



GIS4SG

Časoprostorová data v GIS

podzim 2023

Lukáš Herman

herman.lu@mail.muni.cz

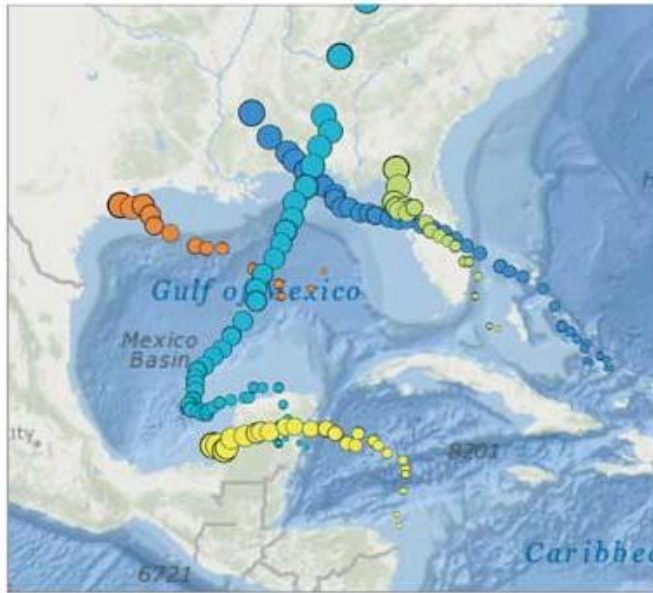


S jakými typy časoprostorových dat se můžeme v GIS setkat ...

Temporal Data Types

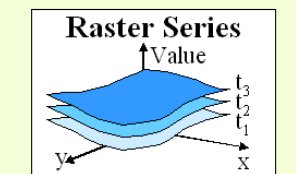
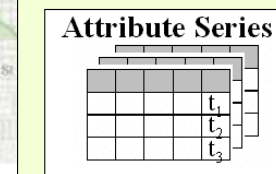
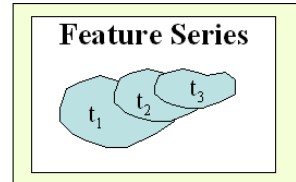
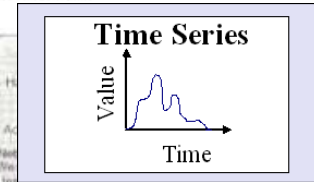
Moving Features

Features that move over space, like storms



Discrete Events

Features that represent events that happened at specific locations and times, like accidents



Temporal Data Types

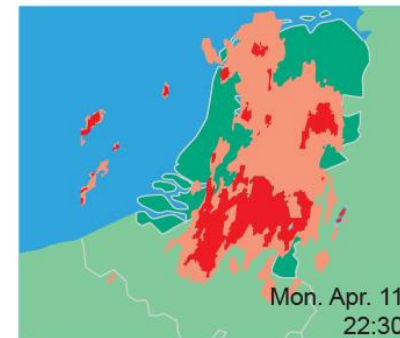
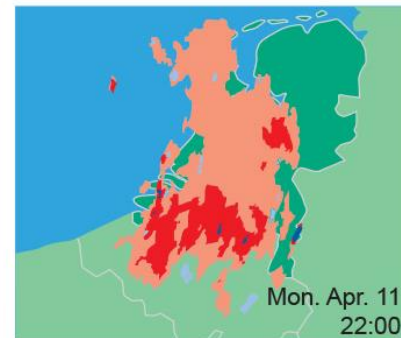
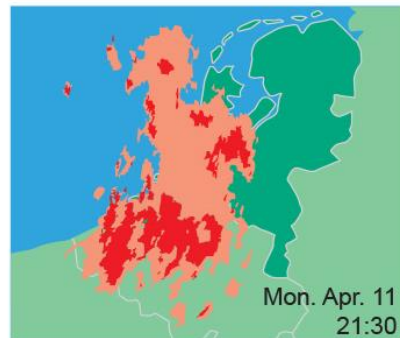
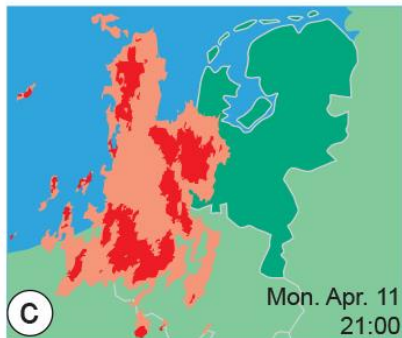
Stationary Recorders

Features representing sensors that stay in place and record changes, like live stream gauges

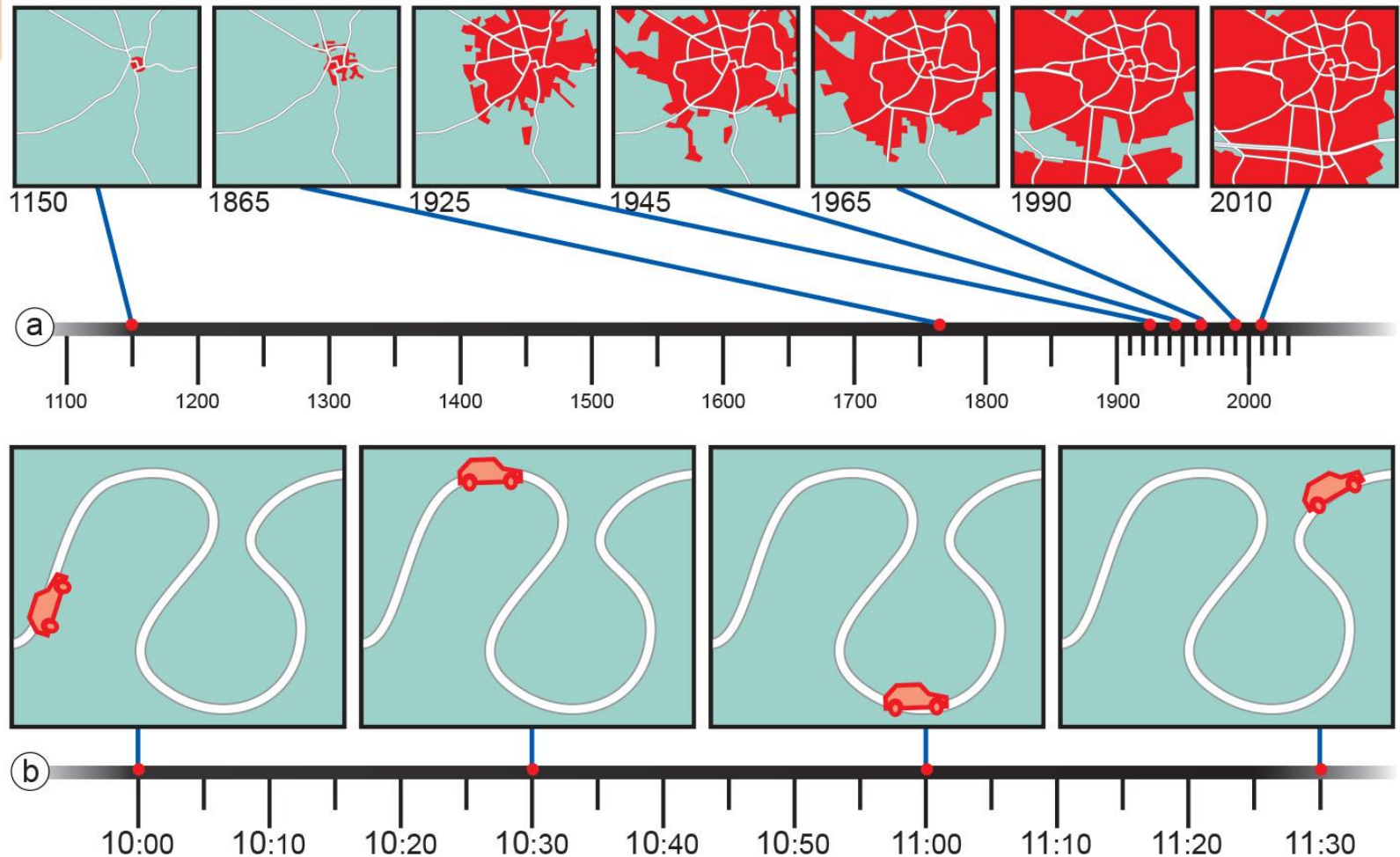


Change/Growth

Features that represent change in an area over time, like a fire perimeter



... příklady bližší SG



- **Pravidelný versus nepravidelný rytmus**



Jednotky

- Soustava SI – základní jednotka - sekunda
 - mezinárodní značka s
 - je definována jako doba trvání 9 192 631 770 period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133.
- Soustava SI dovoluje používat dekadické násobky a díly
 - milisekundou (značka ms), mikrosekundou (μ s), nanosekundou (ns) a pikosekundou (ps)
 - minuta, značka min, 1 min = 60 s
 - hodina, značka h, 1 h = 60 min = 3600 s
 - den, značka d, 1 d = 24 h = 86 400.
- Jiné jednotky času?



Datum

- ISO YYYY-MM-DD
- ISO 8601: Data elements and interchange formats
- Information interchange international standard covering the exchange of date and time related data.
- 12/24 h
- Různé kalendáře

Date	2023-03-06
Date and time in UTC	2023-03-06T15:46:53+00:00 2023-03-06T15:46:53Z 20230306T154653Z
Week	2023-W10
Week with weekday	2023-W10-1
Ordinal date	2023-065



Absolutní a relativní čas

Absolutní

- Newton
- snaží se usadit zobrazovanou problematiku do konkrétního časového okamžiku a využívá nějaký existující kalendář, respektive časový systém.
- Příklad: Bitva na Bílé hoře 8. listopadu 1620.

Relativní

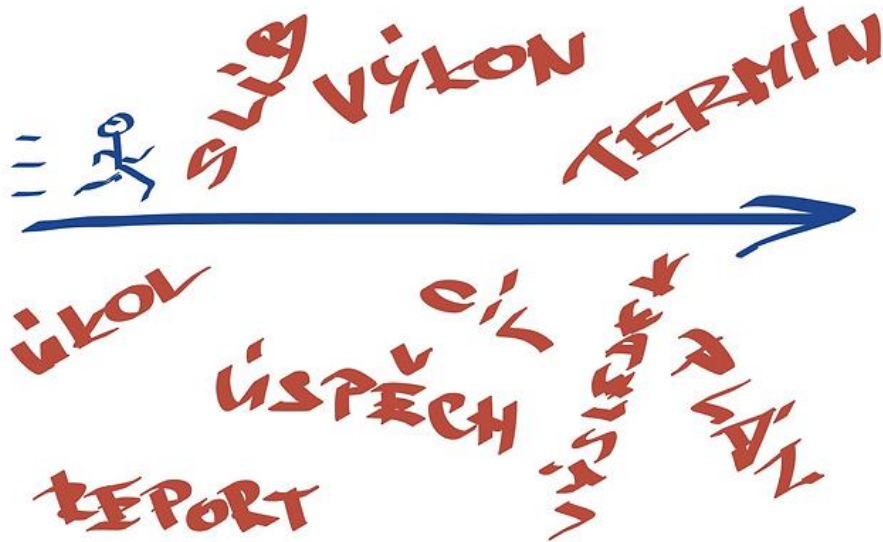
- Aristoteles, filozofie
- Prostor a čas popisují vztahy mezi objekty
- Ukazuje na běh času v rámci zobrazovaných událostí.
- Příklad: 51. minuta fotbalového utkání



Cyklický a lineární čas

Lineární čas

- Čas vnímán jako přímka



Cyklický čas

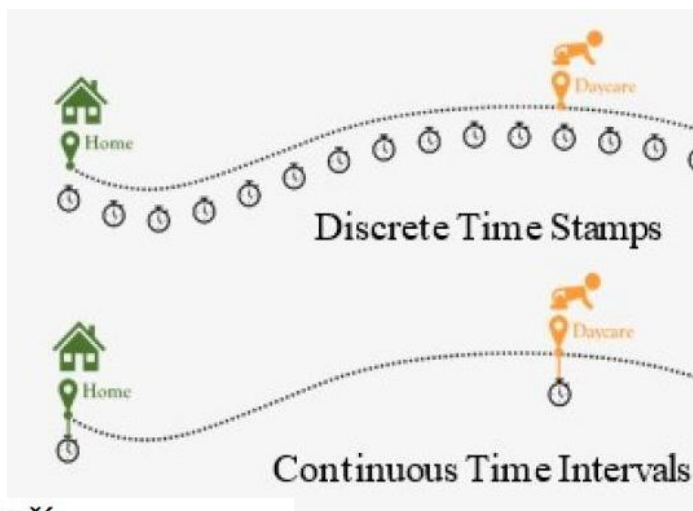
- Východní filozofie
- „vše se opakuje“



Diskrétní a kontinuální

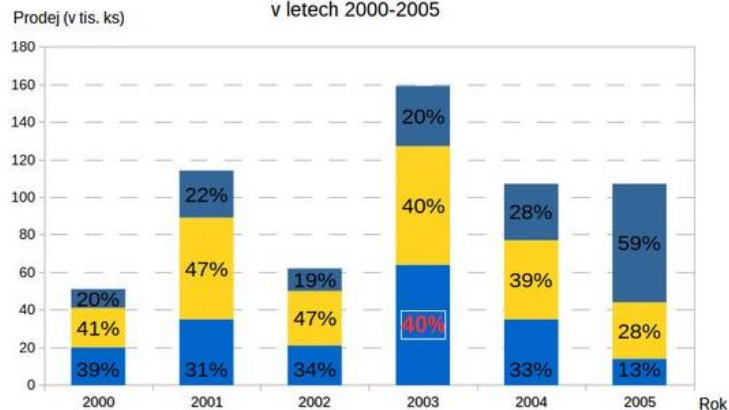
Diskrétní čas

Kontinuální čas

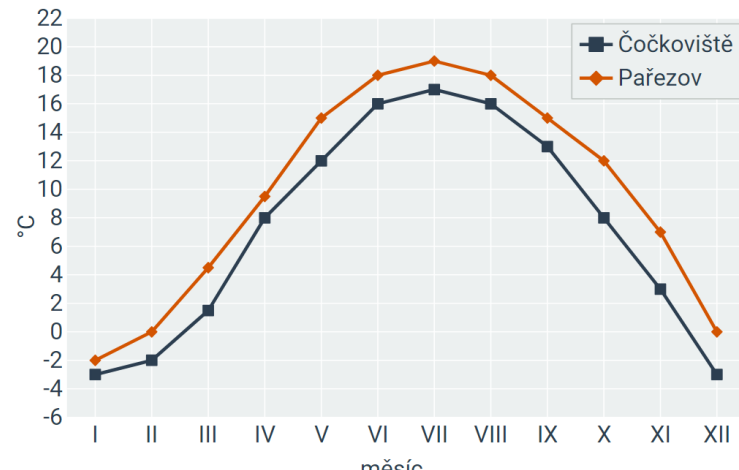


Prodeje druhů zboží

v letech 2000-2005

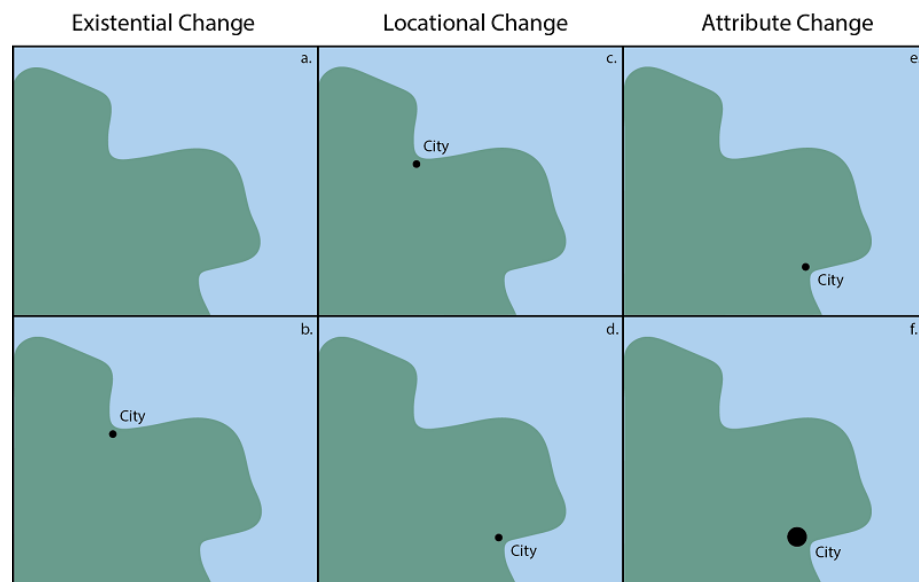
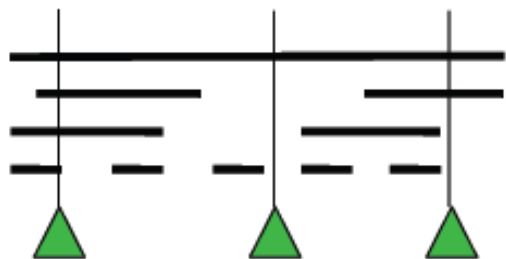


Průměrná teplota v rámci roku



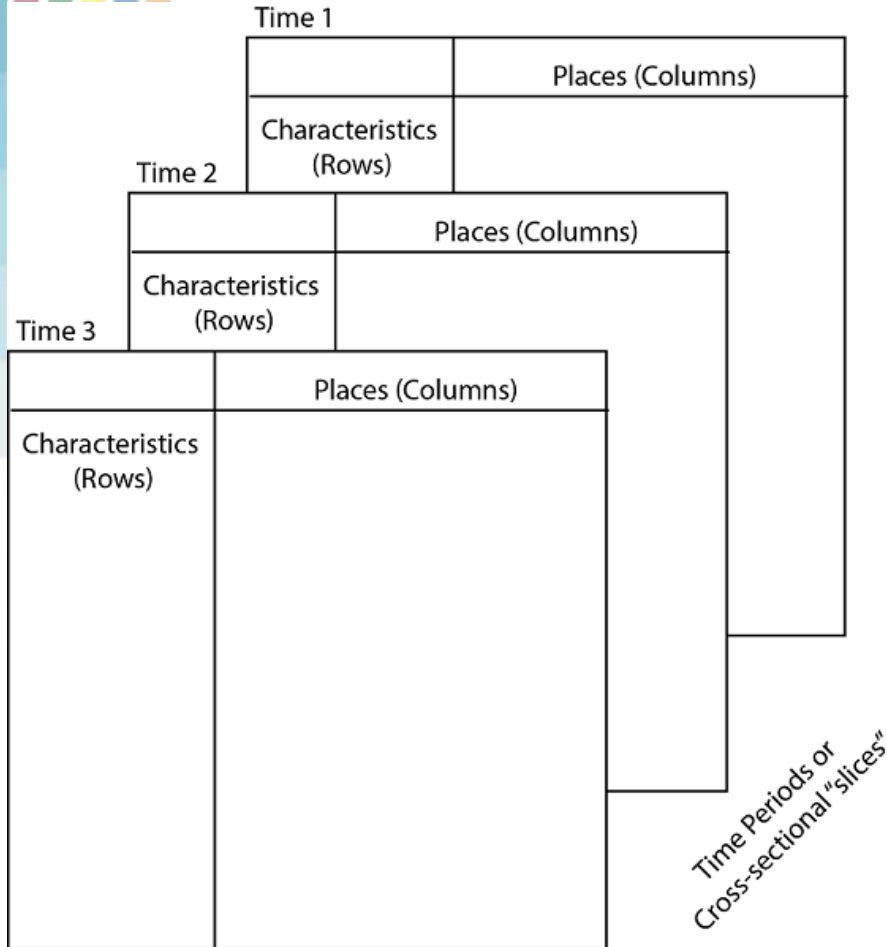
- změny polohy či velikosti objektu v čase,
- změny prostorových vztahů v čase,
- změny vlastností v čase.

- Měření –
změny nemusí
být zaznamenány





Jak je uloženo v GIS



OBJECTID *	VolcanoNam	Magnitude	Year	Sequence *
2652	VESUVIO	5	79	1
76	TAUPO VOLC CENTRE	6	186	2
2653	VESUVIO	3	203	3
2654	VESUVIO	4	222	4
2655	VESUVIO	4	235	5
2425	ETNA	1	252	6
2231	ILOPANGO	6	260	7
4038	WHITE RIVER	5	310	8
3790	NEWBERRY VOLCANO	4	315	9
2656	VESUVIO	3	472	10
4039	WHITE RIVER	6	525	11
811	RABAU	6	540	12
3016	ASO	3	553	13
3791	NEWBERRY VOLCANO	3	620	14
3306	OSHIMA	3	650	15

Temporal attribute

Sequential attribute

(0 out of 4263 Selected)



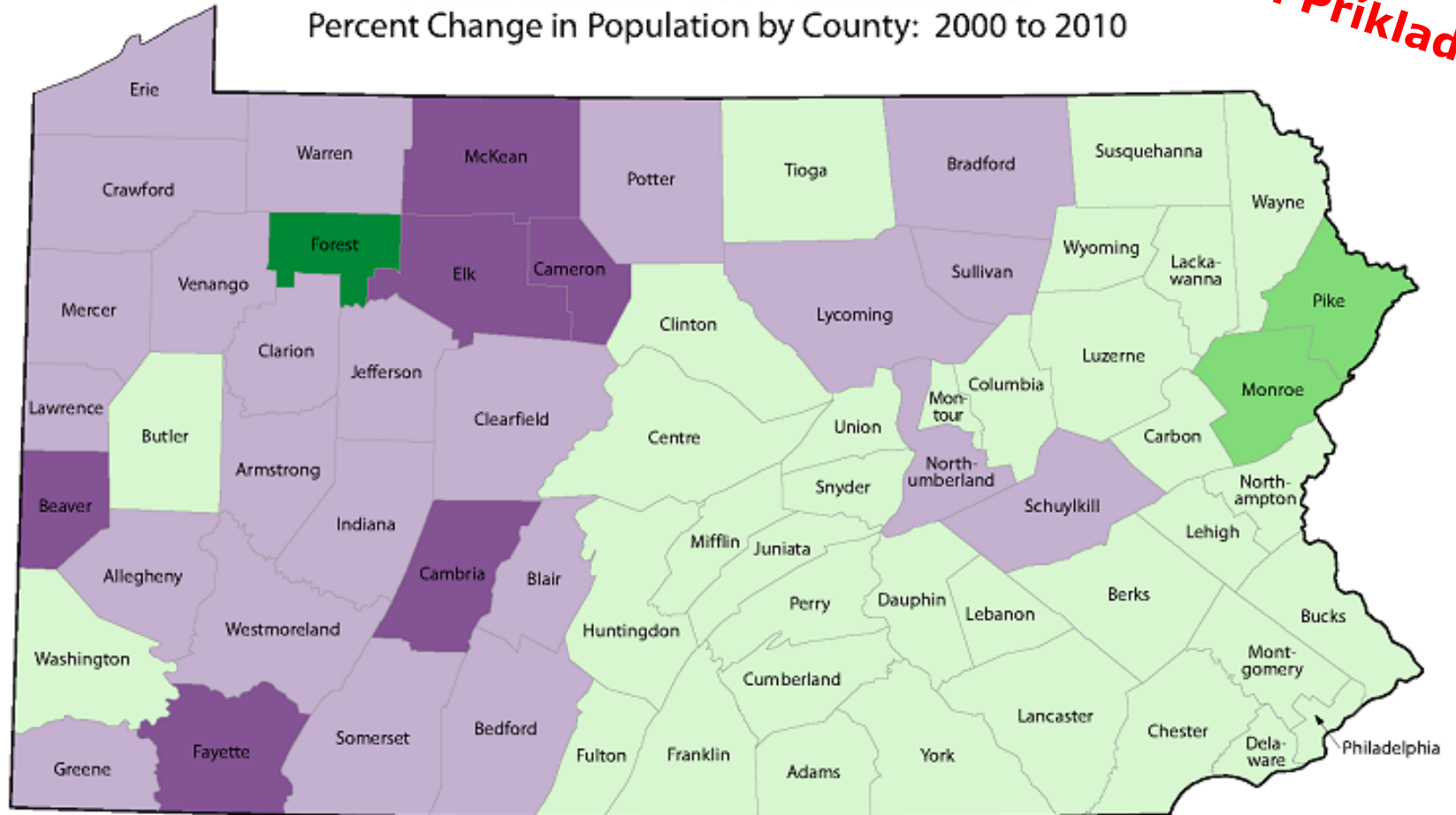
Ukazatele vývoje

- **absolutní míry rozdílnosti**
 - absolutní rozdíl, resp. absolutní přírůstek
- **relativní míry rozdílnosti**
 - indexy

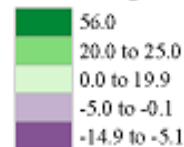


1. Příklad

PENNSYLVANIA - 2010 Census Results Percent Change in Population by County: 2000 to 2010



Percent Change



Percent Change for State: 3.4%



- **Indexy změn**

- Bazické
- Řetězové

Bazické indexy

- indexy, jež jsou počítány ke stále stejnému základu (základnímu období)

$$I_q = \frac{q_1}{q_0} \quad I_q = \frac{q_2}{q_0} \quad I_q = \frac{q_3}{q_0}$$

Řetězové indexy

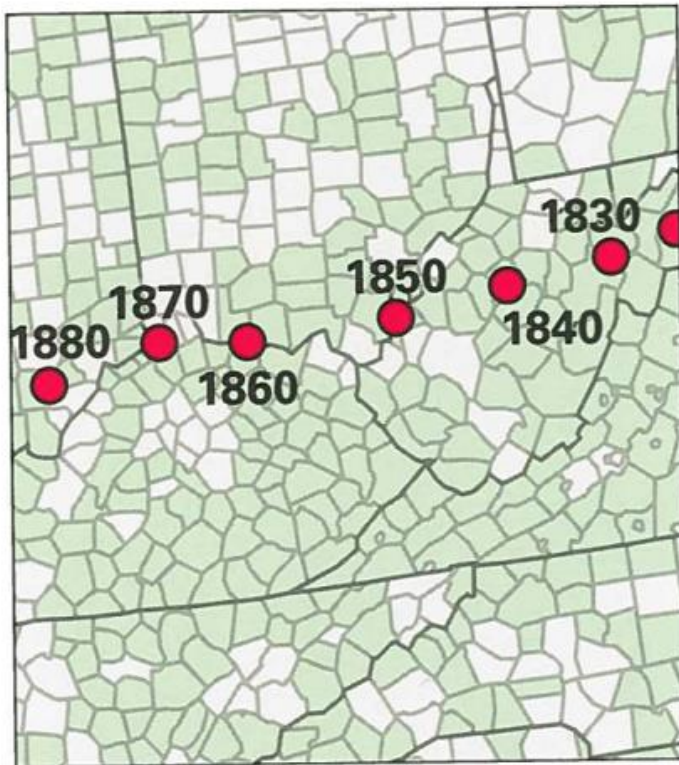
- indexy počítané vždy vzhledem k předchozímu období

$$I_q = \frac{q_1}{q_0} \quad I_q = \frac{q_2}{q_1} \quad I_q = \frac{q_3}{q_0}$$

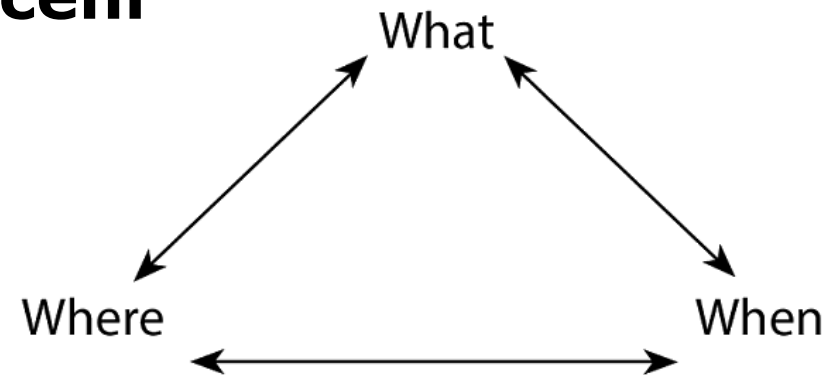
Príloha 1: Vývoj počtu obyvatel a index změny na brněnských sídlištích v roce 1991 a 2001.

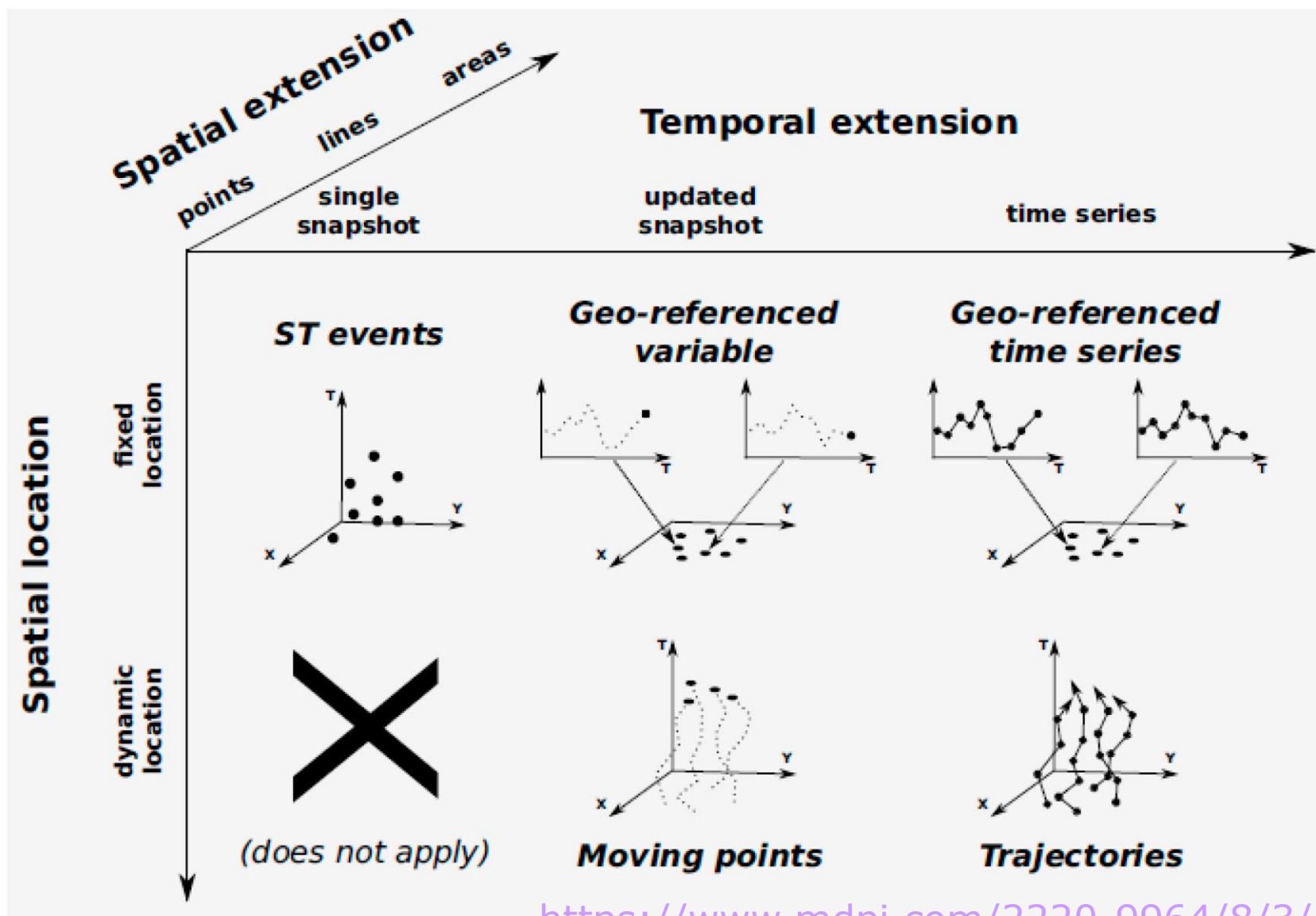
sídliště	1991	2001	index změny
Bohunice	17 172	16 076	0,94
Bystrc	21 600	21 671	1,00
Černá Pole	2 691	2 436	0,91
Juliánov	2 997	3 231	1,08
Jundrov	2 092	2 067	0,99

- **Vizuální explorace**
- **Statistická analýza/modelování**
- **Data mining/strojové učení**



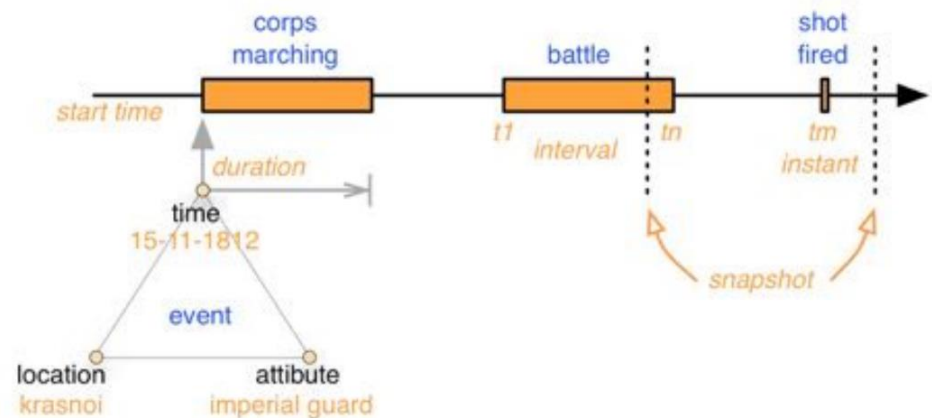
(Center of Rural Population, 1790 to 2000)



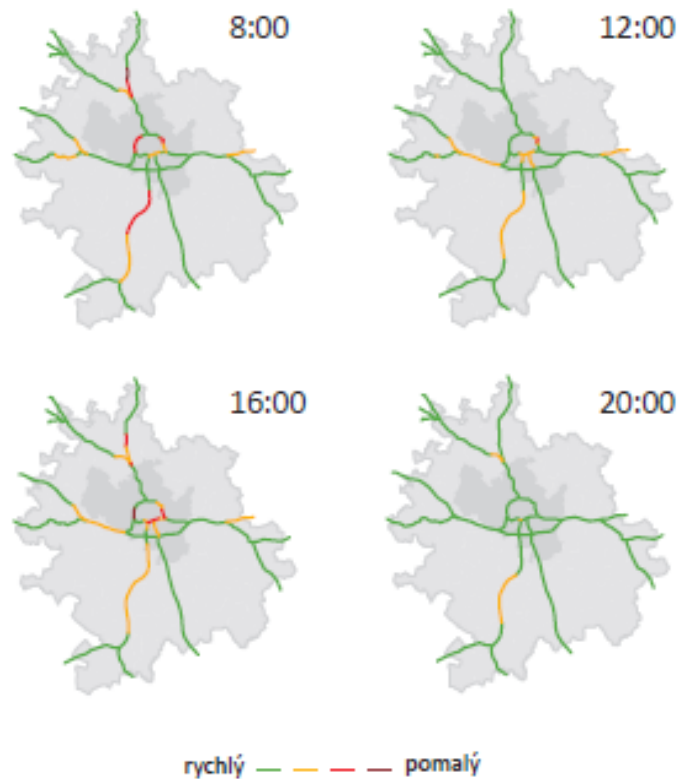


Vizualizace

2. Příklad

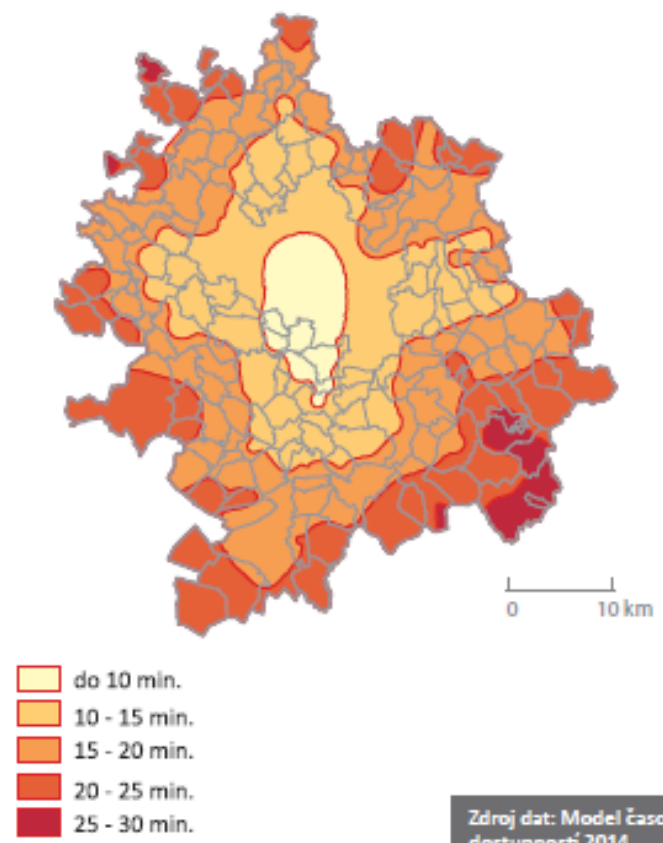


PLYNULOST PROVOZU NA VYBRANÝCH ÚSECÍCH SILNIČNÍ SÍTĚ



Zdroj dat: Mapy Google 2015

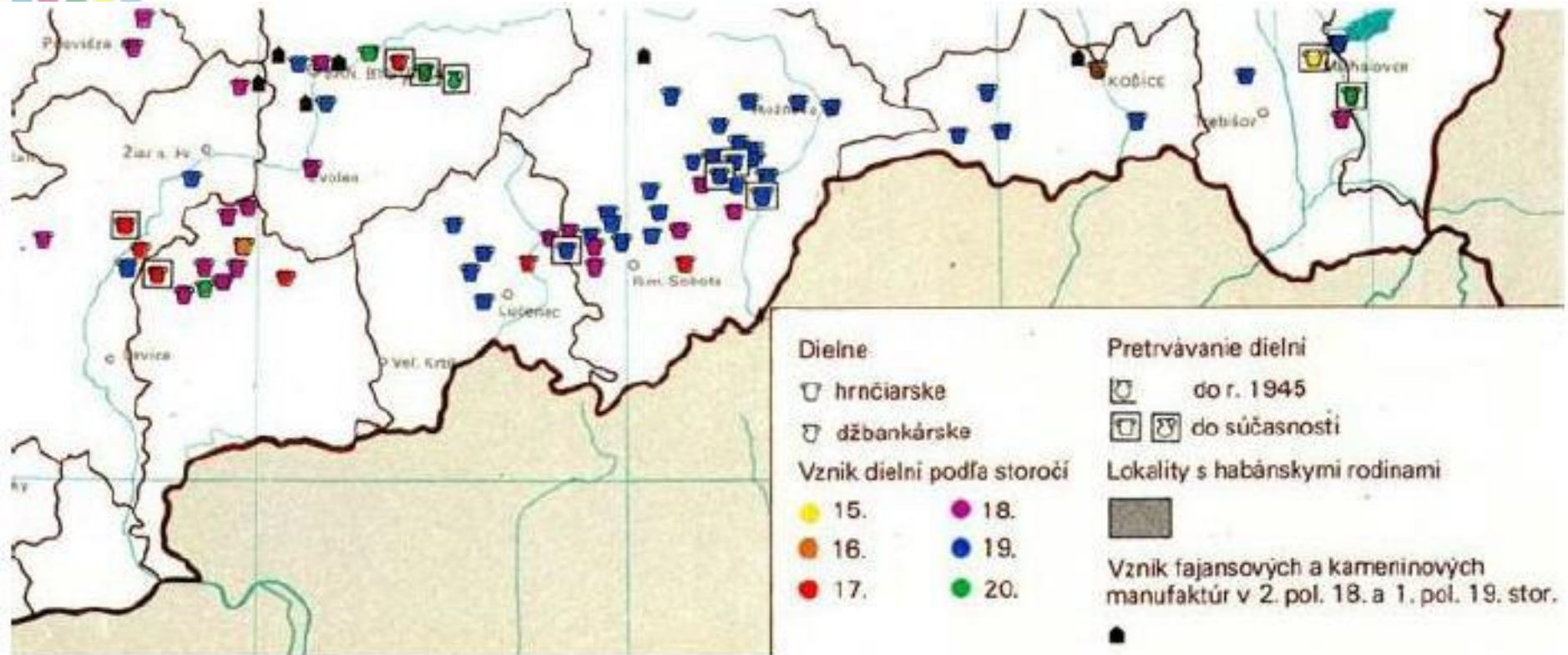
ČASOVÁ DOSTUPNOST BRNA Z OBCÍ BMO INDIVIDUÁLNÍ AUTOMOBILOVOU DOPRAVOU



Zdroj dat: Model časových dostupností 2014

Bodové symboly

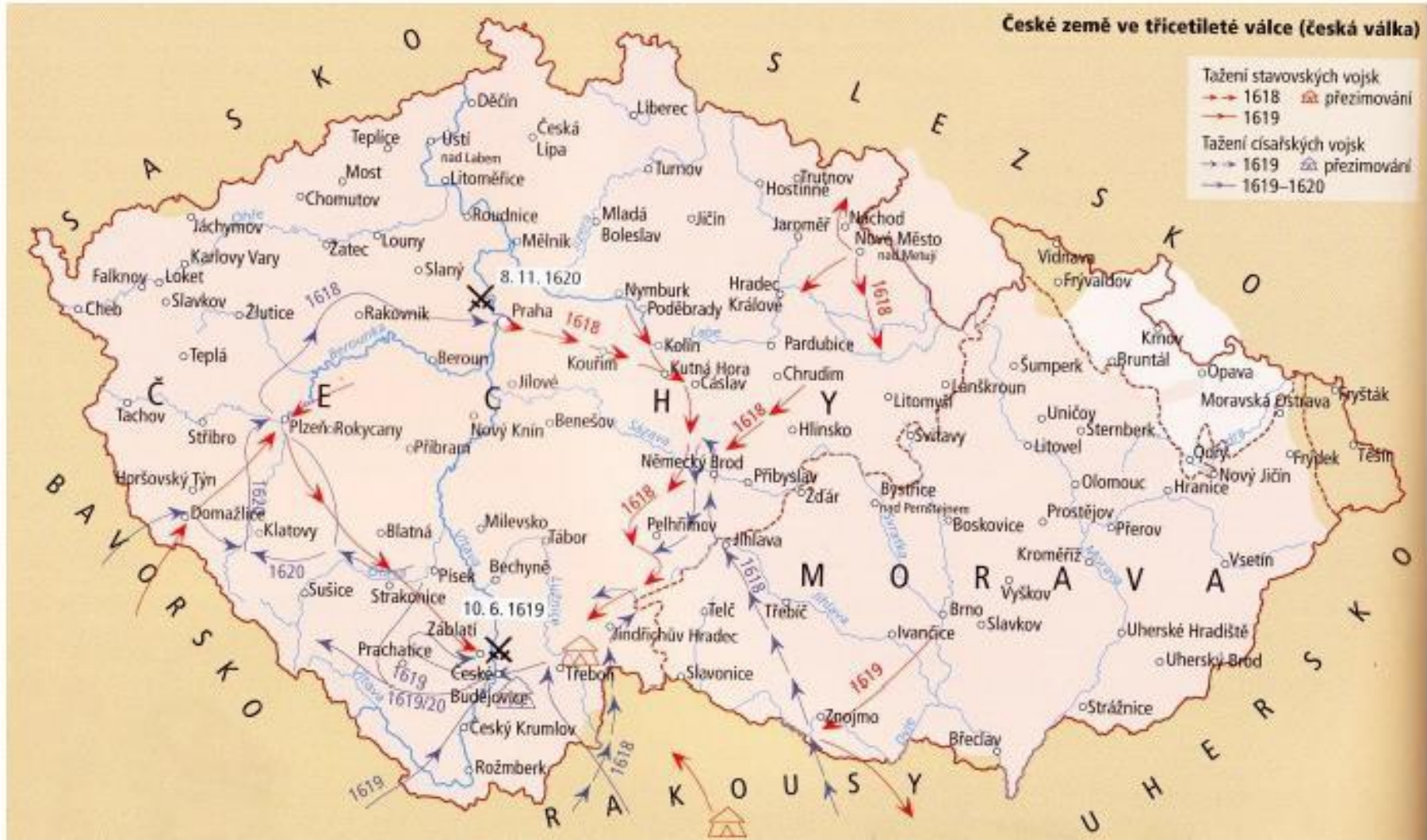
3. Příklad





Pohybové linie

4. Příklad

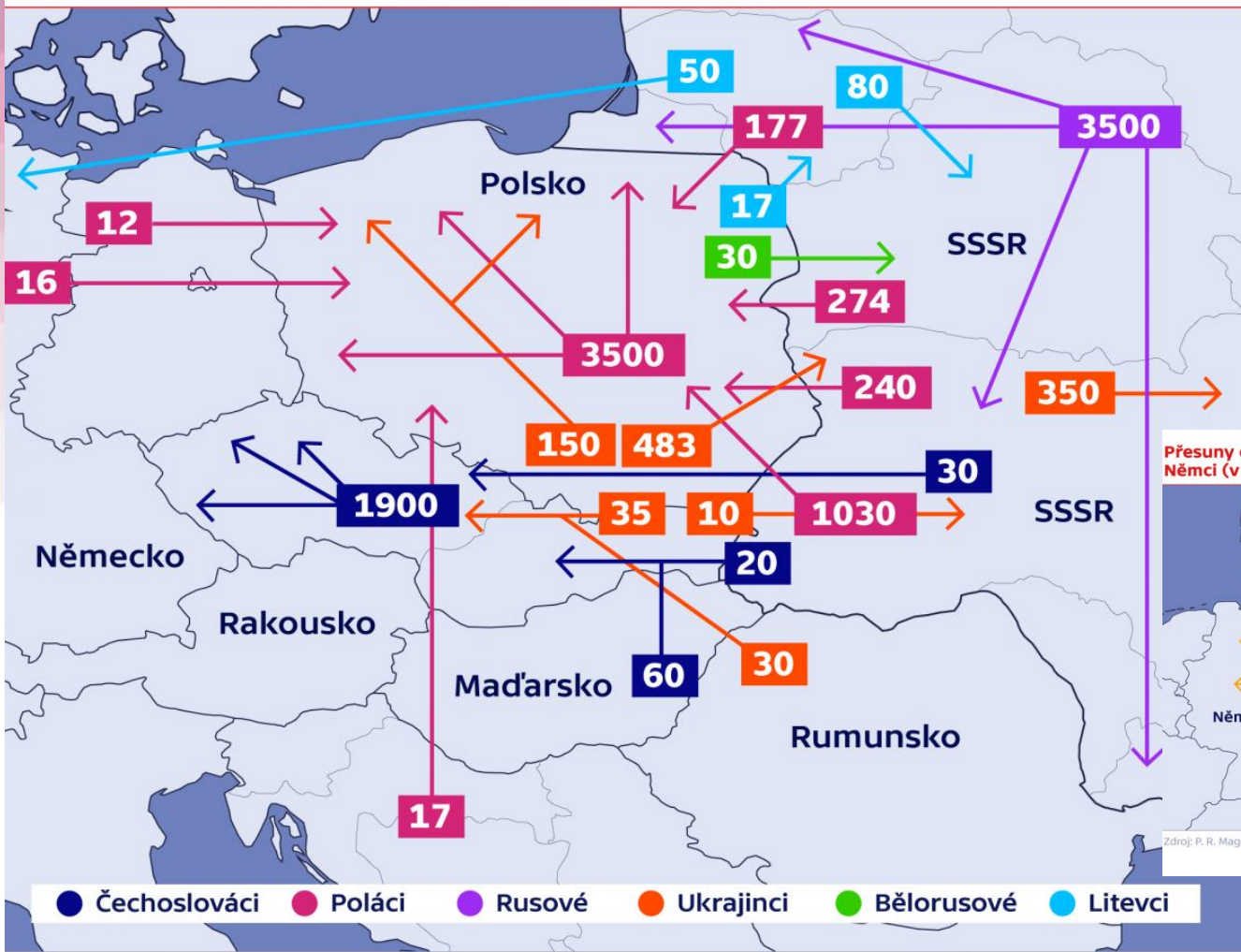


Pohybové linie

5. Příklad

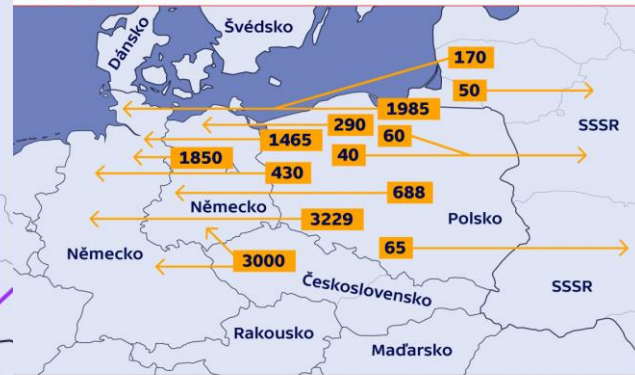
Přesuny obyvatel v Evropě po druhé světové válce
Čechoslováci, Poláci, Rusové, Ukrajinci, Bělorusové
a Litevci (v tisících)

www.ct24.cz



Přesuny obyvatel v Evropě po druhé světové válce
Němci (v tisících)

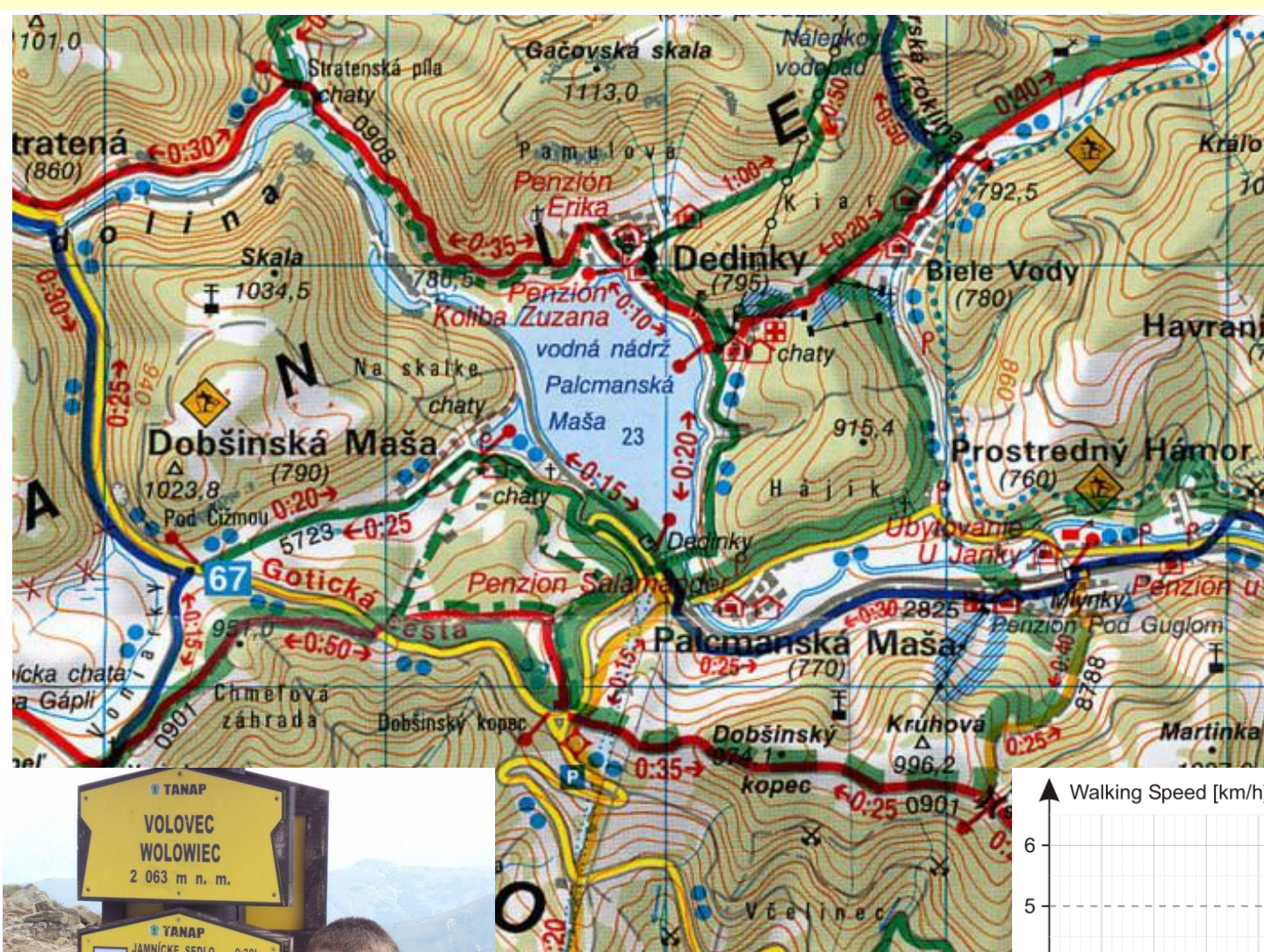
www.ct24.cz



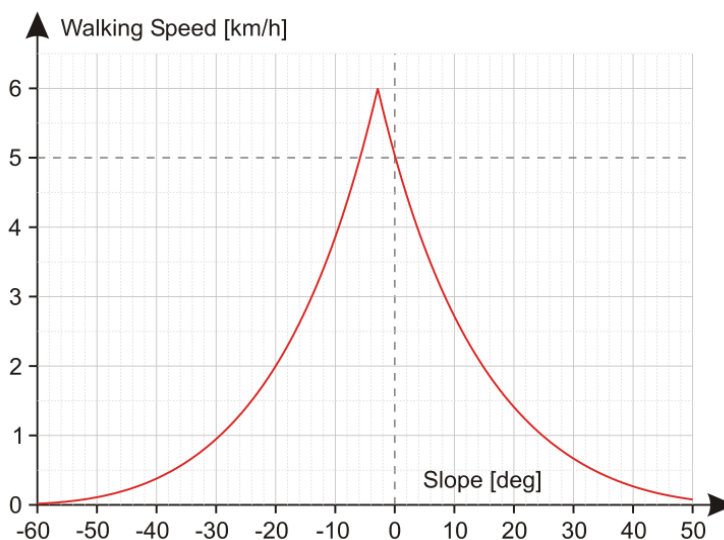
Zdroj: P. R. Magocsi: Historical Atlas of East Central Europe

Linie

6. Příklad



Toblerova funkce





7. Příklad

Stuhová metoda – Minardova mapa

Carte Figurative des pertes successives en hommes de l'Armée Française dans la campagne de Russie 1812-1813.
 Dressée par M. Minard, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées en retraite. Paris, le 20 Novembre 1869.

Les nombres d'hommes présents sont représentés par les largeurs des zones colorées à raison d'un millimètre pour dix mille hommes; ils sont de plus écrits en travers des zones. Le rouge désigne les hommes qui entrent en Russie, le noir ceux qui en sortent. Les renseignements qui ont servi à dresser la carte ont été puisés dans les ouvrages de M. M. Thiers, de Fezensac, de Chambray et le journal inédit de Jacob, pharmacien de l'Armée depuis le 28 Octobre. Pour mieux faire juger à l'œil la diminution de l'armée, j'ai supposé que les corps du Prince Jérôme et du Maréchal Davout qui avaient été détachés sur Minsk et Mohilow et ont rejoint vers Orscha et Witebsk, avaient toujours marché avec l'armée.

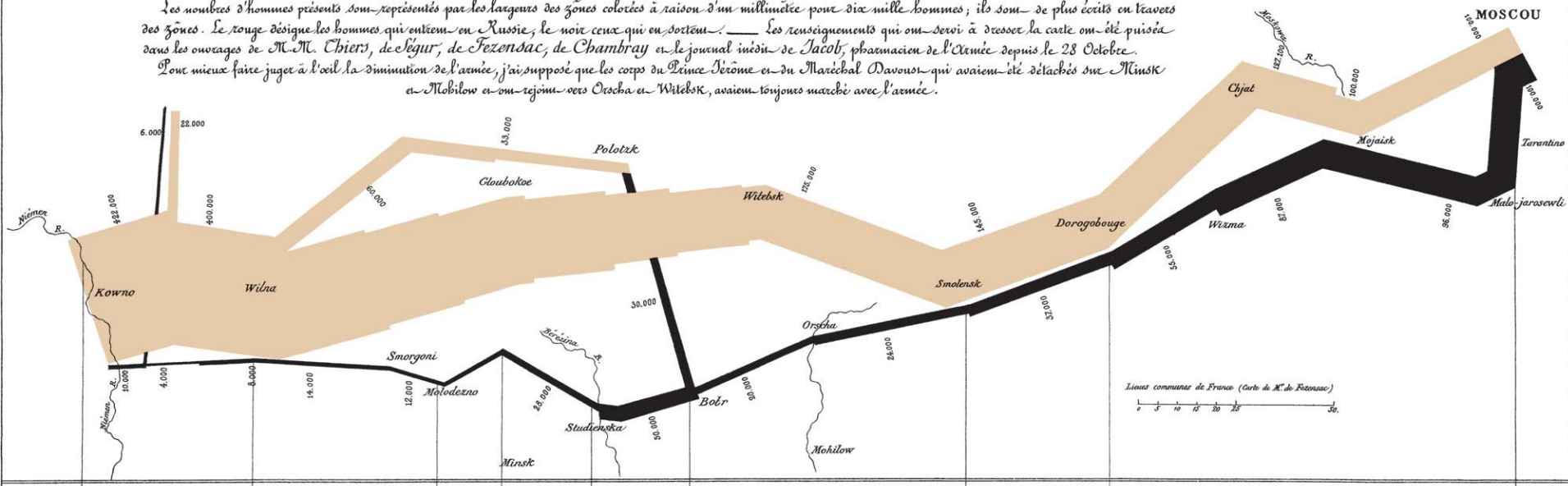
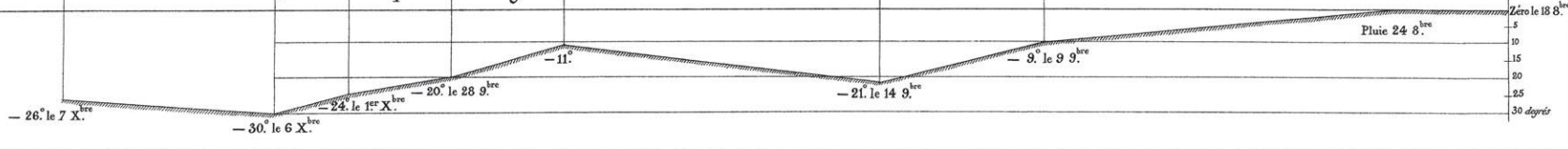


TABLEAU GRAPHIQUE de la température en degrés du thermomètre de Réaumur au dessous de zéro.

Les Cosaques passent au galop le Niéme, gelé.



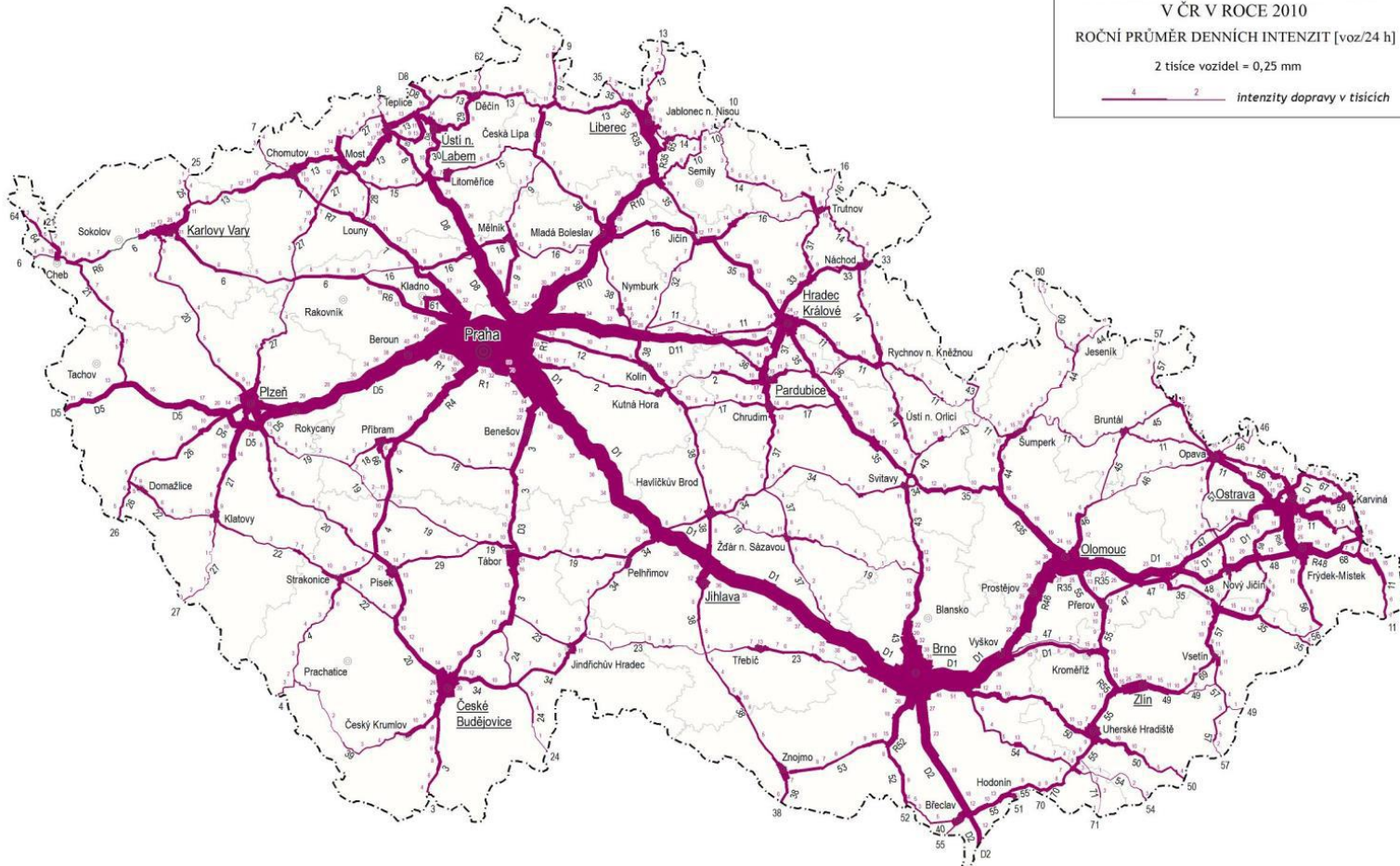
Autog. par Reignier, 9. Par. 5^{me} Marie St^e O^{me} à Paris.

Imp. Lit. Reignier et Dourdel.

Plné rozlišení:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Minard.png>

**INTENZITY DOPRAVY
NA DÁLNICÍCH A SILNICÍCH I. TŘÍDY
V ČR V ROCE 2010**
ROČNÍ PRŮMĚR DENNÍCH INTENZIT [voz/24 h]
2 tisíce vozidel = 0,25 mm
— 4 — 2 — intenzity dopravy v tisících

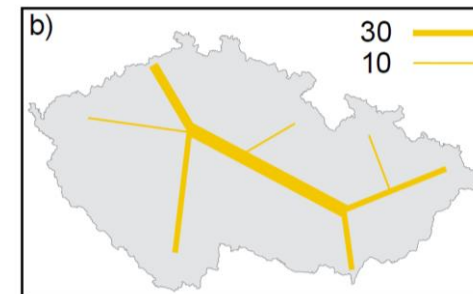
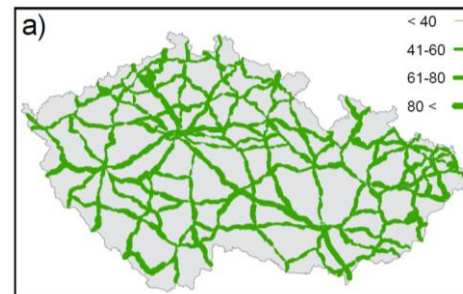


1:1 200 000



Stuhová metoda

- Liniové kartodiagramy, další označení: liniový, stuhový, pásový, proužkový kartodiagram nebo pendlogram
- Anglicky: flowline/flow maps, ribbon lines, diagram linear symbols
- Velikost a dynamika se znázorňují pomocí šířky liniového pásu a změn šířky
- Kvalita a struktura pomocí barvy nebo rastru
- Pro udání směru se používají šipky
- Dělení podle přesnosti umístění linií na:
 - topograficky (a),
 - schematicky umístěné (b)



Data a grafické proměnné

Origins and destinations

Shown ← → Not shown



Point ← → Area



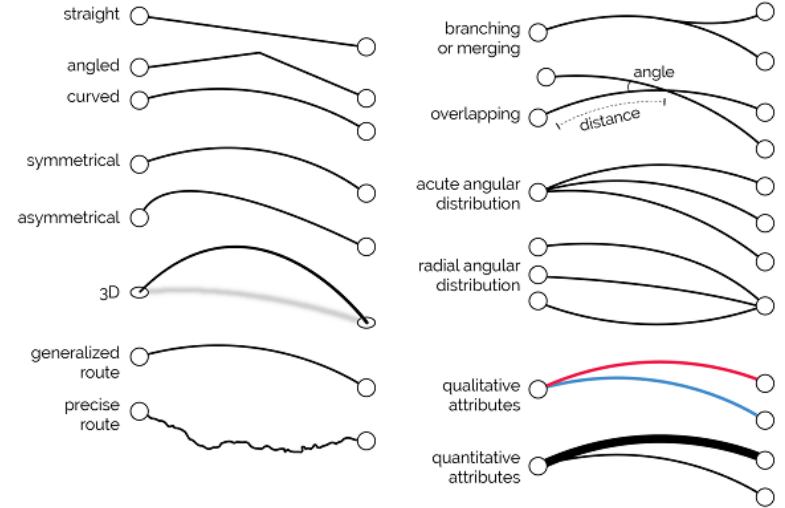
Qualitative attribute



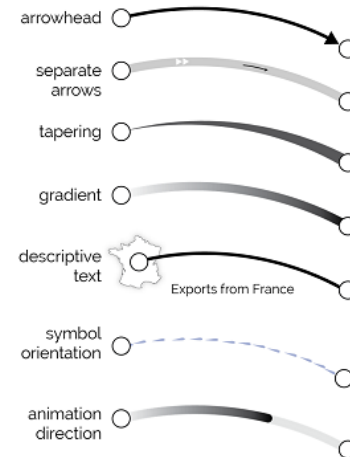
Quantitative attribute



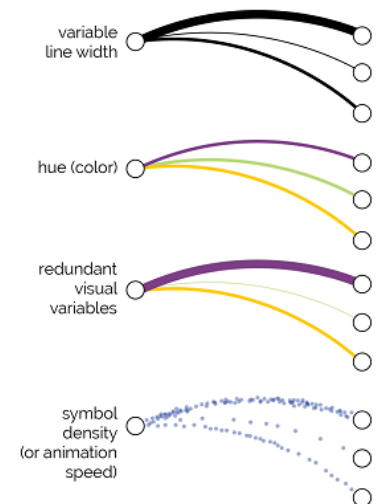
Flow line geometry and arrangement



Flow direction

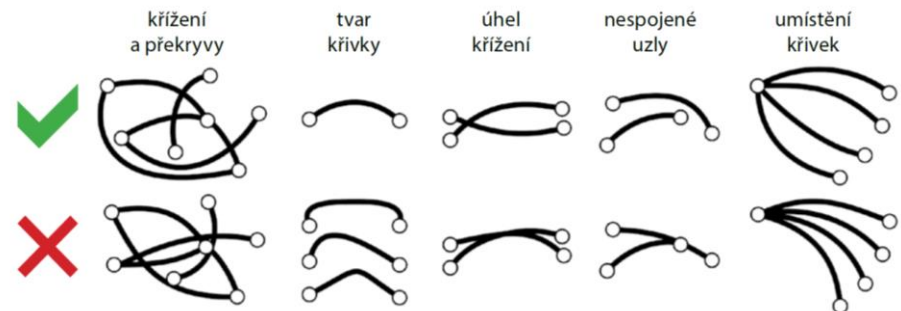


Flow magnitude



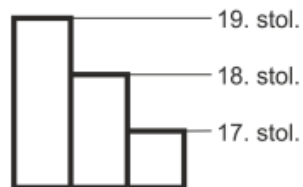
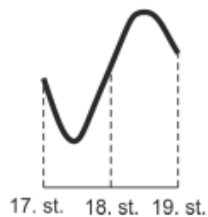
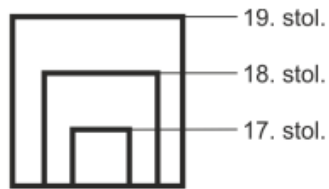
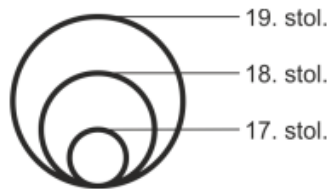
Stuhová metoda - doporučení

- počet překrytí/křížení by měl být minimalizován
- je třeba se vyvarovat ostrých ohybů a příliš asymetrických proudění
- je třeba se vyvarovat ostrých průsečíků
- linie nesmí procházet pod nepropojenými uzly
- linie by měly být radiálně uspořádány kolem uzlů
- množství je nejlepší reprezentovat proměnnou šířkou linie
- směr je vhodné vyznačit šipkami
- šipky by měly odpovídat šířce linie, avšak šipky pro tenké linie by měly být zvětšeny
- je třeba se vyvarovat překrývání mezi hroty šipek a liniemi



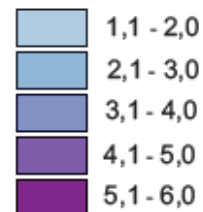


Kartodiagramy

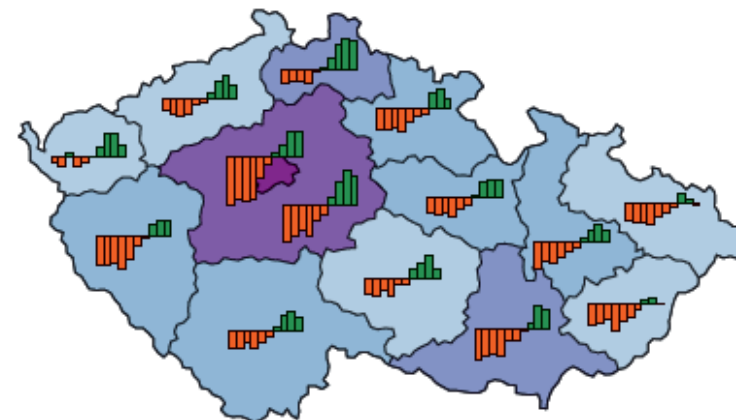
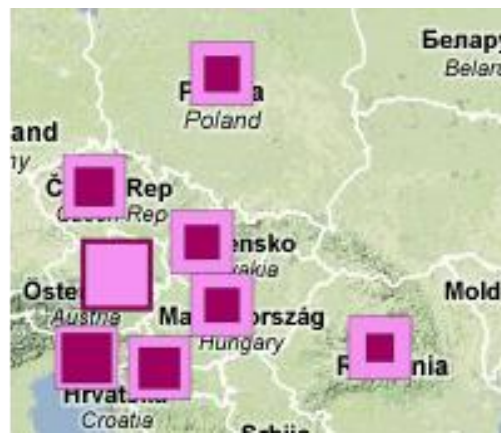
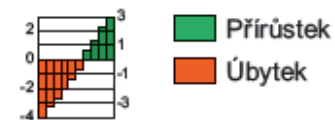


9. Příklad

Změna přirozeného přírůstku obyvatelstva mezi roky 2000 a 2009 (na 1 000 obyvatel)



Meziroční vývoj přirozeného přírůstku v letech 2000 až 2009





10. Příklad

(Karto)diagramy

2
APRIL 1855 to MARCH 1856

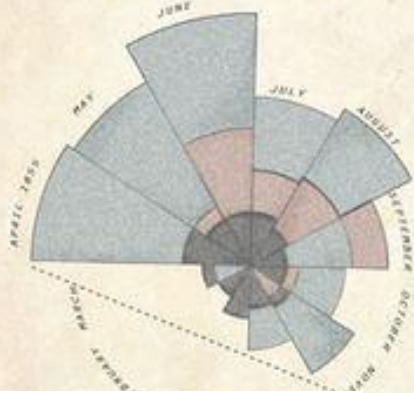
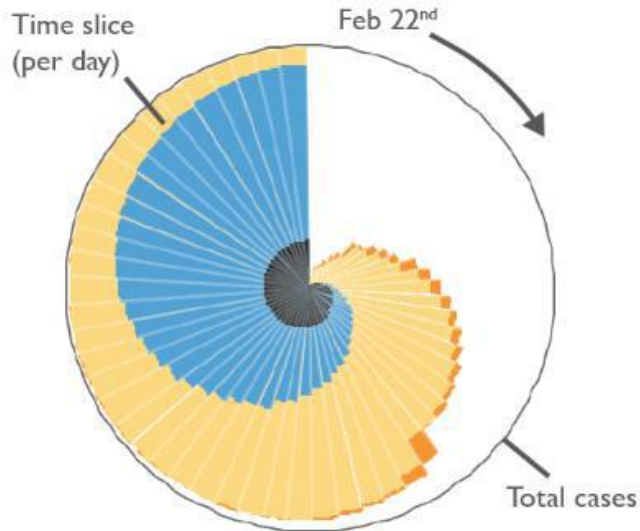
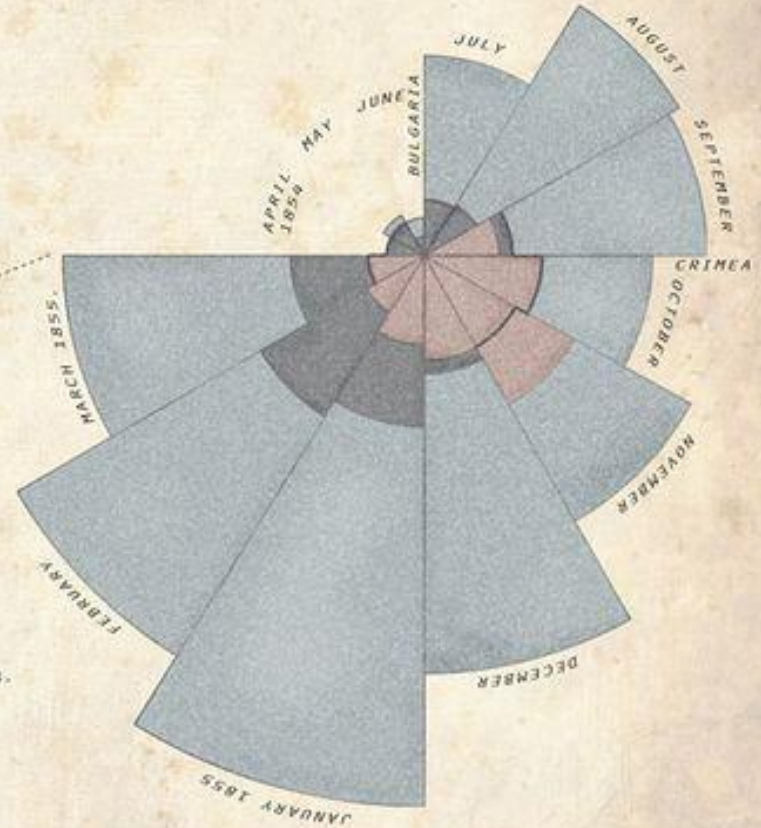


DIAGRAM of the CAUSES of MORTALITY
IN THE ARMY IN THE EAST

1
APRIL 1854 to MARCH 1855



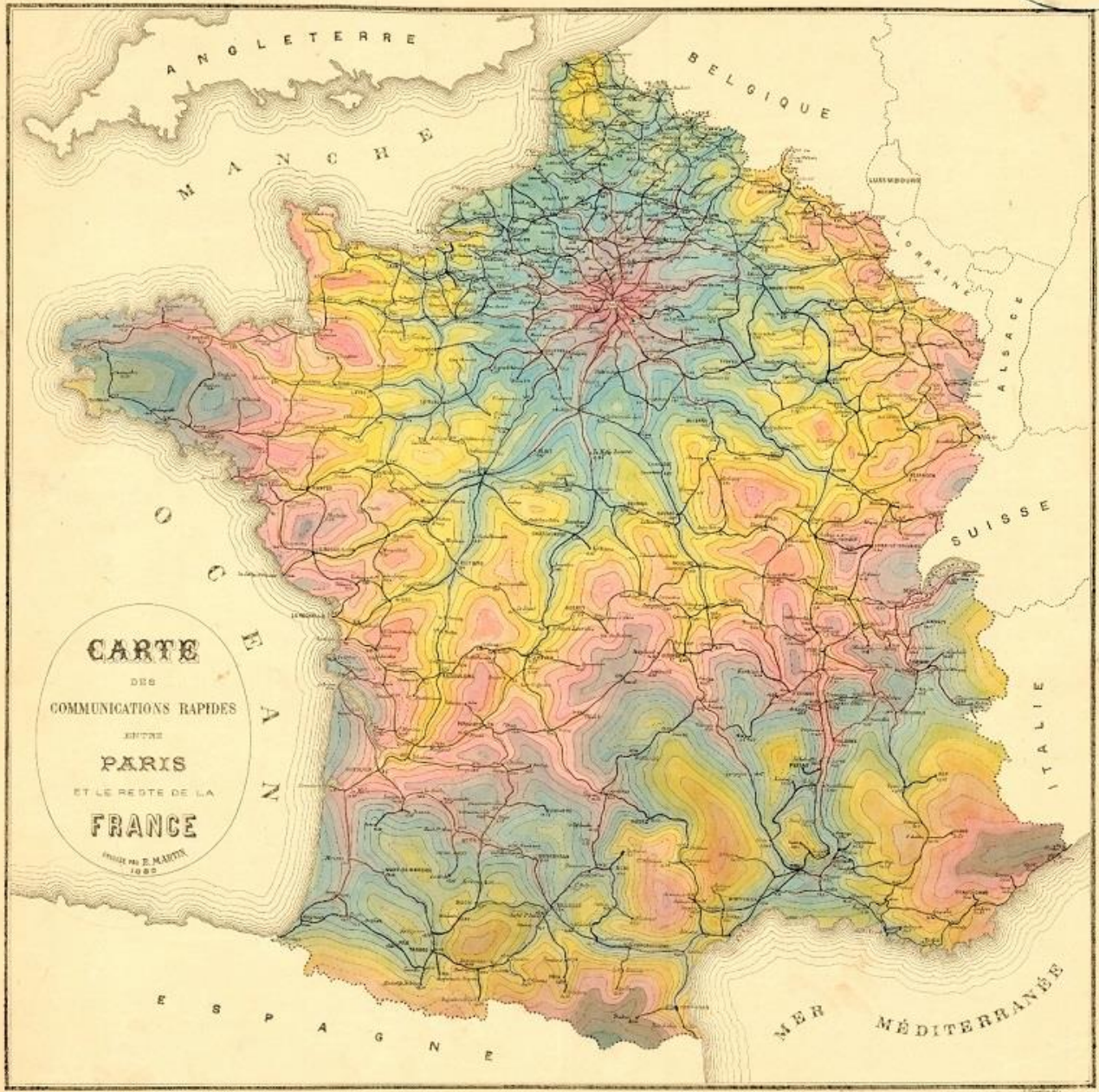
- Active cases
- Recovered
- New cases
- Deceased

WEDGES ARE EACH MEASURED FROM
 CENTRE OF THE CIRCLE REPRESENT AREA
 OF MORTALITY FROM ZYMOTIC DISEASES,
 FROM THE DEATHS FROM WOUNDS, & THE
 DEATHS FROM ALL OTHER CAUSES.
 A LINE IN NOV. 1854 MARKS THE BOUNDARY
 BETWEEN THE MONTHS.
 THE BLACK AREA COINCIDES WITH THE RED,
 THE BLUE COINCIDES WITH THE BLACK.
 FOLLOWING THE BLUE, THE RED & THE

E. Levasseur

Vyplněné izolinie

11. Příklad



Isochrony

G5831 PS
1882 MS
MapCI

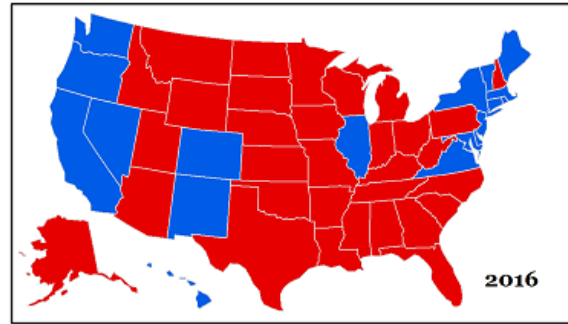
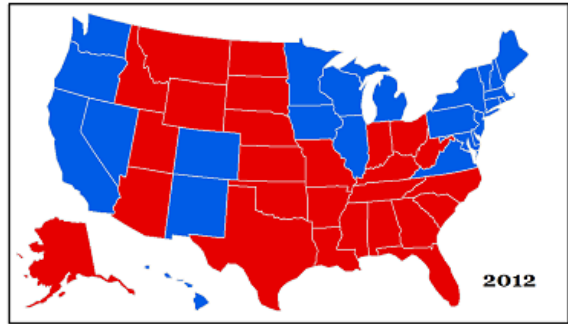
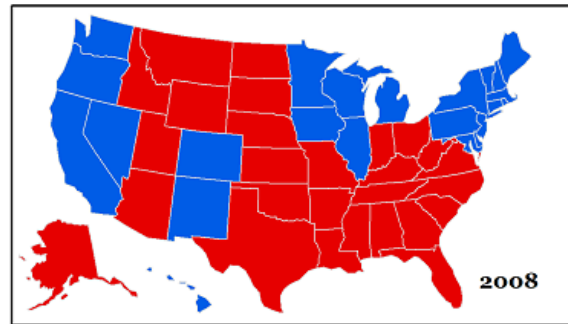
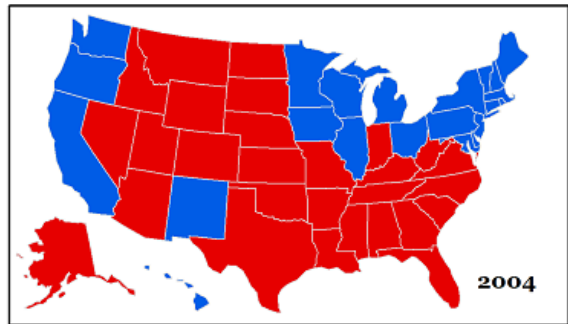
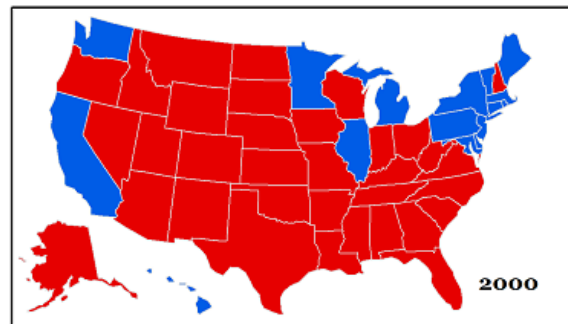
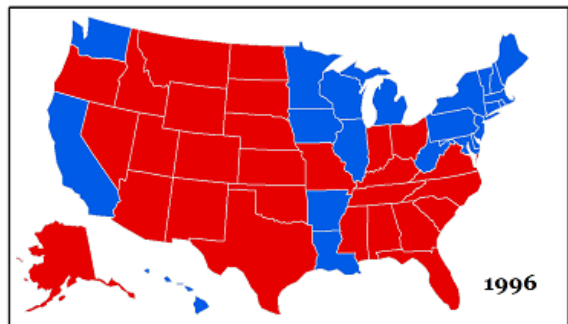
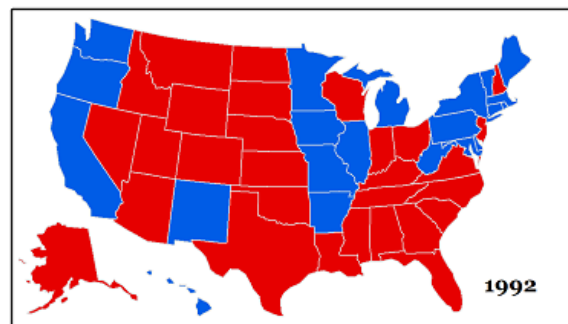
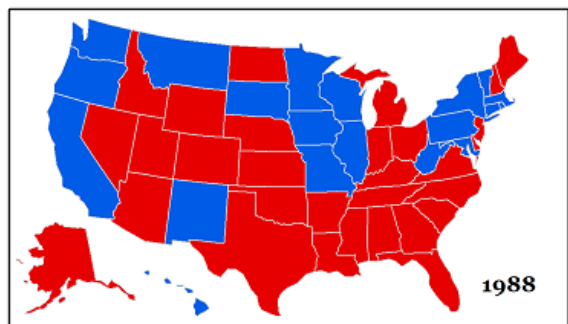
10.a 17

M 656.0944 15

FRANCE - COMMUNICATIONS 1882 3291

Small multiple

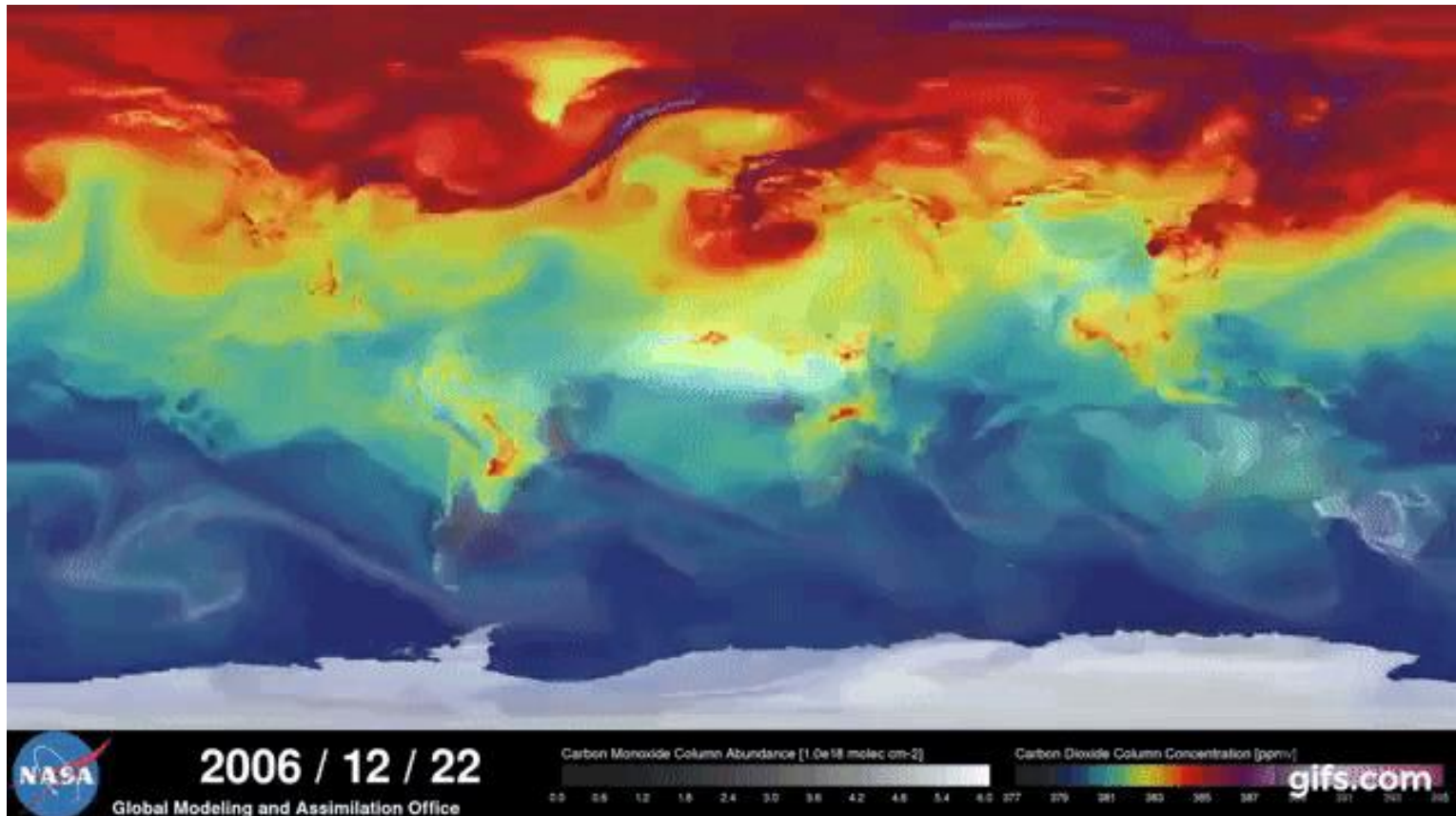
12. Příklad



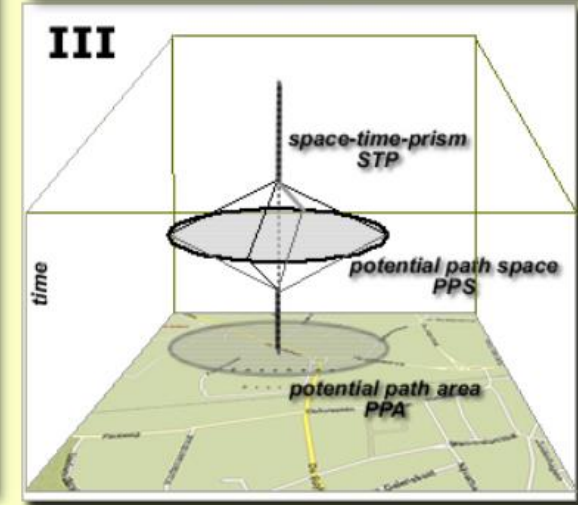
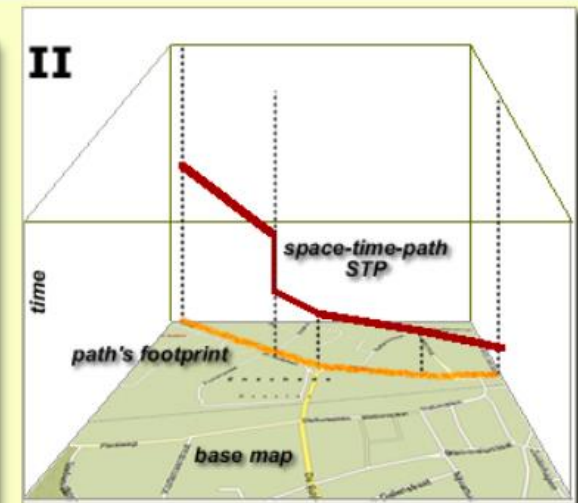
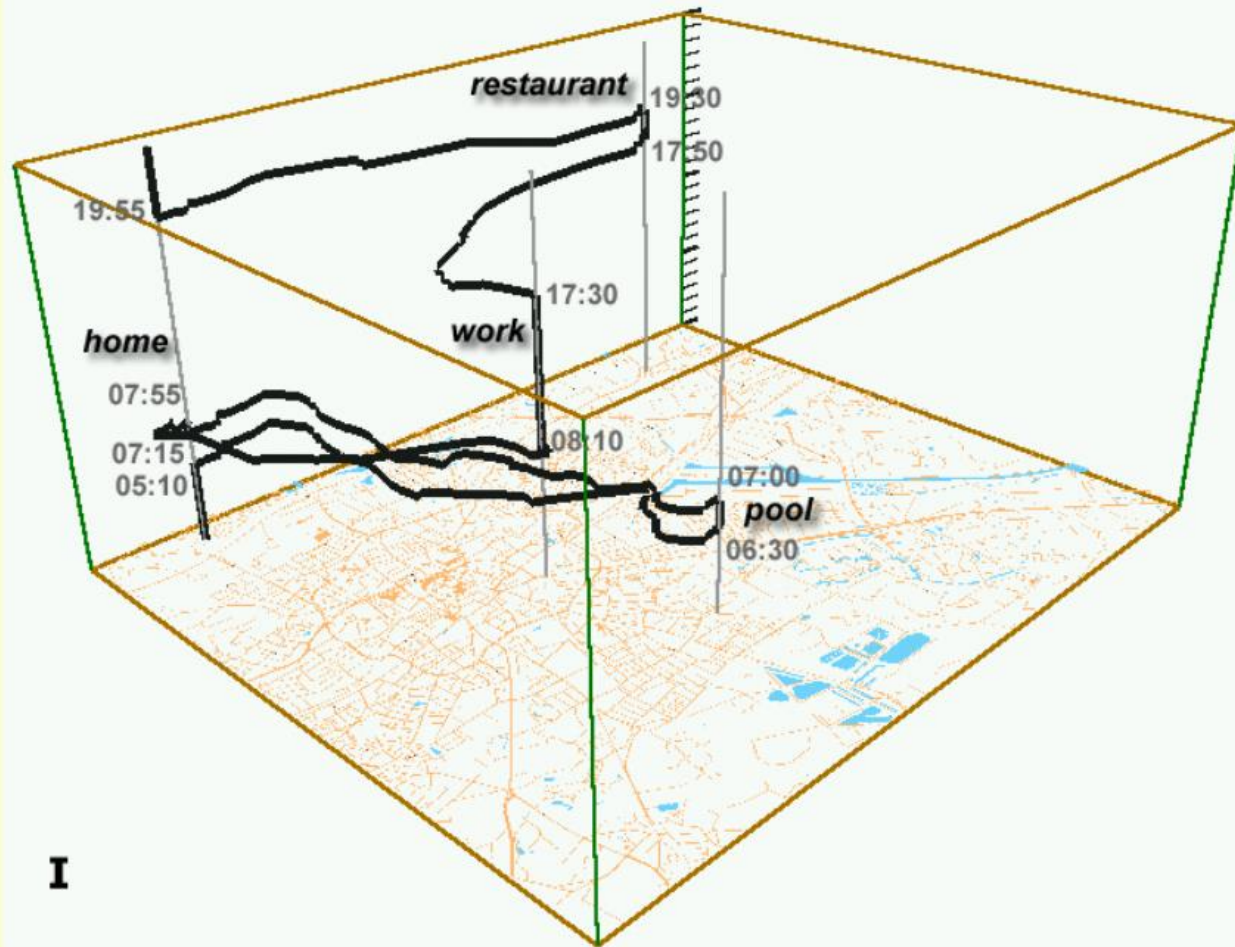
12. Příklad

- Dekolonizace Afriky:

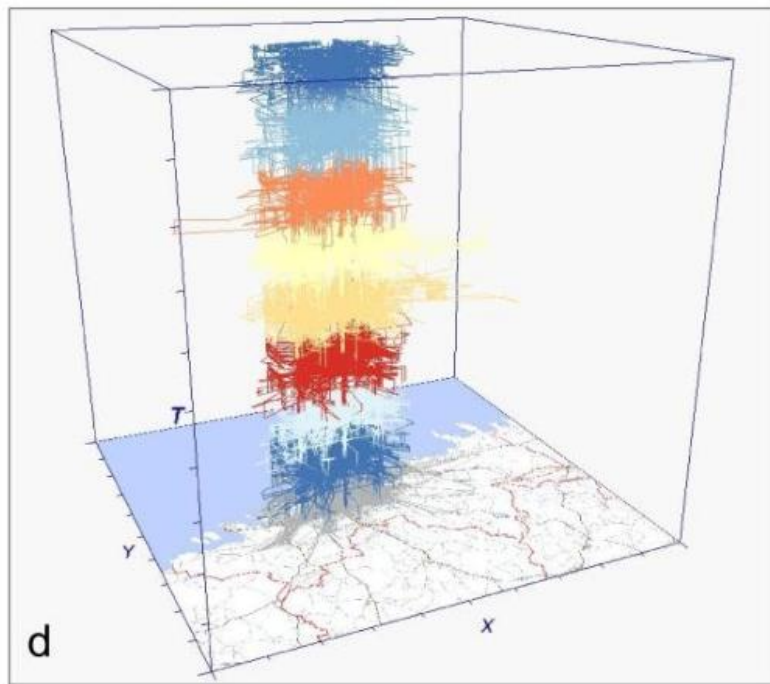
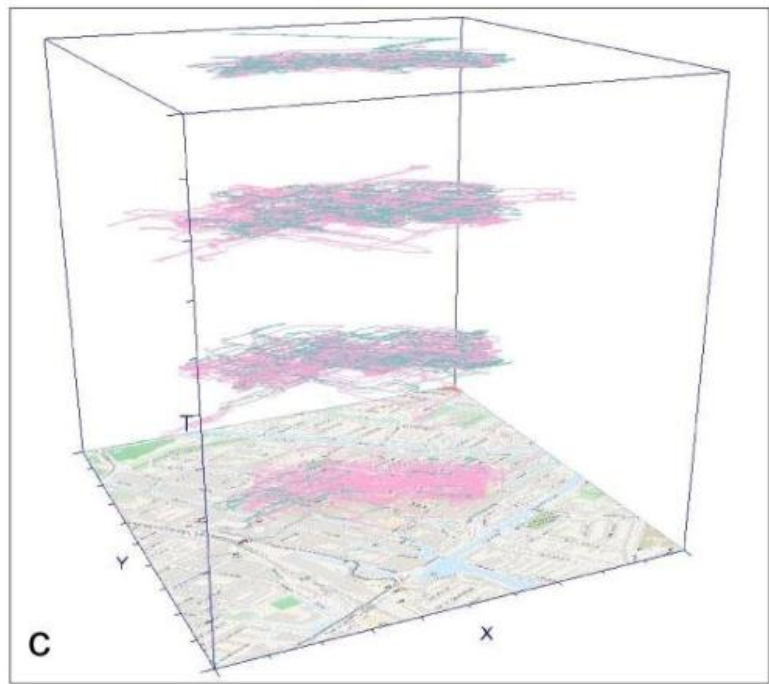
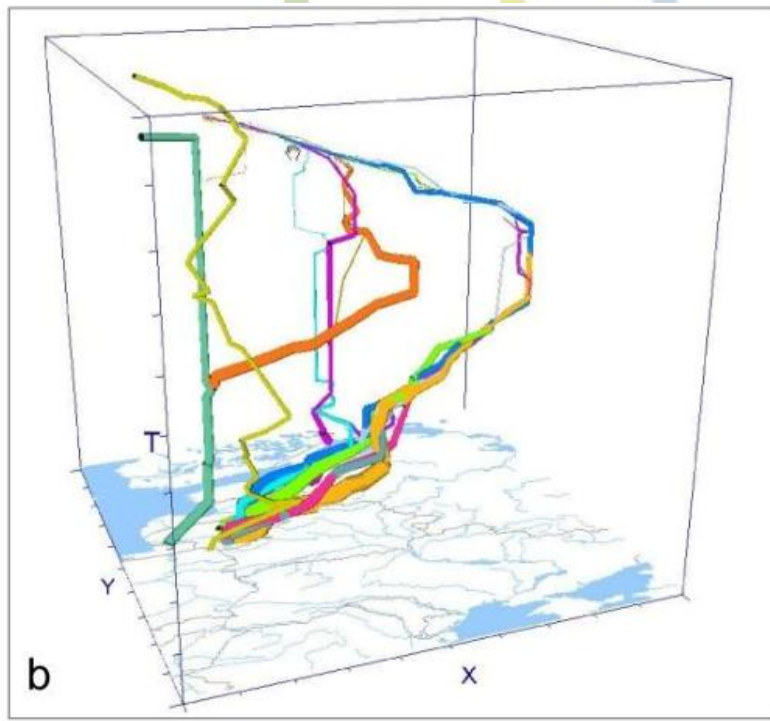
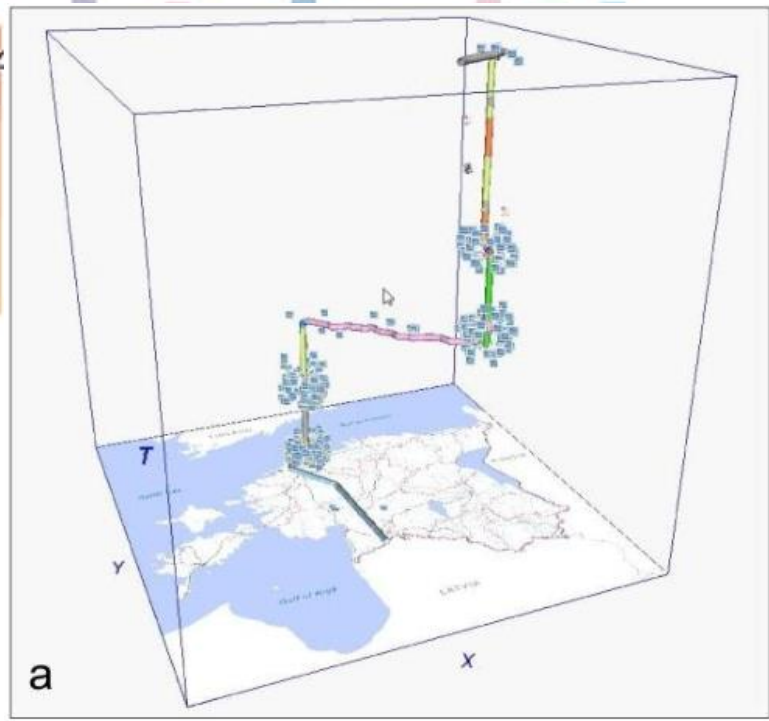
https://www.oli.wz.cz/webkart/cviceni_02c.htm

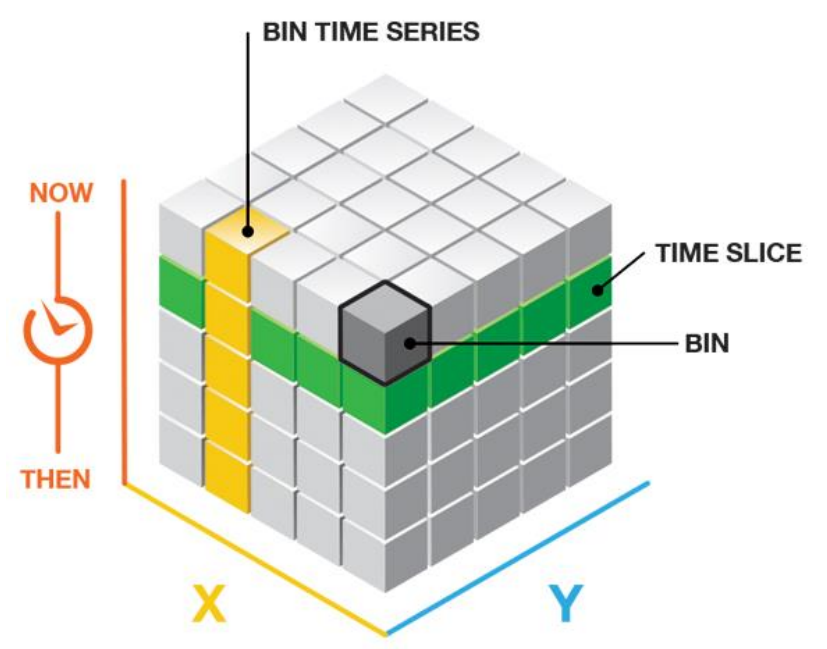
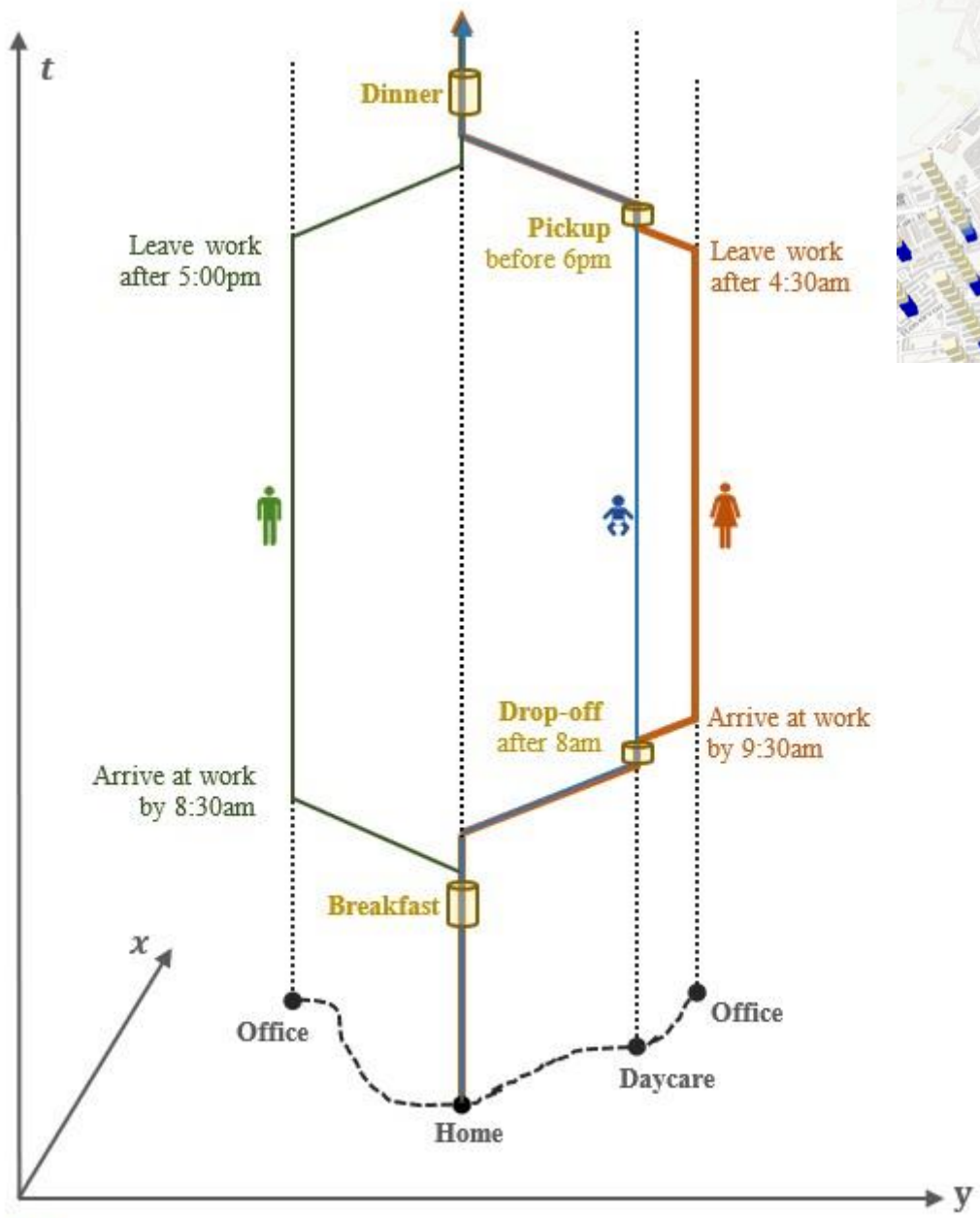


Space-time cube



Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? Papers in Regional Science, 24(1), 6-21. doi:10.1007/BF01936872

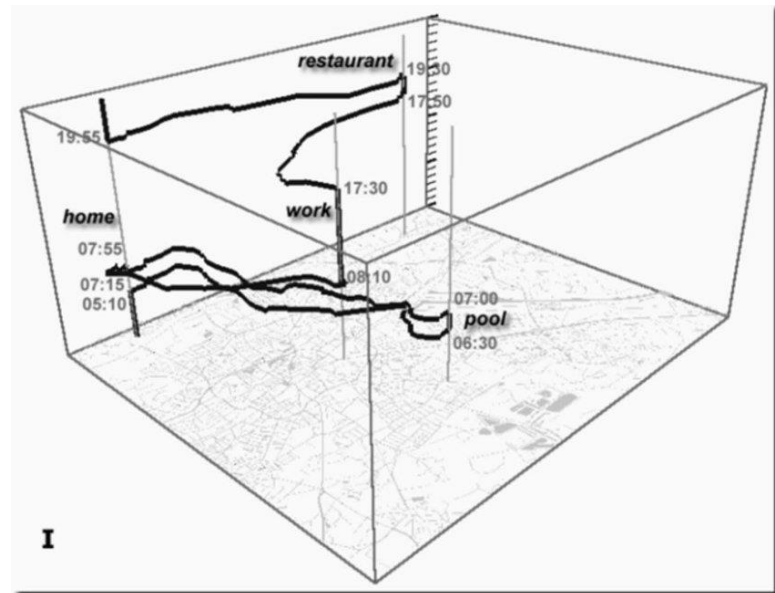




 Bundle – activities with multiple family members

QGIS: Space time cube

- Příklad: **vizualizace trajektorií s časem** – např.: GPX soubory z nástroje Stopař v aplikaci Napy.cz
- Úprava atributů – čas (zde sekundy od počátku pohybu) na výšku:
`second(age("time", to_datetime('2023-01-02 11:40:00')))`
- 3D vizualizace v plug-inu: Qgis2threejs

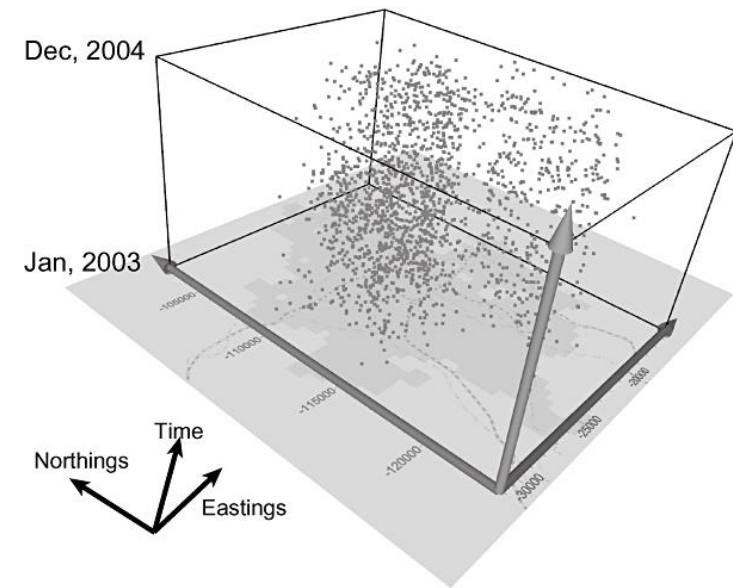




ArcGIS Pro: Space time cube




- Příklad: **vizualizaci událostí bodového charakteru** – např. nehod cyklistů
- Úprava atributů – převod data na pořadí dne od počátku sledovaného období (následně znázorněna jako výška):

```
var beginning = Date(2010,0,0);  
var accident = $feature.datum;  
var days = DateDiff(accident, beginning , 'days');  
return days;
```
- 3D vizualizace: Lokální 3D scéna


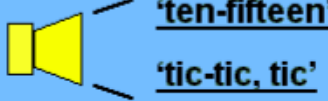


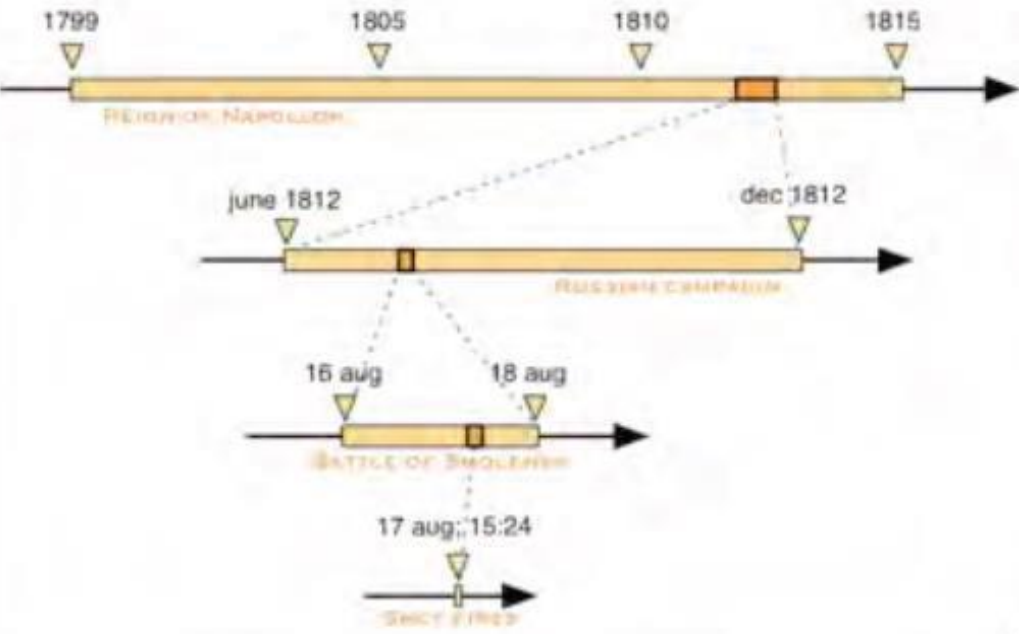
Měřítko času

separate display area

- **clock**

- **sliderbar**

- **numerical**


embedded in map display

- background**

- sound**




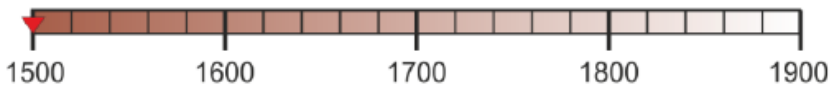
1518

1764 - 1767

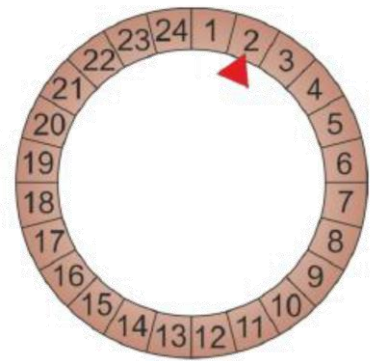
časový okamžik

časový interval

konstantní velikost časové jednotky



nekonstantní velikost časové jednotky





Zdroje

- <http://gistbok.ucgis.org/bok-topics/time>
- <http://gistbok.ucgis.org/bok-topics/spatiotemporal-representation>
- <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/working-with-temporal-data-in-arcgis/>
- <https://ltb.itc.utwente.nl/491/concept/79777>
- [https://www.researchgate.net/publication/272180856 Guidelines for the Effective Design of Spatio-Temporal Maps](https://www.researchgate.net/publication/272180856_Guidelines_for_the_Effective_Design_of_Spatio-Temporal_Maps)