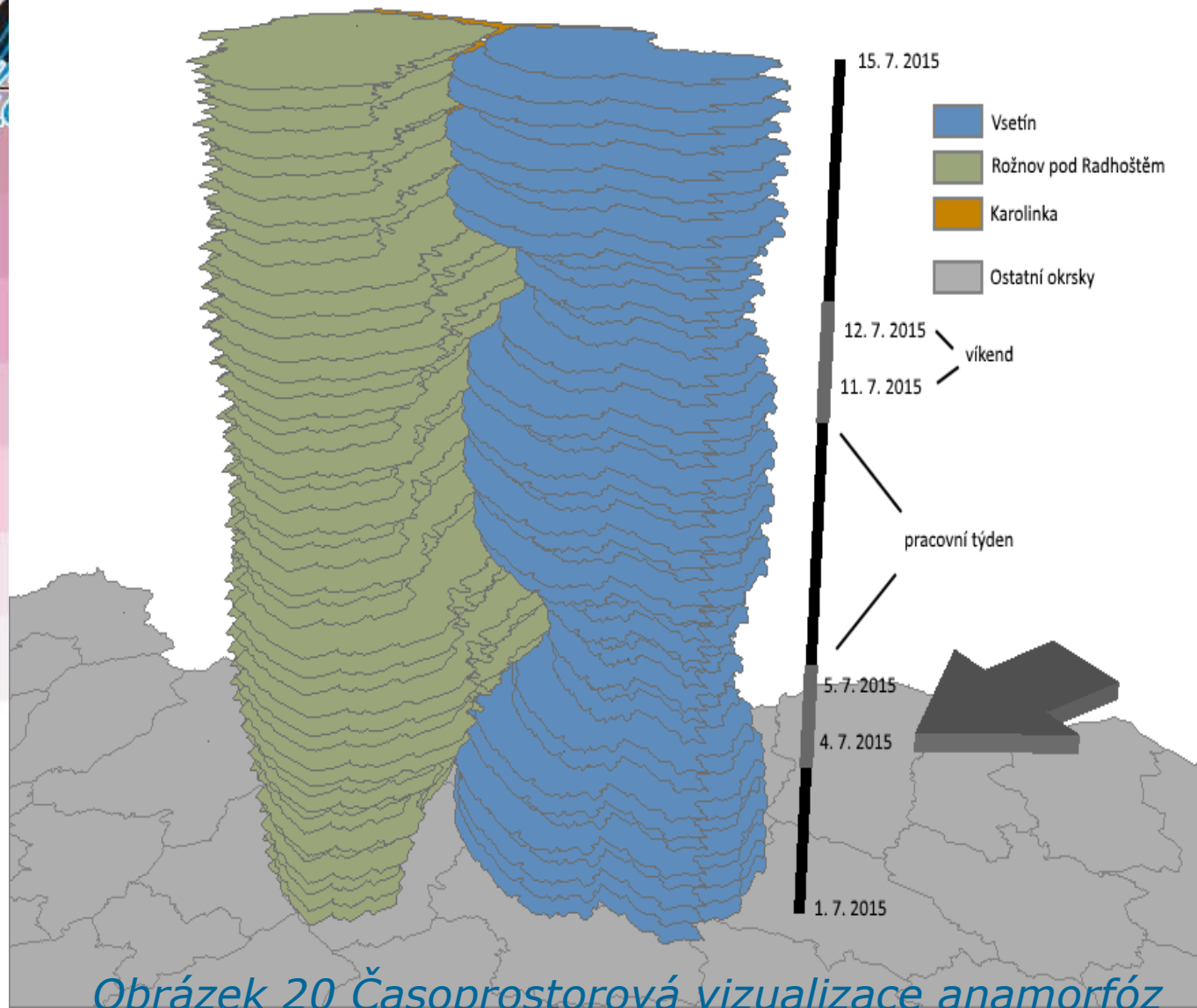


Počet supermarketů

- 0 - 1
- 2 - 3
- 4 - 5
- 6 - 10

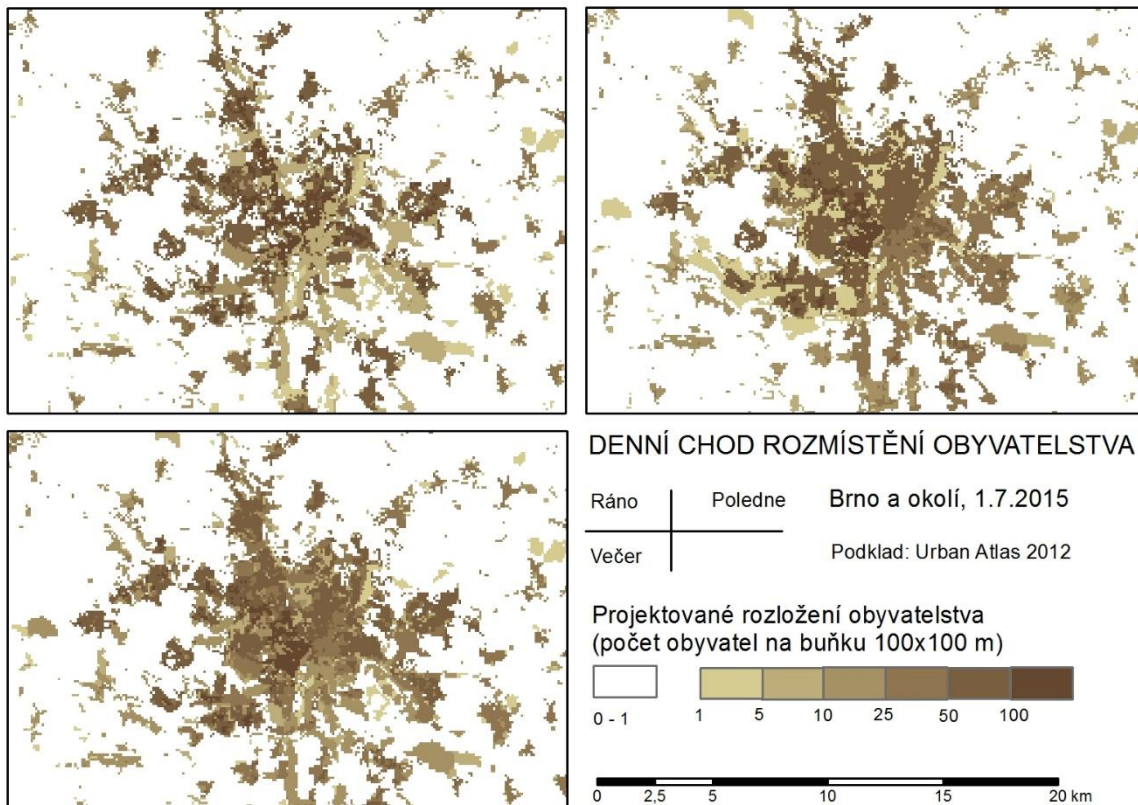
Rozdíl počtu obyvatel mezi 18 h o víkendů a ve všední den

- 884 - -722
- 721 - -281
- 280 - 55
- 56 - 544
- 545 - 1647



Obrázek 20 Časoprostorová vizualizace anamorfóz naskládaných na sebe - pohled jihovýchodní (pouze relativní porovnání vývoje počtu obyvatel ve 2 zvolených okrscích)

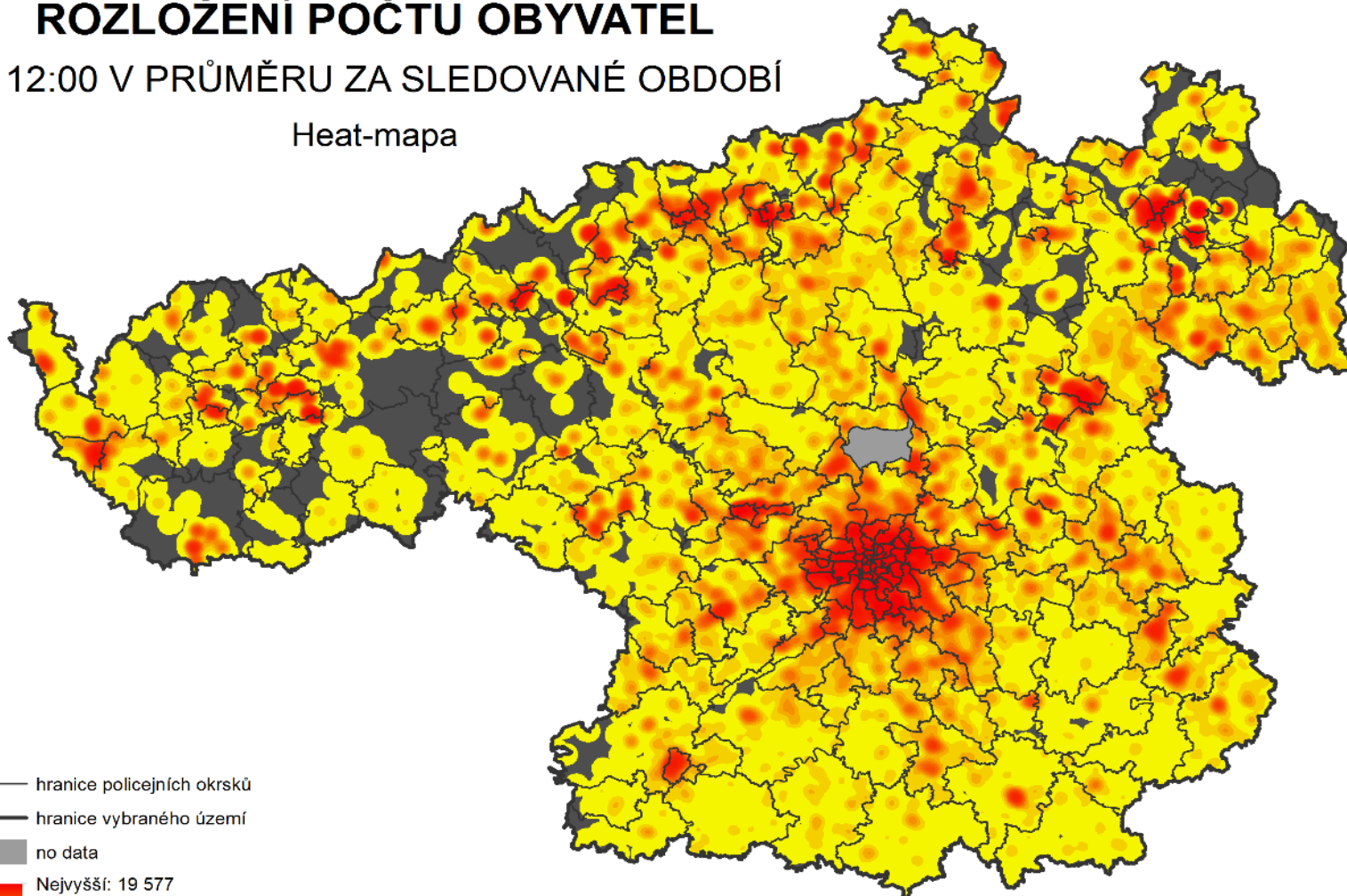
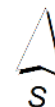
- **Obrázek 16** *Dasymetrická metoda denního chodu počtu obyvatel v Brně a jeho okolí*
- (rozpočítáváno podle zastavěných oblastí v Corine Land Cover a Urban Atlas)



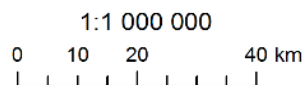
ROZLOŽENÍ POČTU OBYVATEL

O 12:00 V PRŮMĚRU ZA SLEDOVANÉ OBDOBÍ

Heat-mapa



- hranice policejních okrsků
- hranice vybraného území
- no data
- Nejvyšší: 19 577
- Nejnižší: 1
- 0 obyvatel









JANEČEK, KOUDELKA, SNOPKOVÁ, SVOBODA, BRNO 2016
zdroje: ©ArcČR, ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2014
S-JTSK Křovák EastNorth




KATEGORIE POLICEJNÍCH OKRSKŮ

PODLE ZISKU OBYVATEL BĚHEM DNŮ A TÝDNŮ
(Z DAT MOBILNÍCH OPERÁTORŮ, 25.6.-23.7.2015)




Variabilita v rámci všedního dne (6:00, 12:00, 18:00)

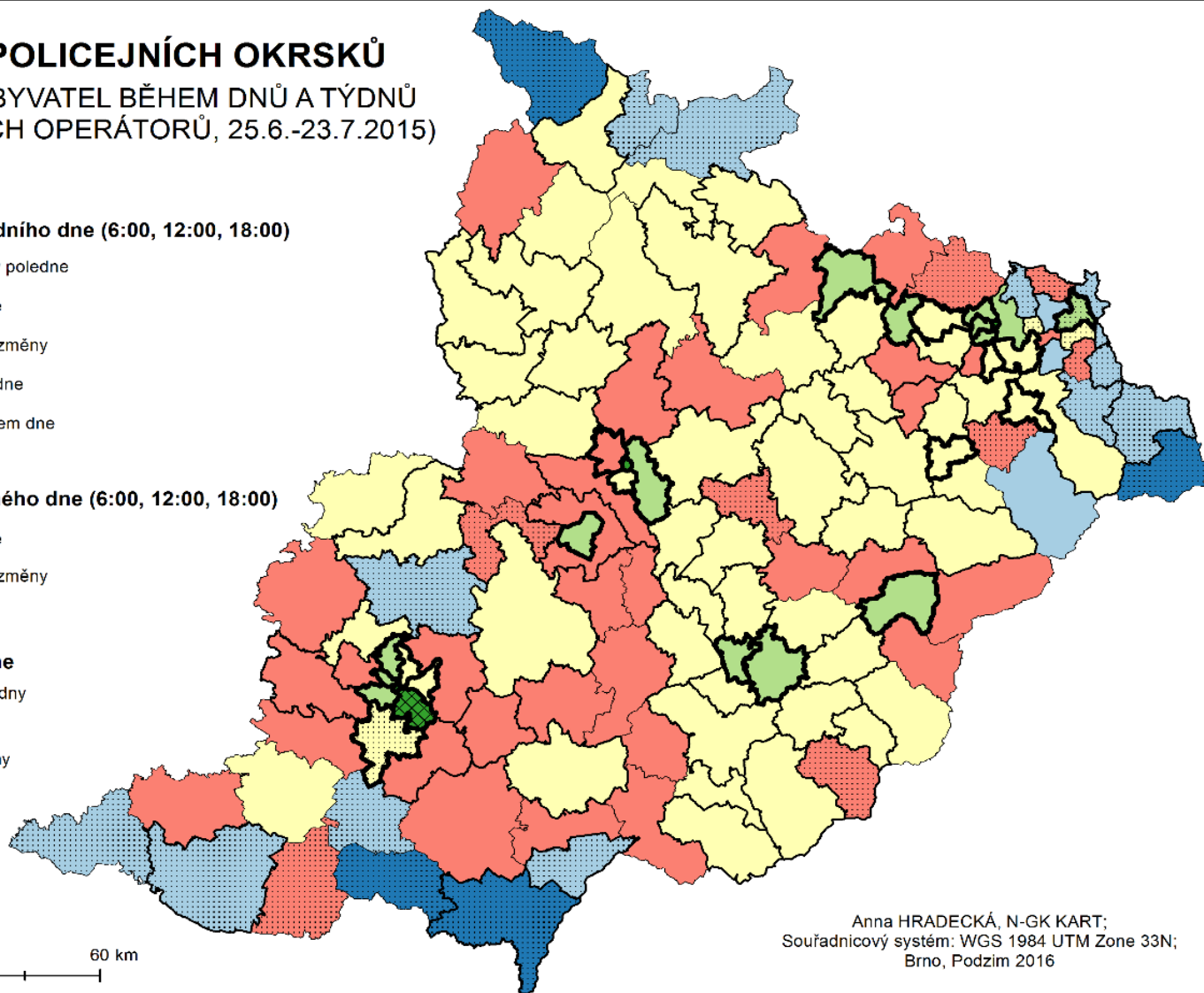
-  výrazně nejvíc lidí v poledne
-  nejvíc lidí v poledne
-  bez výrazné denní změny
-  nejméně lidí v poledne
-  výrazný nárůst během dne
-  nárůst během dne

Variabilita v rámci volného dne (6:00, 12:00, 18:00)

-  nejvíc lidí v poledne
-  bez výrazné denní změny
-  nárůst během dne

Variabilita v rámci týdne

-  více lidí v pracovní dny
-  bez výrazné změny
-  více lidí ve volné dny





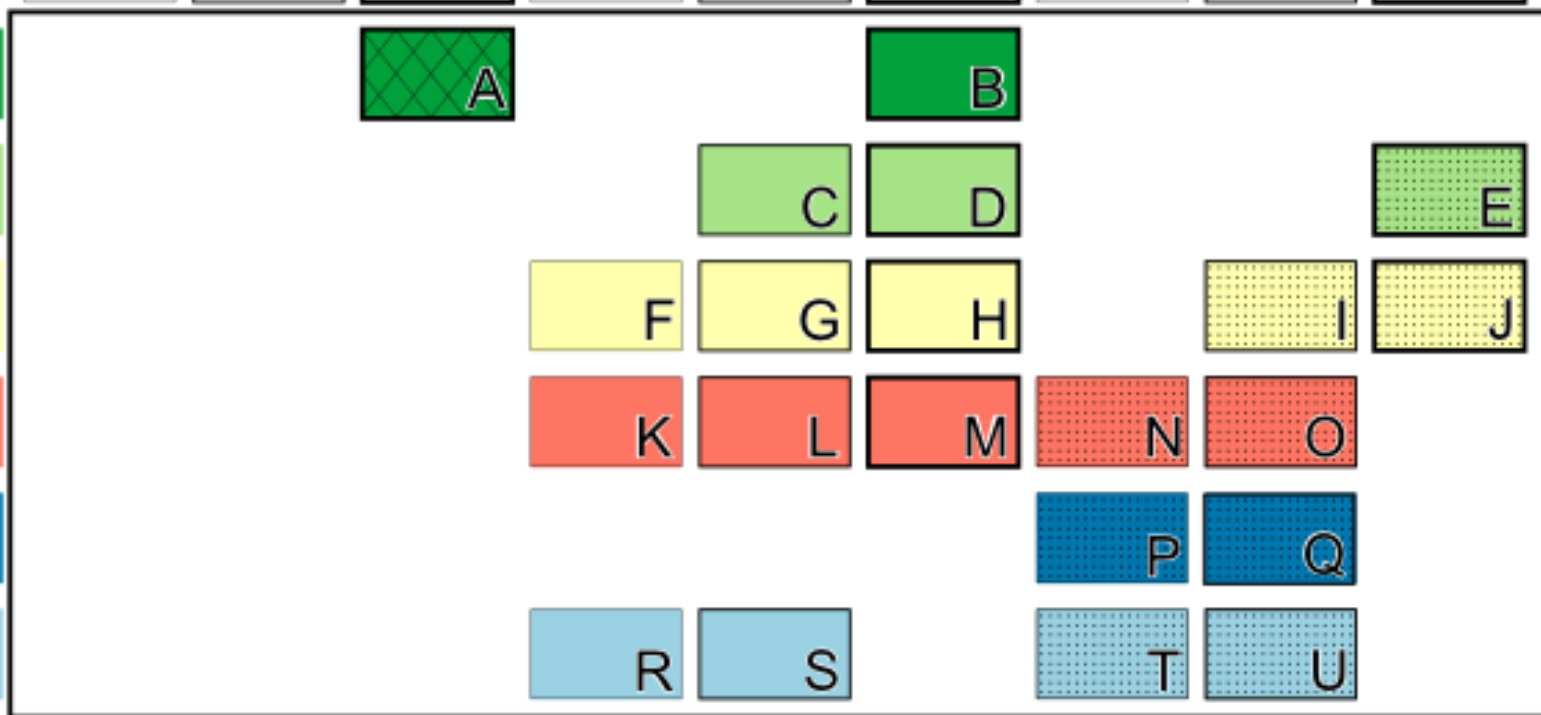
Variabilita v rámci volného dne (6:00, 12:00, 18:00)



Variabilita v rámci týdne



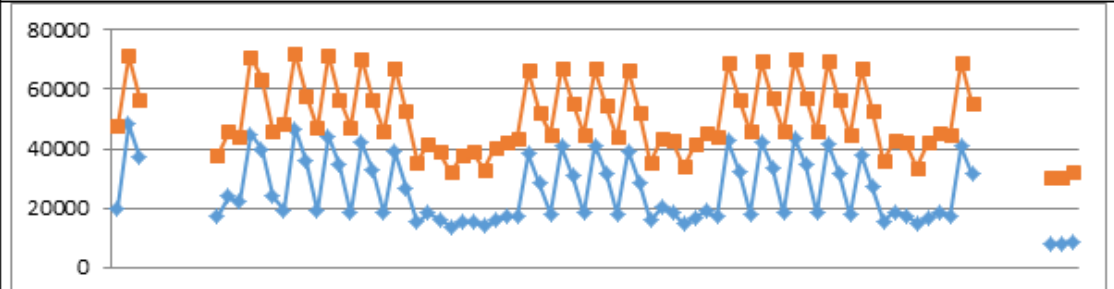
Variabilita v rámci všedního dne (6:00, 12:00, 18:00)



	VŠEDNÍ DNY	VOLNÉ DNY	TÝDEN
A	Výrazně nejvíce lidí v poledne.	Nejvíc lidí v poledne.	Více lidí v pracovní dny.

Jde o centra a průmyslové zóny velkých měst, která mají nejspíše kvůli pracovní dojíždě a případně turismu výrazný nárůst obyvatel v poledne. Díky dojíždě za prací je zde více lidí v pracovní dny, než o víkendu.

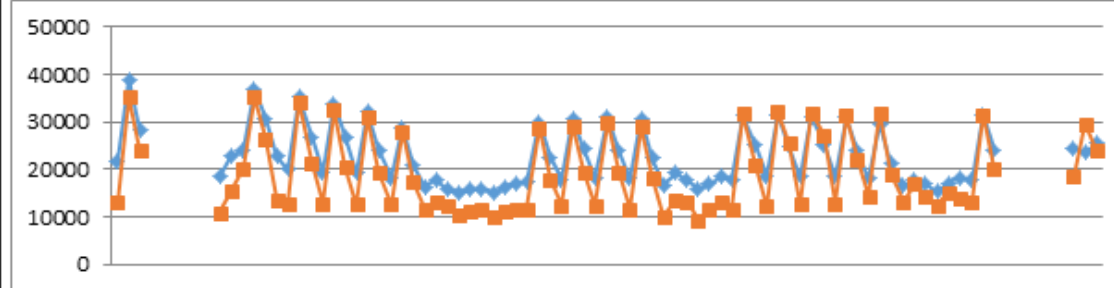
Okrsky: 1633, 1638 (Brno)



B	Výrazně nejvíce lidí v poledne.	Bez výrazné denní změny.	Více lidí v pracovní dny.
----------	---------------------------------	--------------------------	---------------------------

Jde o centra velkých měst, kde dojíždí lidé během týdne za prací. O víkendu již není výrazná denní změna.

Okrsky: 61 (Olomouc), 3119 (Ostrava)



C	Nejvíce lidí v poledne.	Bez výrazné denní změny.	Bez výrazné změny.
----------	-------------------------	--------------------------	--------------------

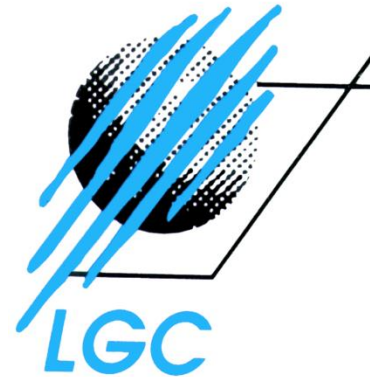
Okrsek získává díky dojíždě za prací více lidí v pracovní poledne. Tento zisk ale není tak výrazný, aby se projevil velkou změnou v mezi všedními dny a víkendy.

Okrsek: 3122 (Ostrava)



AESOP BRNO 2000

BRNO CITY - HUMAN EXPERIENCE



Alois Hynek, Petr Kubíček
Department of Geography
Masaryk University, Brno

- 1. Knox/Hynek schedule - an introduction***
- 2. Human experience representation - integration of geography and cartography***
- 3. Exploratory cartography - concept and intentions, procedures and representations***



BRNO CITY: HUMAN EXPERIENCE

- spatial variations of environmental quality
- asking residents in each 53 localities (city districts)
- their own level of satisfaction with the environment quality
- allocation of penalty points to environment in field survey



Human experience continue

- presence/absence of environmental defects
- upgrading, renewal vs. downgrading, disinvestments
- industrial works, brownfields
- age of the built environment, urban decay
- neighbourhoods since the 50s to the 80s
- islands of better environmental quality



GREATER BRNO: ENVIRONMENTAL QUALITY ASSESEMENT SCHEDULE

(Knox, 1996, completed by Hynek ,1998)

- A** *Traffic*
- B** *Visual quality*
- C** *Access to public open space*
- D** *Access to shops and primary schools*
- E** *Access to public transportation to major centres*
- F** *Landscape quality*
- G** *Air pollution*
- H** *Privacy*
- I** *Noise*
- J** *Safety*
- K** *Street atractivity, public facilities*
- L** *Greenery*
- M** *Street cleanliness and maintenance*
- N** *Housing quality*
- O** *Community, social environment*
- P** *Access to walking, playground, recreation*
- Q** *Place identity*

SCHEDULE SCORE EXAPMLE

penalty points (max 100)

A **Traffic**

normal residential	0
above normal residential	3
large amount ind. and through	6

B **Visual quality**

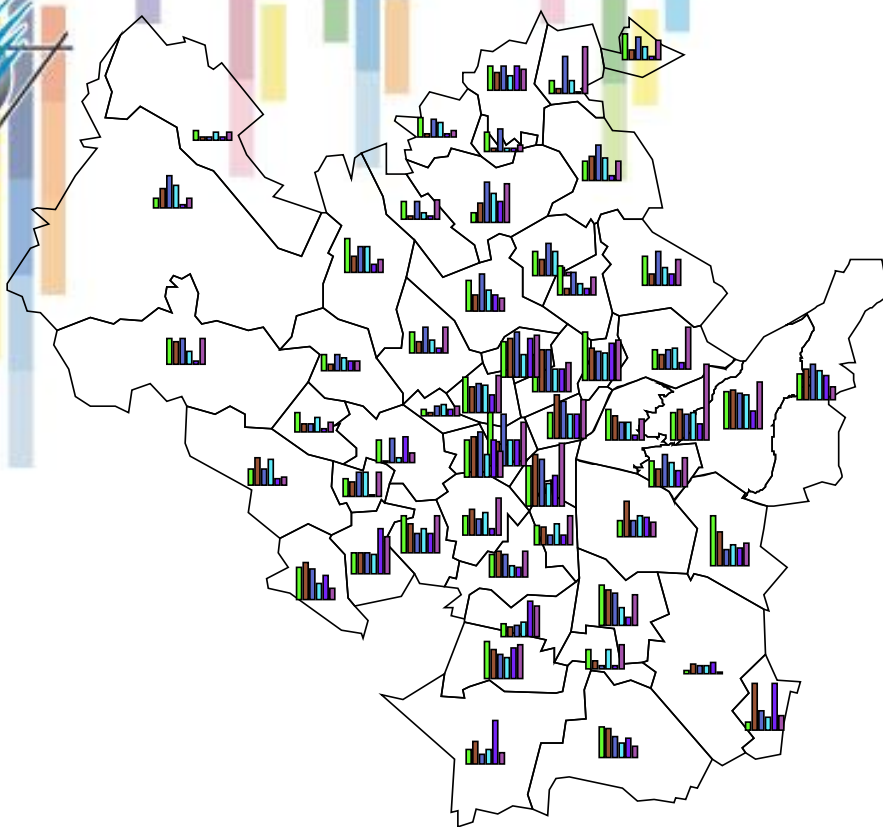
higher standard than environment	0
same standard as environment	1
lower standard than environment	3

C **Access to public open space**

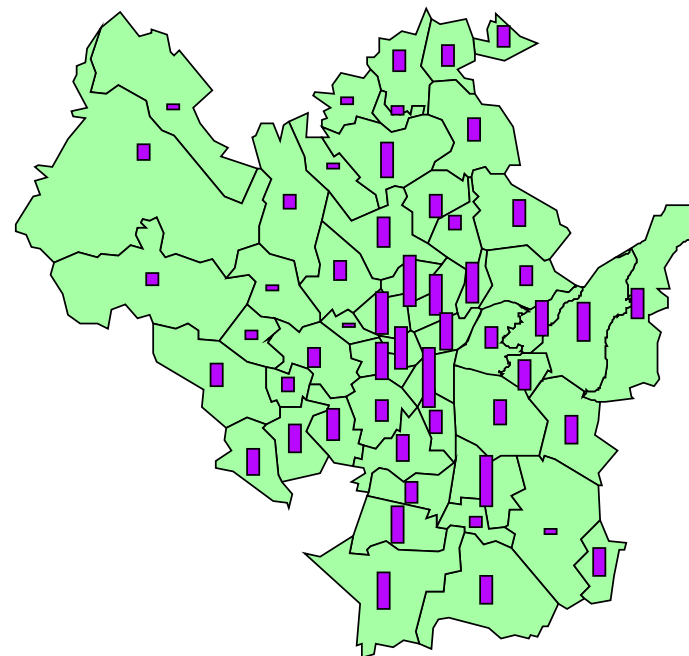
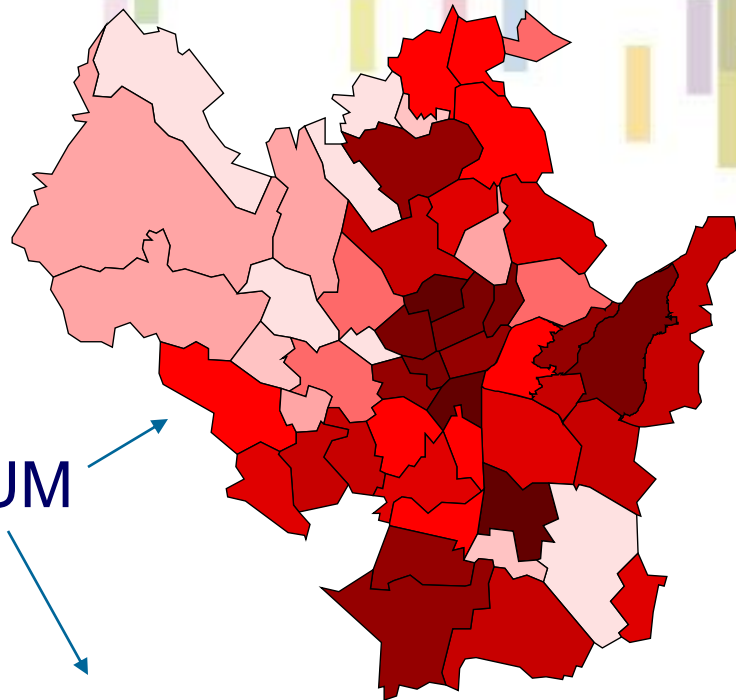
park/POS within 5 min walk	0
no park/POS within 5 min walk	3

D **Access to shops and primary schools**

both within 5 min walk	0
both in 5 min walk	2
shops but no primary schools in 5 min walk	5
no primary schools or shops in 5 min walk	7



SUM



NAKUNC	N2	N3	N4	N5
Jehnice	12	10	0	11
Kninicky	26	3	0	45
Utechov	6	4	0	70
Oresin0	15	0	54	34





CHANGES IN CARTOGRAPHY

(1) *in goals of map use* (a shift from information retrieval toward information exploration)

(2) *in target audience for use* (a shift from general public toward individuals)

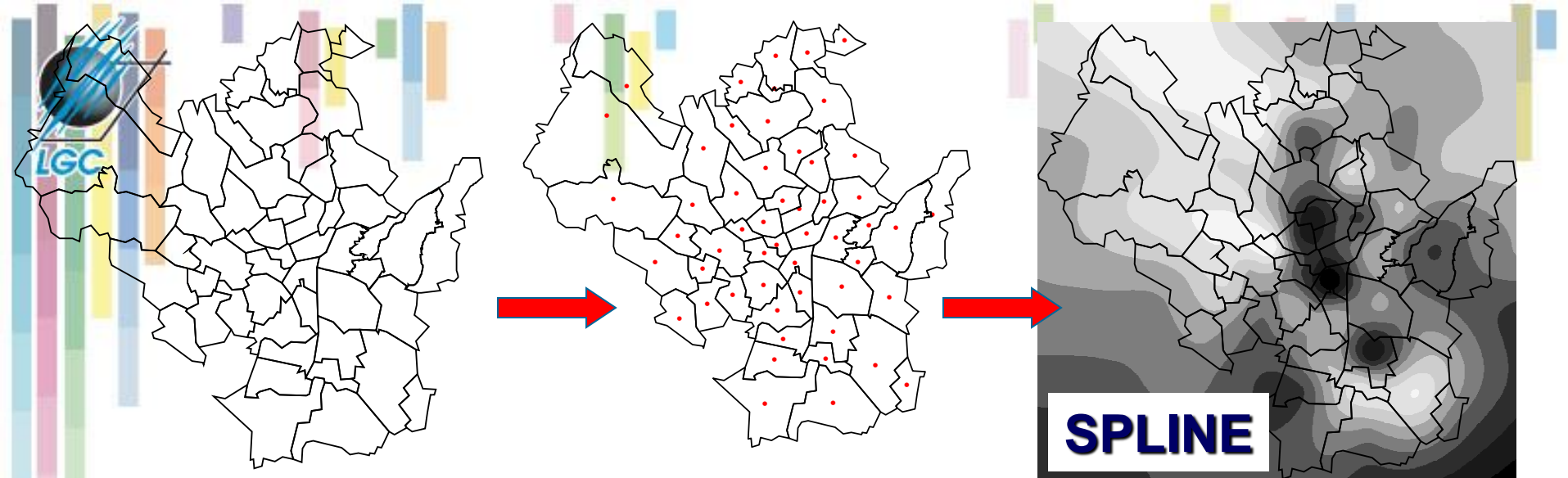
(3) *in flexibility of use* (from inflexible static maps toward highly manipulable dynamic maps)

(MacEachran 1994)

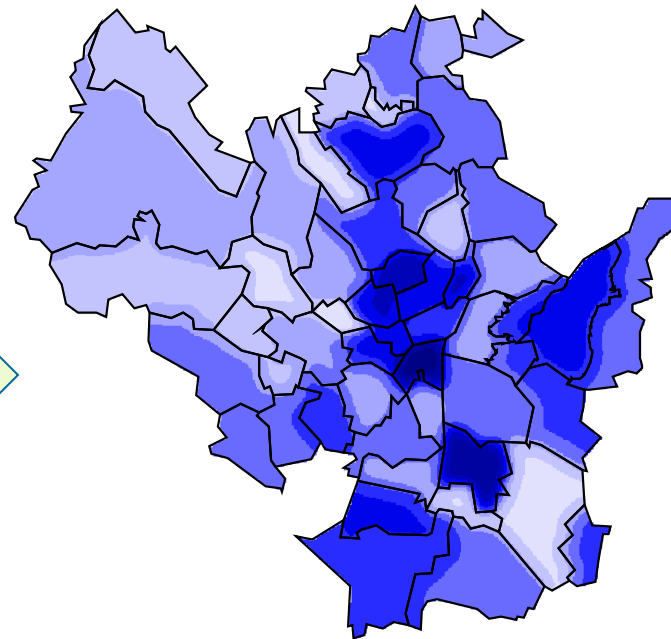
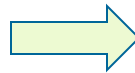
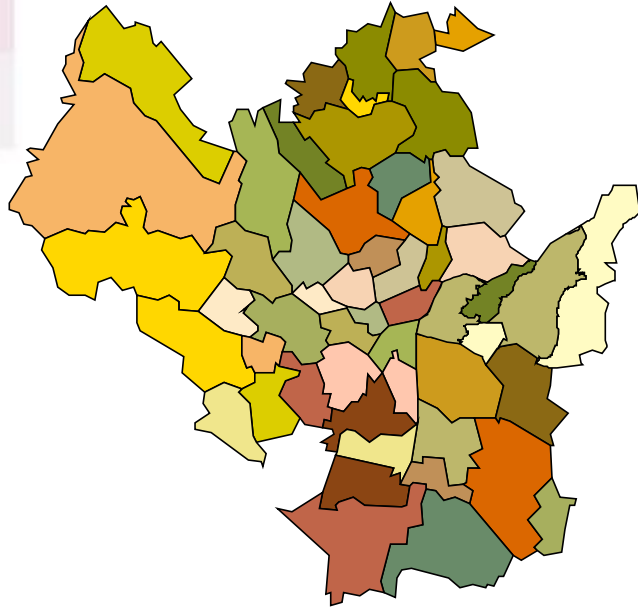


1) Landscape Metaphor

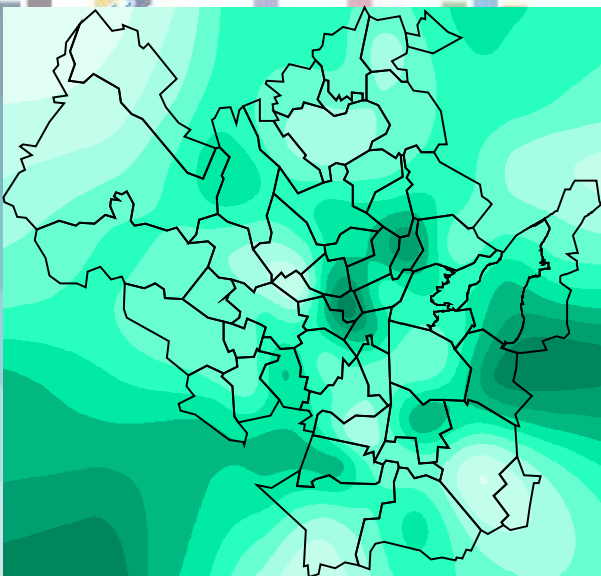
- **Continuous surface representation of statistical data**
- **Visualization + analysis of data distribution**
- **Spatial patterns**
- **Concepts and techniques developed for real terrain surfaces (surface derivatives and statistics, cross sections, geomorphometry..)**
- **Population density measurements (Wood et al 1999)**



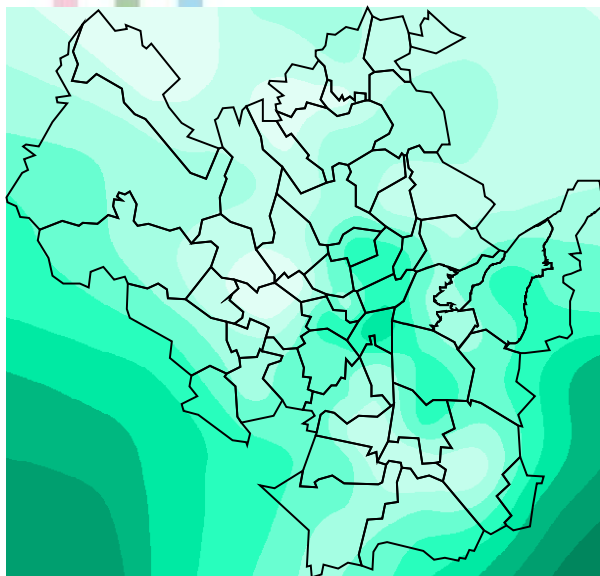
Pycnophylatic interpolation



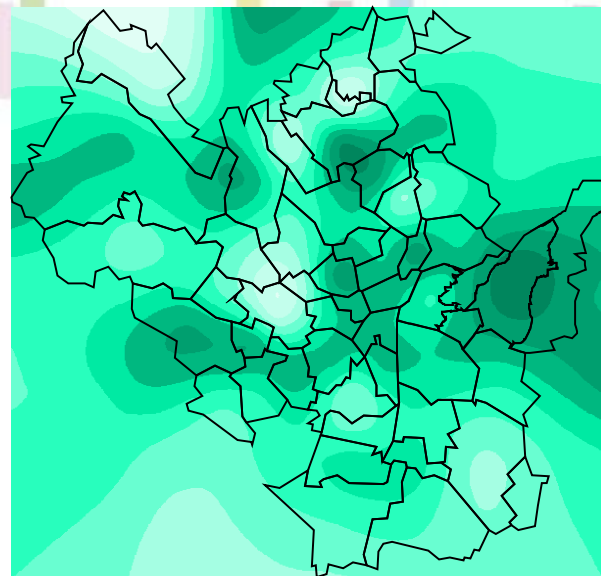
**Mass
preserving
interpolation**



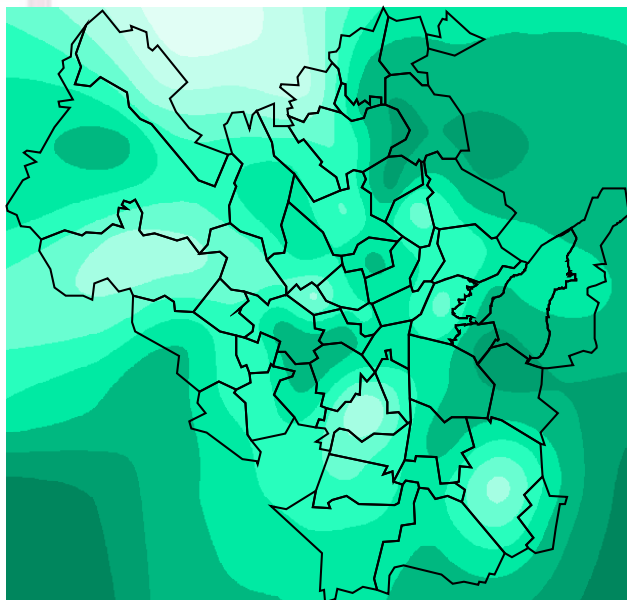
Greenery



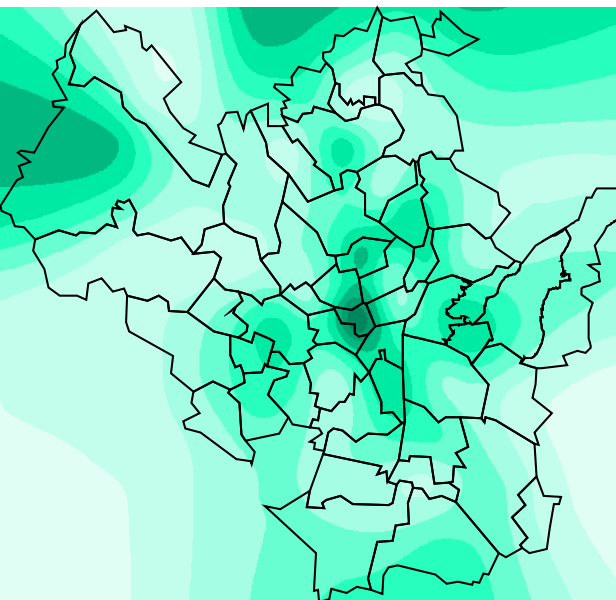
Housing



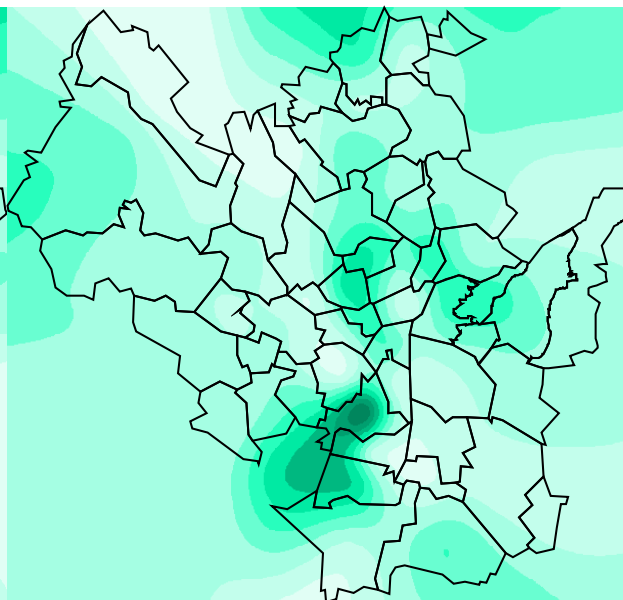
Leisure



Maintenance



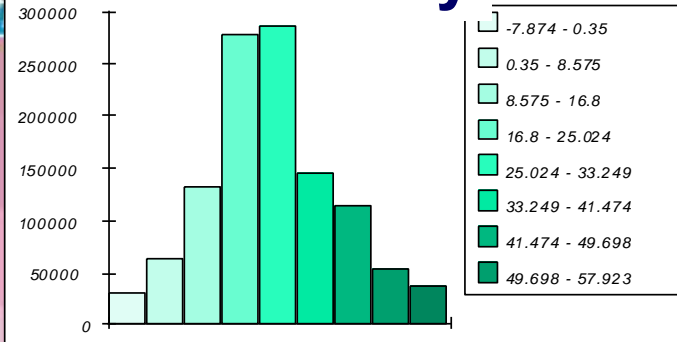
Place identity



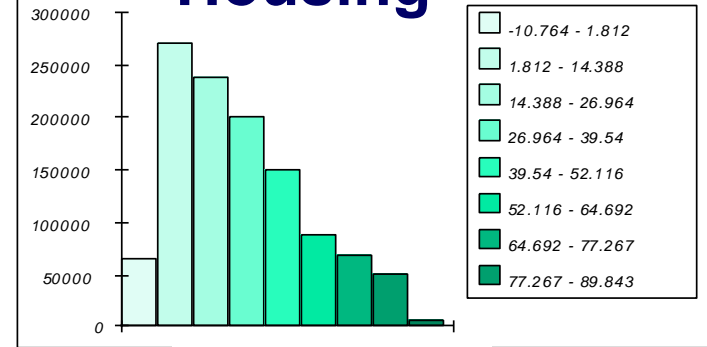
Safety

HISTOGRAMS

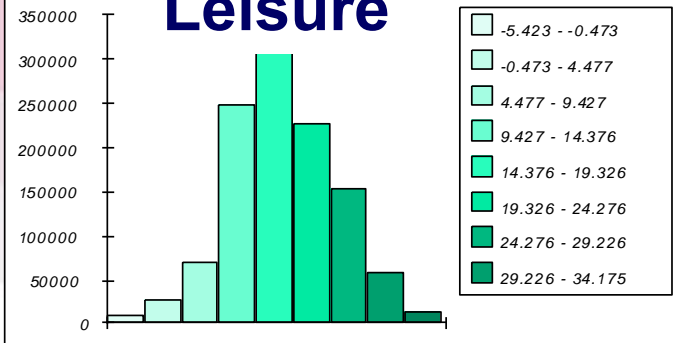
Greenery



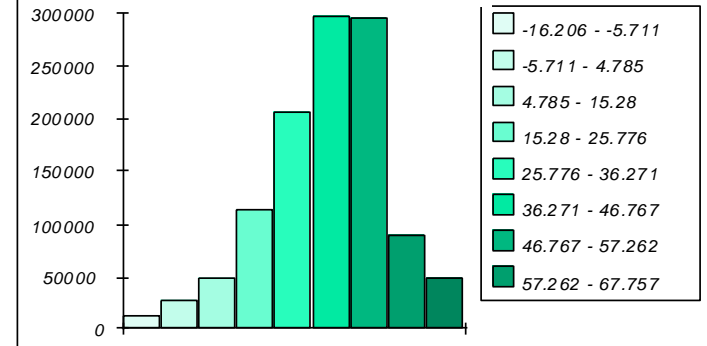
Housing



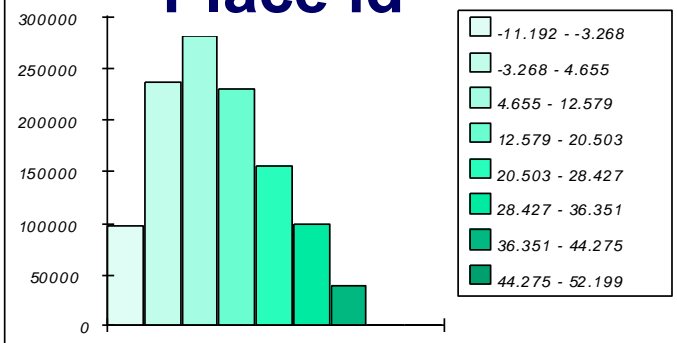
Leisure



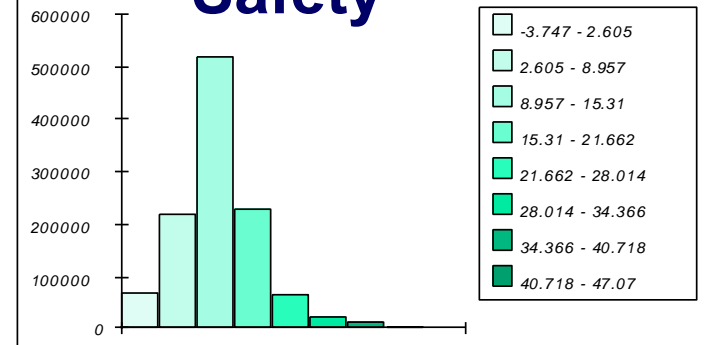
Mainten.

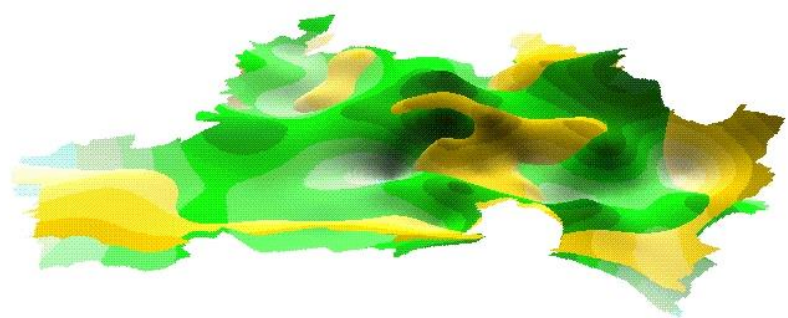
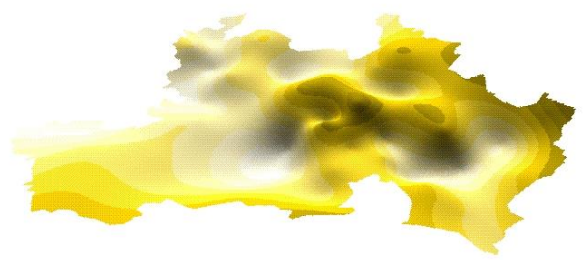
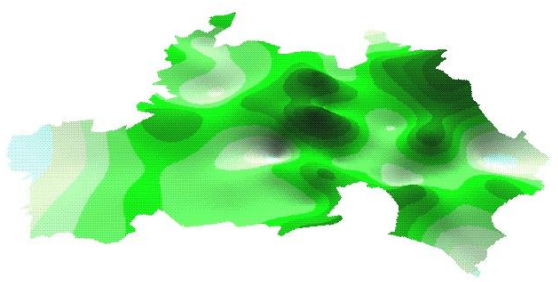


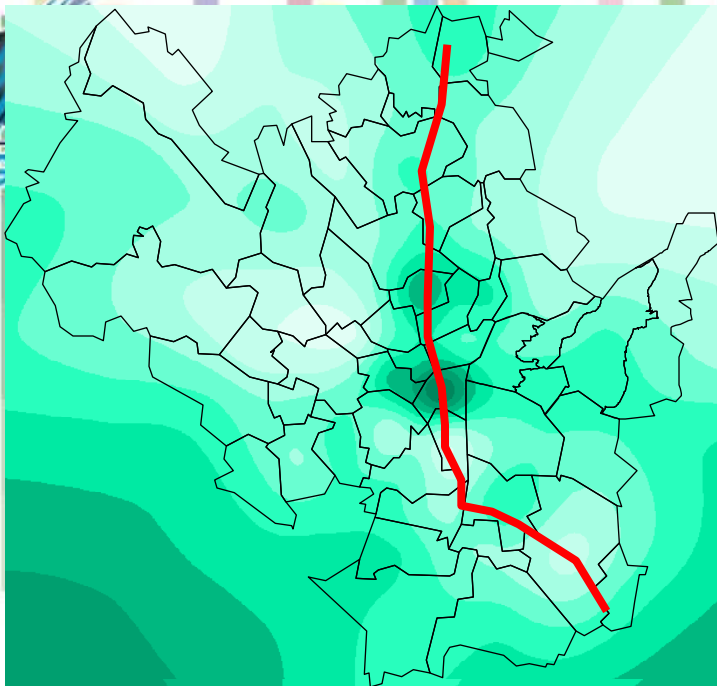
Place id



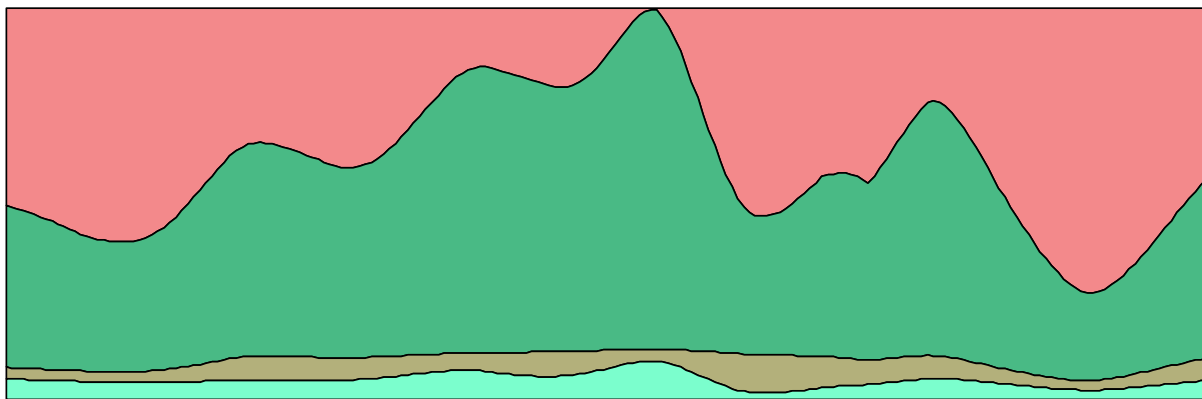
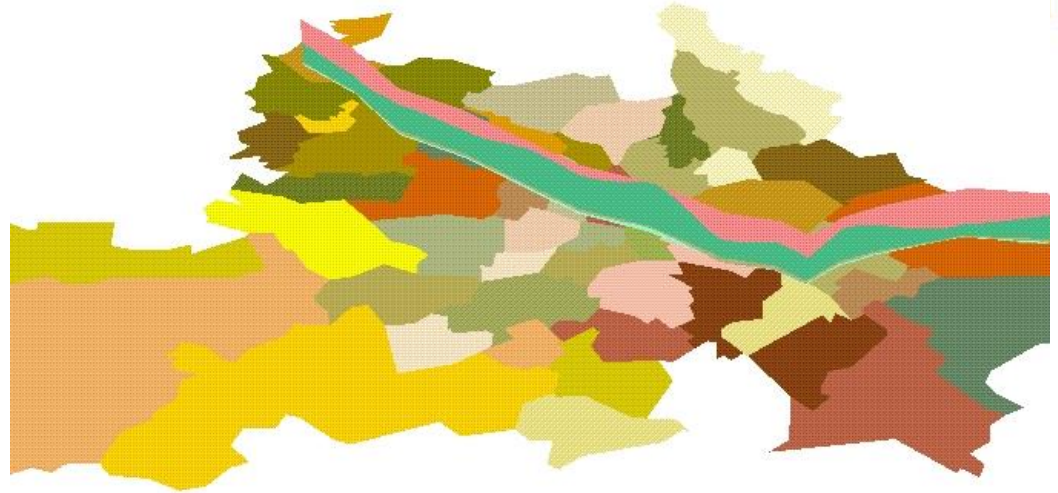
Safety







3D Cross section



Cross section

- Upper limit
- Brno_min
- Brno_max
- Sum

6 0 6 12 Kilometers

A horizontal scale bar with four segments. The segments are labeled with the numbers 6, 0, 6, and 12. The word "Kilometers" is written at the end of the bar. The bar is black with white tick marks.



2) EXPLORATORY CARTOGRAPHY

- Acts in the **exploratory stage** of the research process
- data sets are viewed and reviewed under **changing cartographic conditions**
- attempts to elicit **patterns and trends** which might be present, and to assess their validity
- fostering **ideas and discovery** rather than presenting conclusions,
- provides **dynamic displays**
- encourages **experimentation with** different combinations of **data and graphic symbols**

“VISUAL THINKING”

cdv View Control Panel

cdv 1.1

Stranice

V1=45
V1=45
V1=45

Zoom Select ? All None

v1:	1	Pocet
v2:	1	Pocet
v3:	1	Pocet

1-2 1-3 2-3 Scales

List of data

Colour symbolism control

Base Map Selected

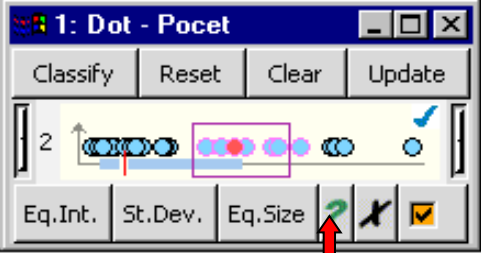
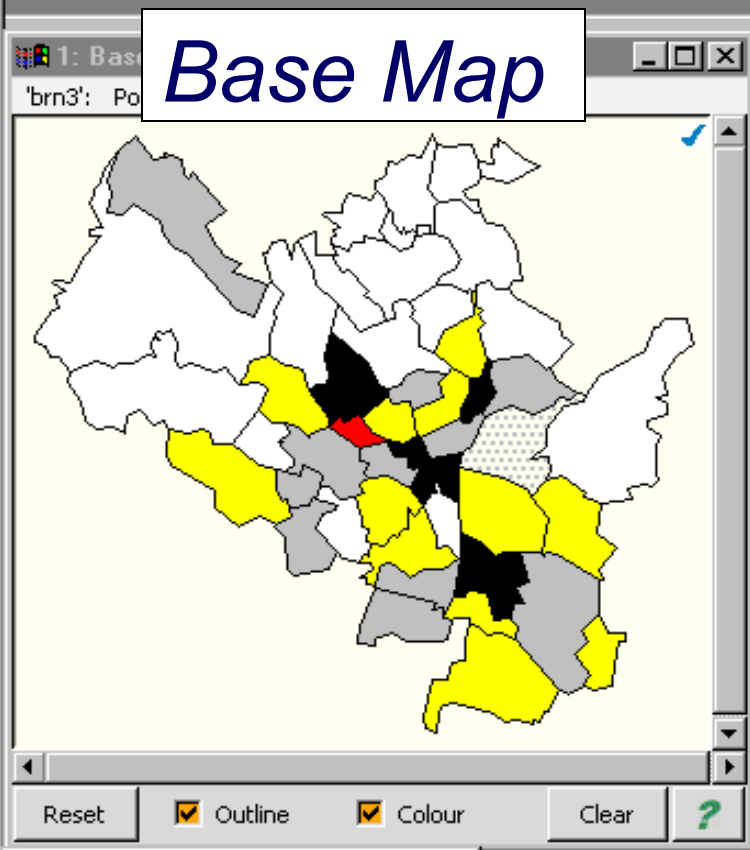
Base Map Selected

Sizes RGB Legend

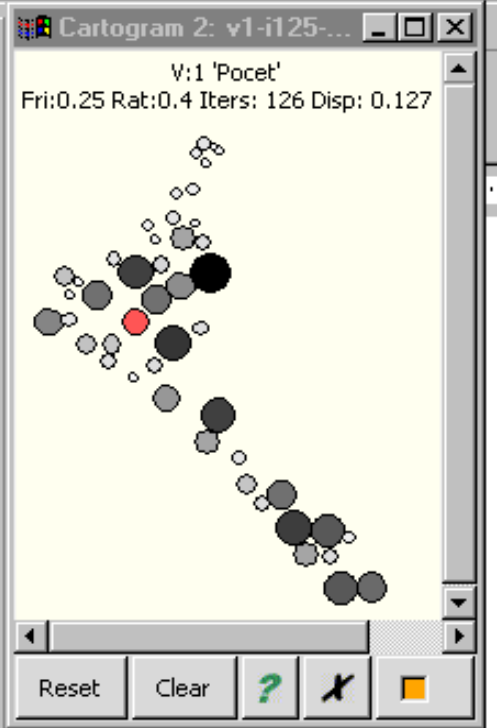
Calculate Names

Vars: Re-Set

Cdv Widgets



Box plot - Statistical distribution of single variables



Non-continuous cartogram representation of spatial units

Dykes, 1999



PRELIMINARY RESULTS

ad 1) Landscape Metaphor

- Variables with the highest overall score - K - M - B - J - L - respondent champions
- Slope of Brno City Sum - contrasting areas.

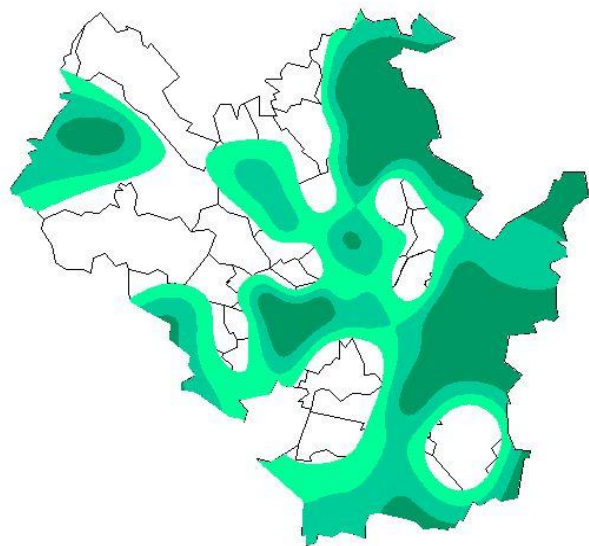
ad 2) cdv exploration

Multidimensional Signature of K - M - B - J - L versus Mean and Sum champions

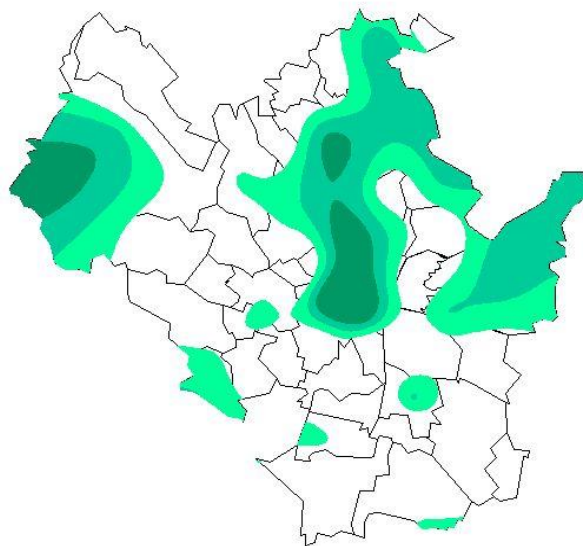
Multidimensional Signature of K - M - B versus QoE variables

Respondent champions

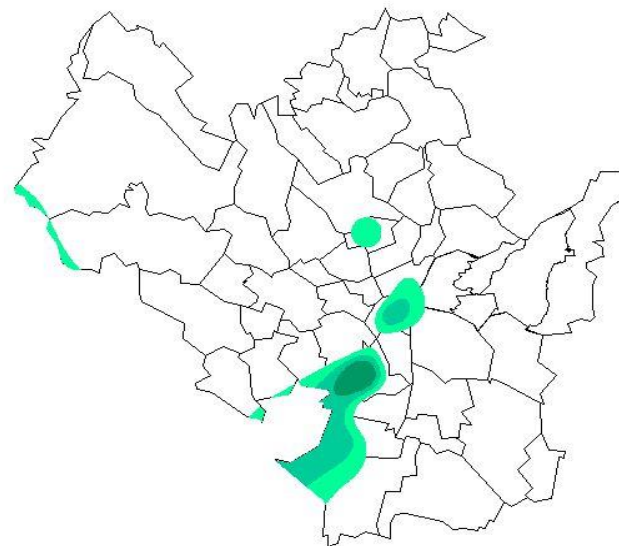
3 top classes



ATTRACT

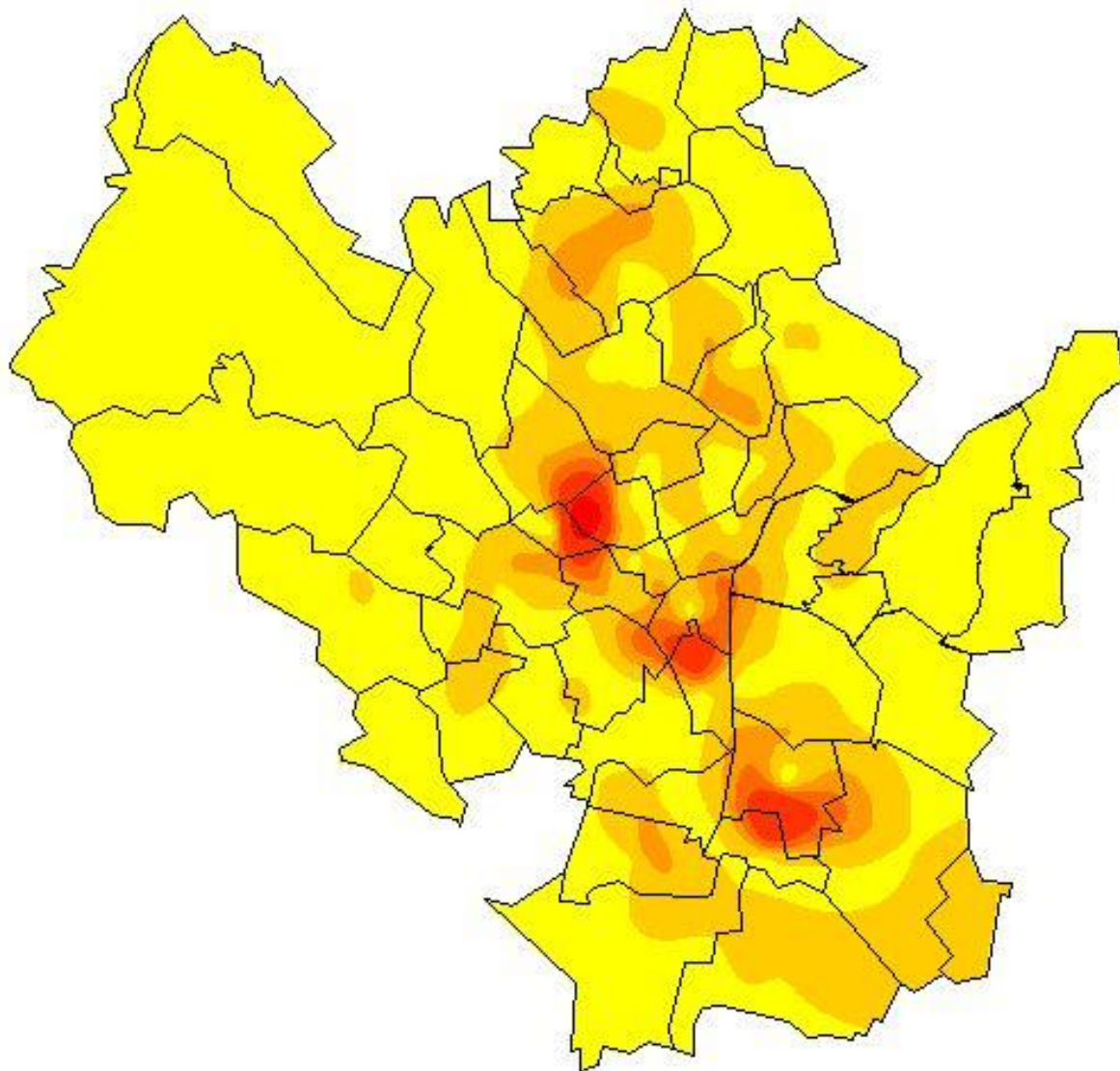


CLEAN



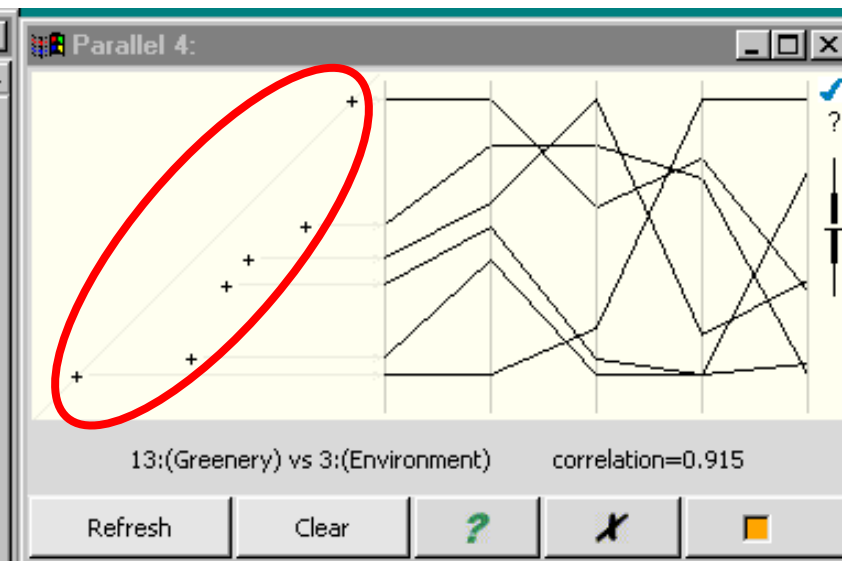
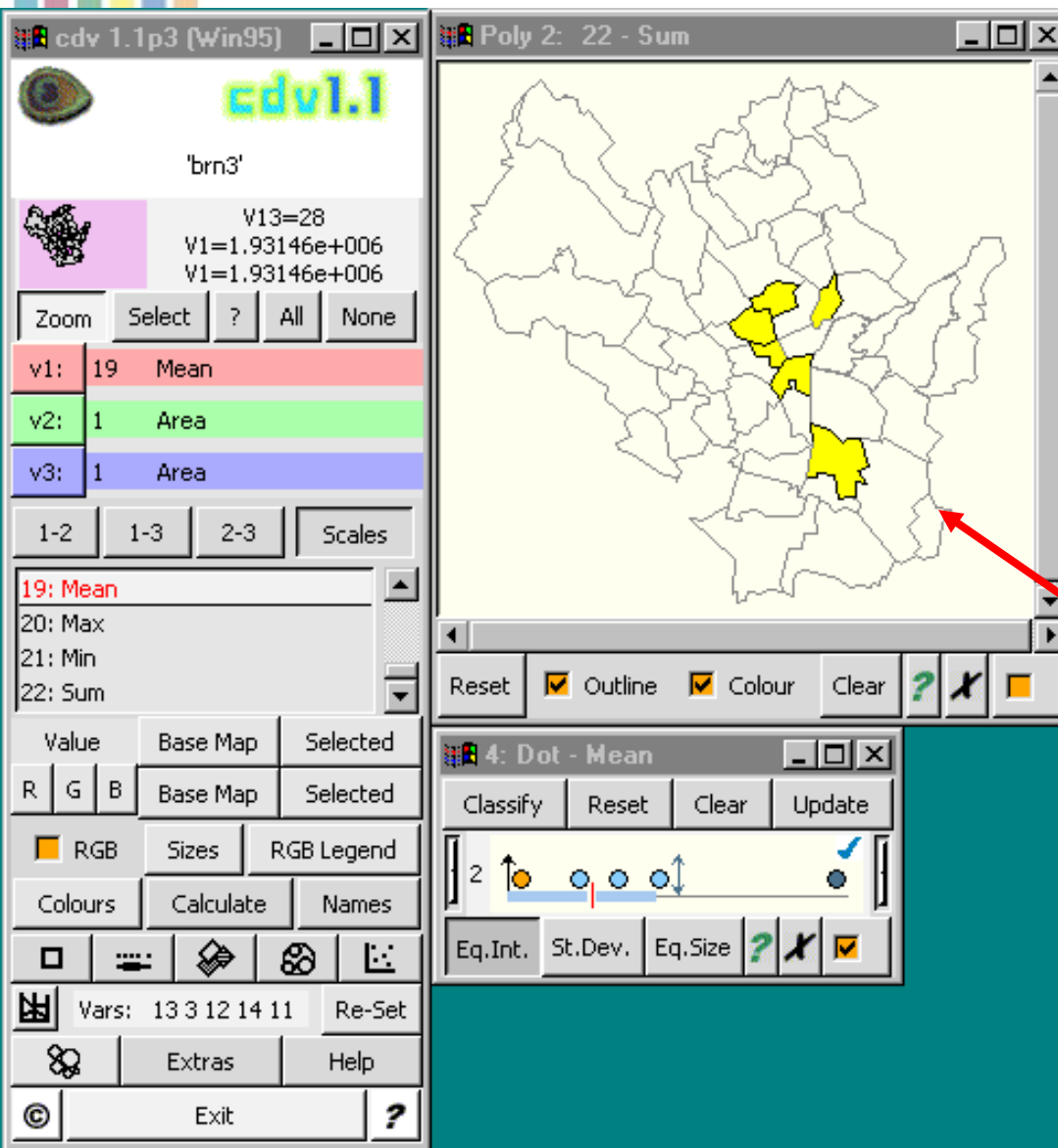
VIS_Q

SLOPES OF BRNO CITY SUM





K - M - B - J - L SIGNATURE VERSUS MEAN AND SUM CHAMPIONS



Mean and Sum Champions:

Trnitá

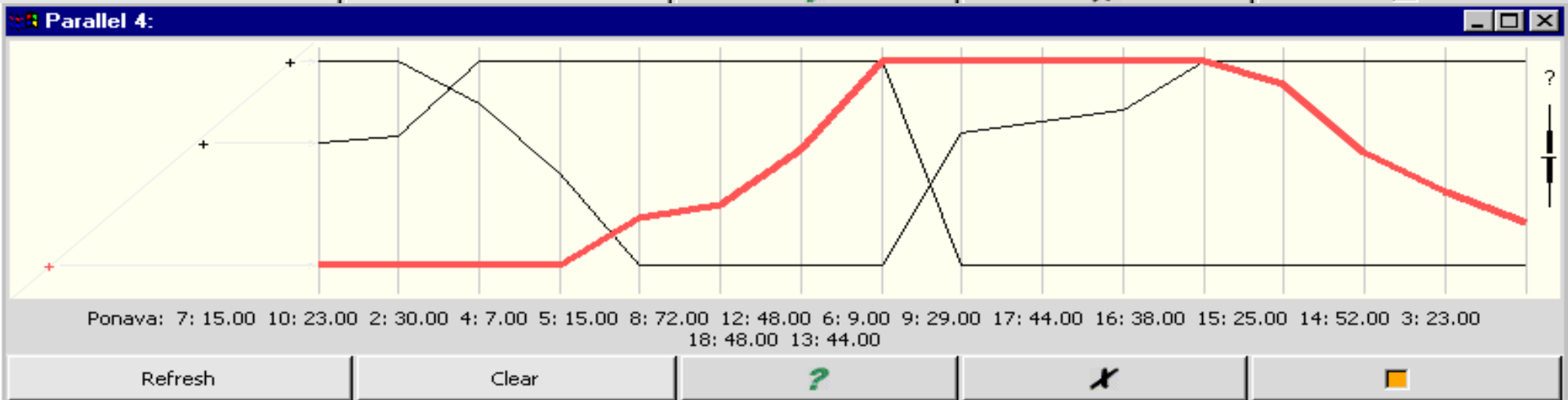
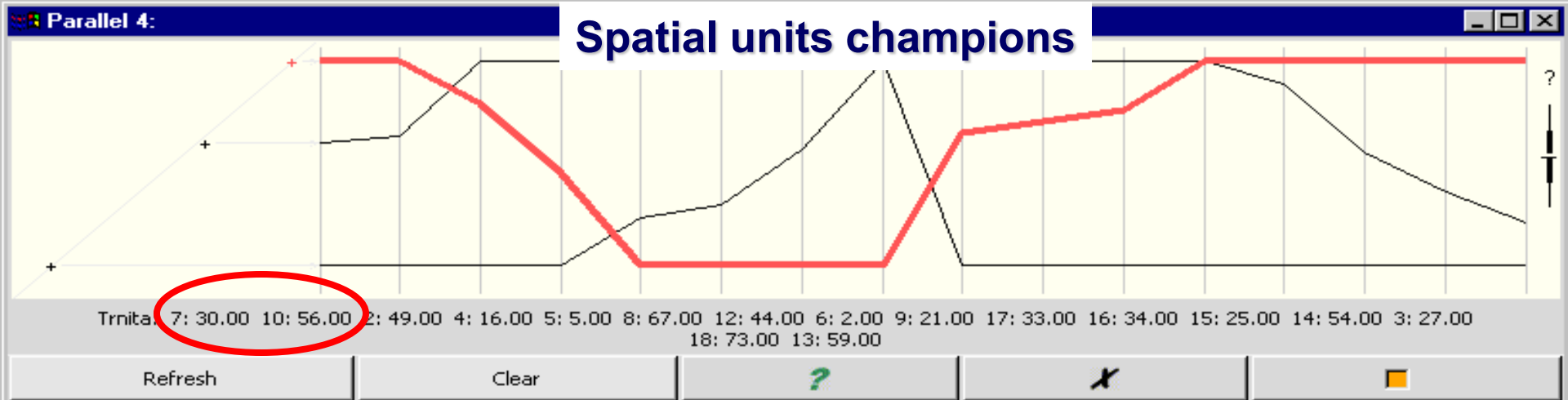
Brněnské Ivanovice

Ponava

Veveří

Brno City

Spatial units champions





CONCLUSIONS

Two approaches:

- scientific (Czech Academy of Science)
- human experience - based on “subjective” perception of residents

Exploration

Main outputs:

- strategy for Brno (City district councils - QoE time sequence)
- NGO, gender studies, minorities, youth - HUMAN experience
- Department of Geography’s issue for under and post graduate students



Dotazy?

Články pro příští hodinu

- Rein Ahas , Siiri Silm , Olle Järv , Erki Saluveer & Margus Tiru (2010): **Using Mobile Positioning Data to Model Locations Meaningful to Users of Mobile Phones**, *Journal of Urban Technology*, 17:1, 3-27.

Otázky:

1. *Na jakém konceptuálním datovém přístupu je článek postaven?*
2. *S čím byly výsledky srovnávány?*
3. *Jaká byla použita základní terminologie?*
4. *Jaká byla prostorová přesnost modelu (Geographical Accuracy)?*

Článek II.

- Olle Järv , Henrikki Tenkanen and Tuuli Toivonen (2017): **Enhancing spatial accuracy of mobile phone data using multi-temporal dasymetric interpolation.** *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE*, VOL. 31, NO. 8, 1630–1651.
- *Otázky:*
 1. *Jaká je podstata použité dasymetrické interpolace a jaký byl použit postup?*
 2. *Co nového přináší multi-temporal function-based dasymetric (MFD) model a jak by se dal využít v podmínkách ČR.*