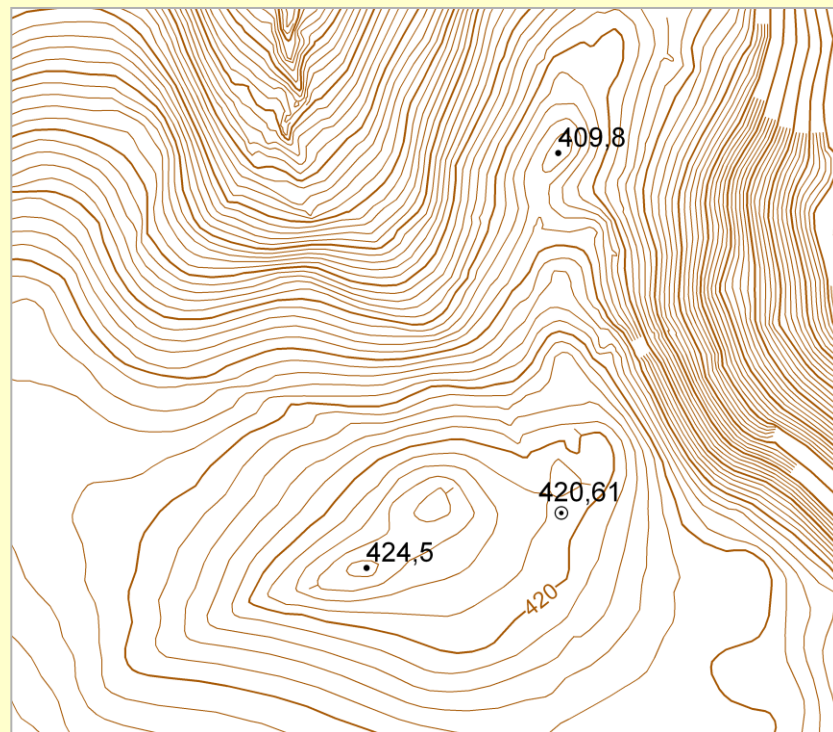
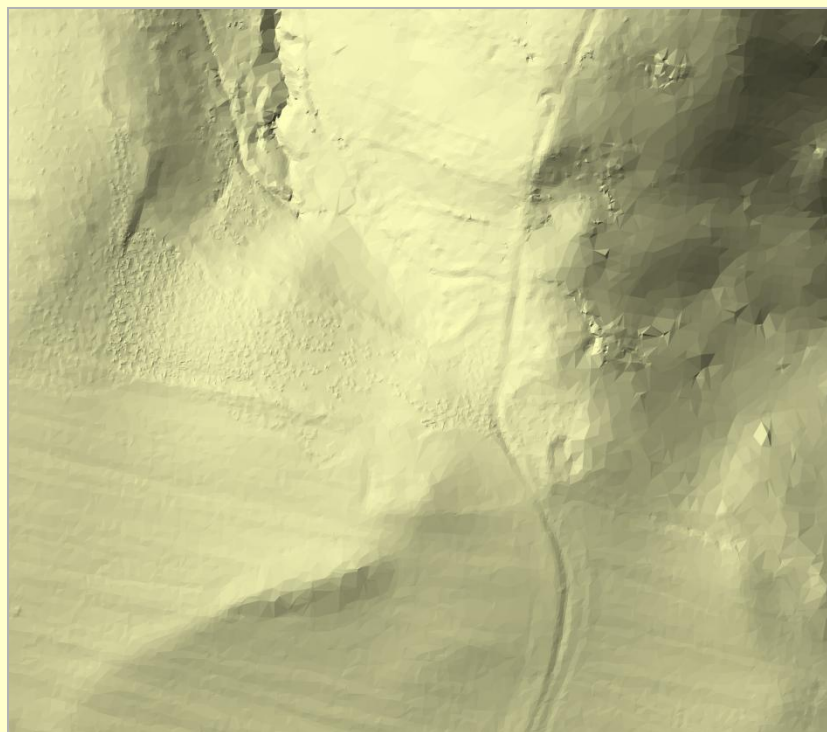


# *Automatizace tvorby výškopisu pro mapy velkého měřítka v prostředí ArcGIS*

Aleš Tippner • Oldřich Kafka / *Zeměměřický úřad*

Jakub Lysák / *Přírodovědecká fakulta UK v Praze*



# *O čem bude prezentace*

*Úkol:* Z digitálního modelu reliéfu z dat leteckého laserového skenování (ALS) vytvořit **kartograficky správný** výškopis pro topografickou mapu (velkého měřítka) pro **rozsáhlé území**, pokud možno **automaticky** (bez nutnosti manuální editace).

Pro představu:

- cca 105 mld. bodů v surových datech
- cca 270 GB dat DMR 5G (10 – 25 % původního objemu dat v závislosti na členitosti reliéfu a na vegetačním období)
- celkem 16299 mapových listů SM 5 (2,5 × 2 km)

# Požadavky na systém

- *vstup*: data LLS (DMR 5G) + pomocná data (polohopis, klad mapových listů)
- *výstup*: sada vektorových vrstev reprezentujících výškopis
- schopnost zpracovat daný objem dat v rozumném čase
- neinteraktivita
- ale: možnost (v libovolné fázi) manuálně zasáhnout
- data i kartografie

## Obecné problémy k řešení:

- data příliš podrobná → nutno generalizovat
- generalizovat model / vrstevnice / obojí ?
- rozsáhlé území → nutno zpracovávat po částech, stykování
- má-li být výstupem podklad pro tvorbu mapy, je třeba při zpracování zohlednit měřítko mapy, tloušťku čar, ...
- soulad polohopisu a výškopisu (budovy, voda, komunikace, ...)
- výškopis v mapě nejsou jen vrstevnice (popis vrstevnic, kótované body, spádovky, ...)

# Technické aspekty řešení

- použité technologie:

- Atlas DMT
- ArcGIS 10.0
- SQLite
- Python



- podoba: sada skriptů v jazyce Python

- dva typy skriptů:

- řízení celého procesu (plánování úloh, informace o stavu jejich zpracování, ...) s využitím databáze
  - sledování stavu
  - vypořádání se s chybami
- vlastní zpracování dat s využitím modulu arcpy
- cca 9 tis. řádků kódu

- pracuje přes příkazový řádek

# Uživatelské rozhraní

The screenshot displays a GIS application interface with three main components:

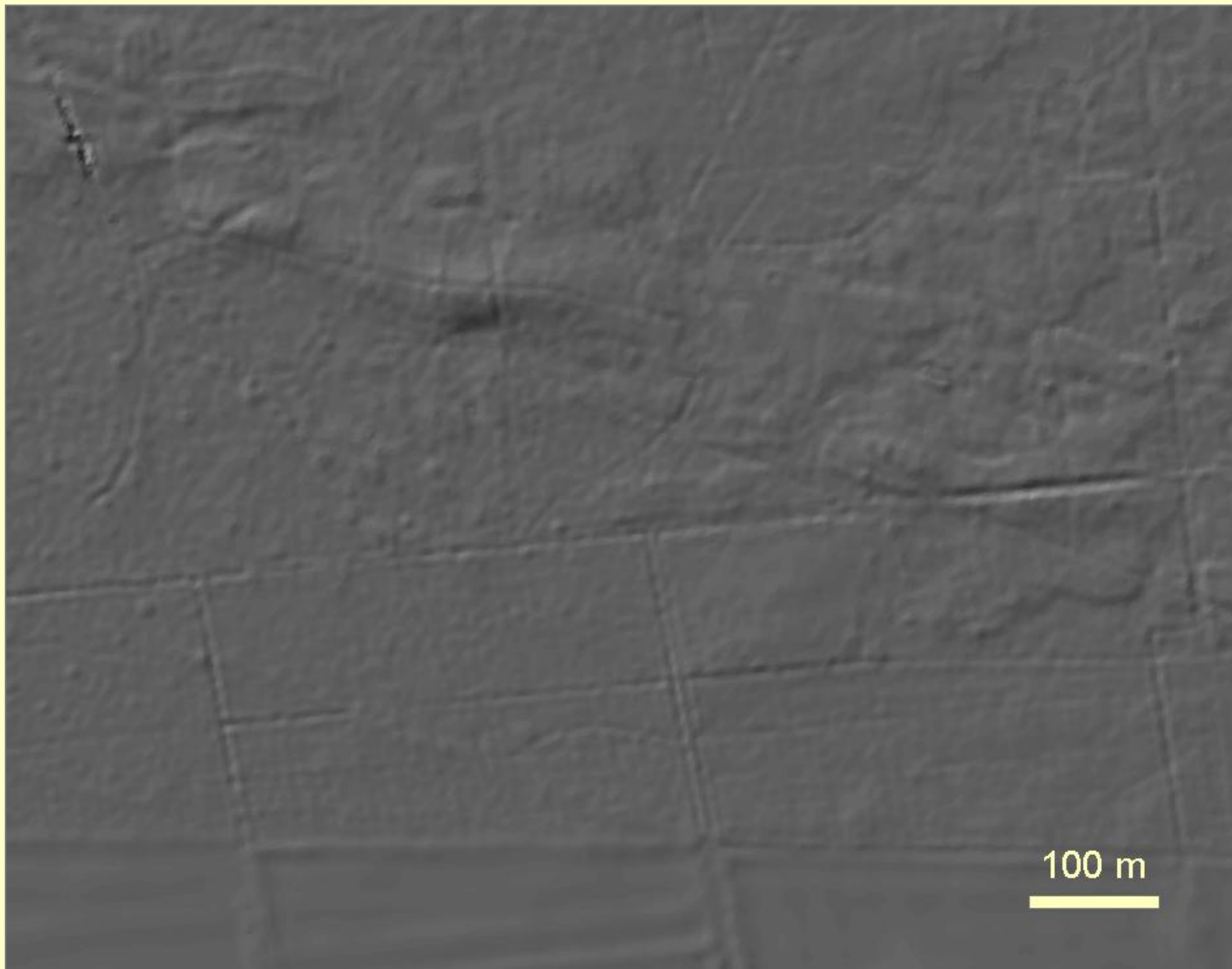
- Table of Contents:** Shows a list of layers including 'Chyba', 'Postup', and 'Klad\_SMS'. The '85\_makeOutput.py' layer is highlighted in green.
- Table View:** A data table with columns for '85\_makeOutput.py' and '85\_makeOutput.py'. The table contains several rows of data, with the first row highlighted in green.
- SQLite Expert Personal 3.4.8.2217:** A database viewer showing a table named 'Ukol' with columns 'RecNo', 'ukolId', 'ukolSkript', and 'ukolParametry'. The table contains 13 records, with the first row highlighted in green.
- MS-DOS Prompt - worker.py:** A command prompt window showing the execution of a Python script. The output includes the script path, the command used to run the script, and the output of the script, which is a list of map files and a message indicating that the system cannot find the specified path.
- MS-DOS Prompt - manager.py:** A command prompt window showing the execution of a Python script. The output includes the script path, the command used to run the script, and the output of the script, which is a list of map files and a message indicating that the system cannot find the specified path.

# *Nástin postupu*

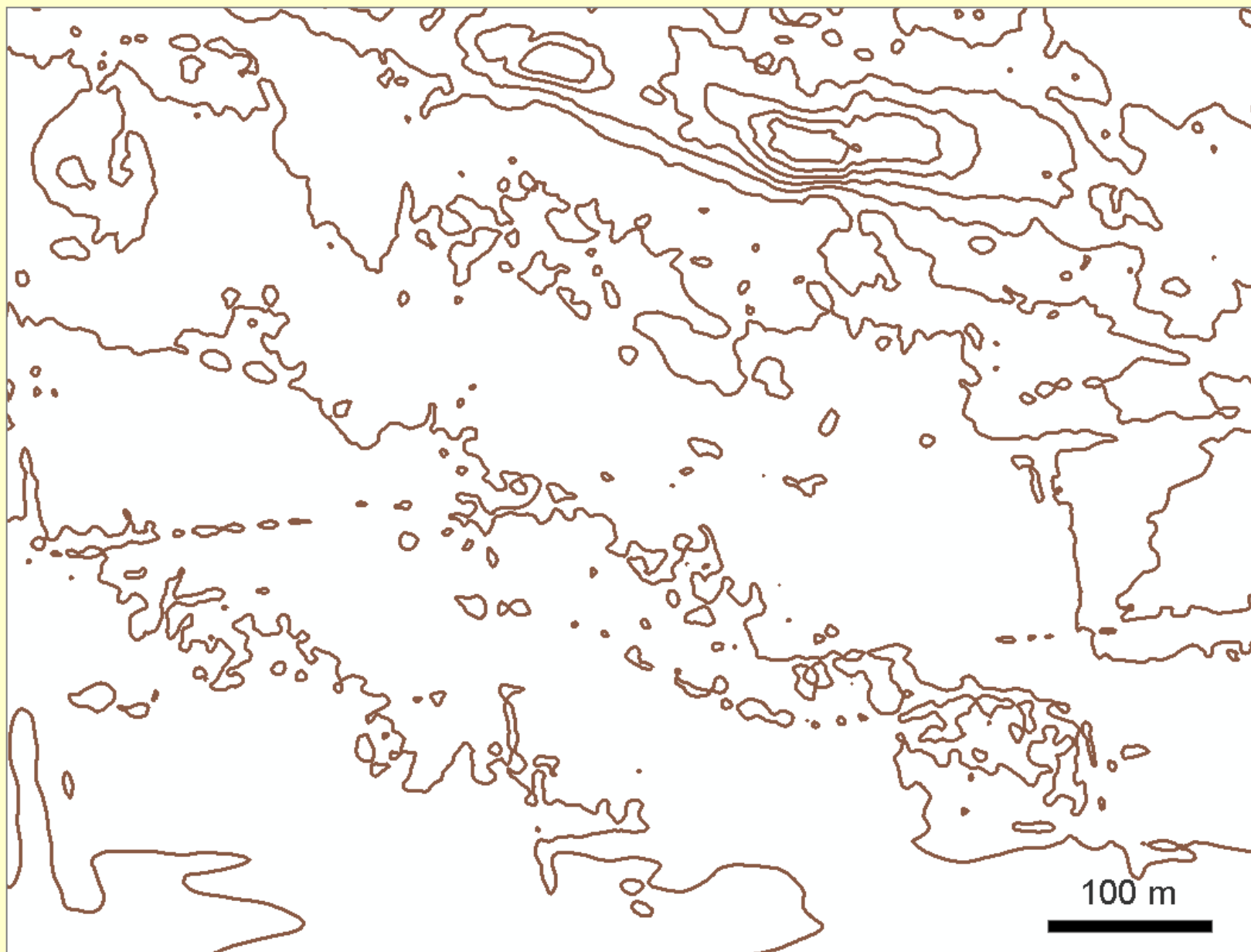
---

- 01\_makeProject.py: příprava projektu
- 05\_atlasHoblovani.py: vyhlazení modelu v Atlas DMT
- 10\_atlasVrstevnice.py: tvorba vrstevnic v Atlas DMT
- 15\_prepare.py: příprava a konverze dat
- 20\_cleanContours.py: hledání malých a nevýznamných vrstevnic
- 25\_cleanContoursTopography.py: hledání problémových vrstevnic ve vztahu k polohopisu
- 30\_makeCleanedContours.py: odstranění vrstevnic z fází 20 a 25
- 35\_prepareAlignment.py: příprava na sestýkování
- 40\_align.py: sestýkování
- 45\_removeRedundantSupplContours.py: odstranění nadbytečných doplňkových vrstevnic
- 47\_solveSelfIntersections.py: řešení případných křížení vrstevnic
- 50\_detectConflicts.py: hledání míst, kde se vrstevnice slévají
- 55\_detectConflictsTopography.py: hledání konfliktů s polohopisem
- 60\_makeUnmaskedContours.py: vytvoření odmaskovaných vrstevnic (bez slitých oblastí)
- 65\_koty.py: hledání míst vhodných pro umístění kótovaných bodů podle kartografických zásad
- 70\_spadovky.py: tvorba spádovek podle kartografických zásad
- 75\_labelContours.py: tvorba popisu vrstevnic podle kartografických zásad
- 80\_finalizeContours.py: ořezání všech vrstev na výstup
- 85\_makeOutput.py: konverze výsledku a tvorba náhledů

# *Negeneralizovaný model*



# *Vrstevnice z negeneralizovaného modelu*

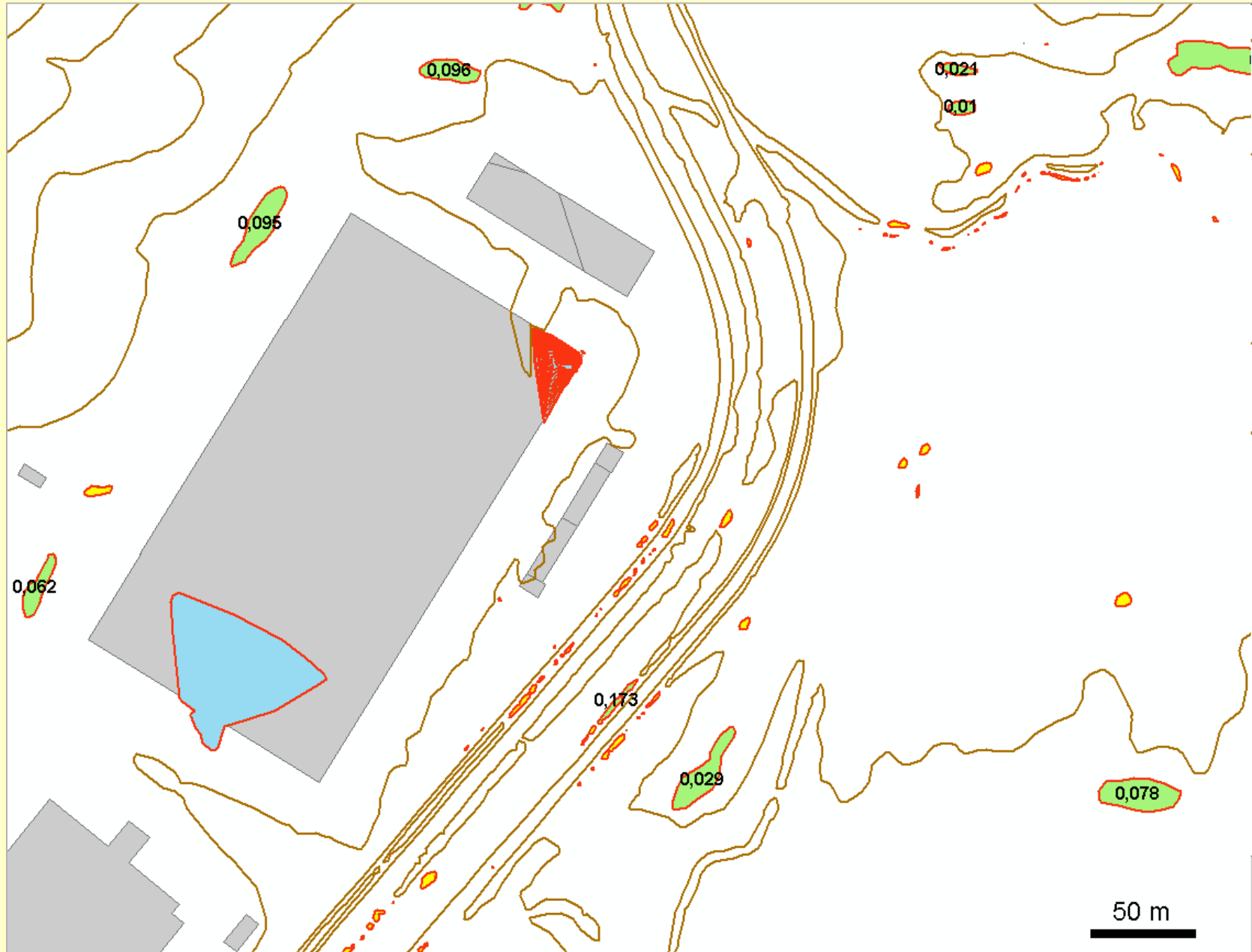




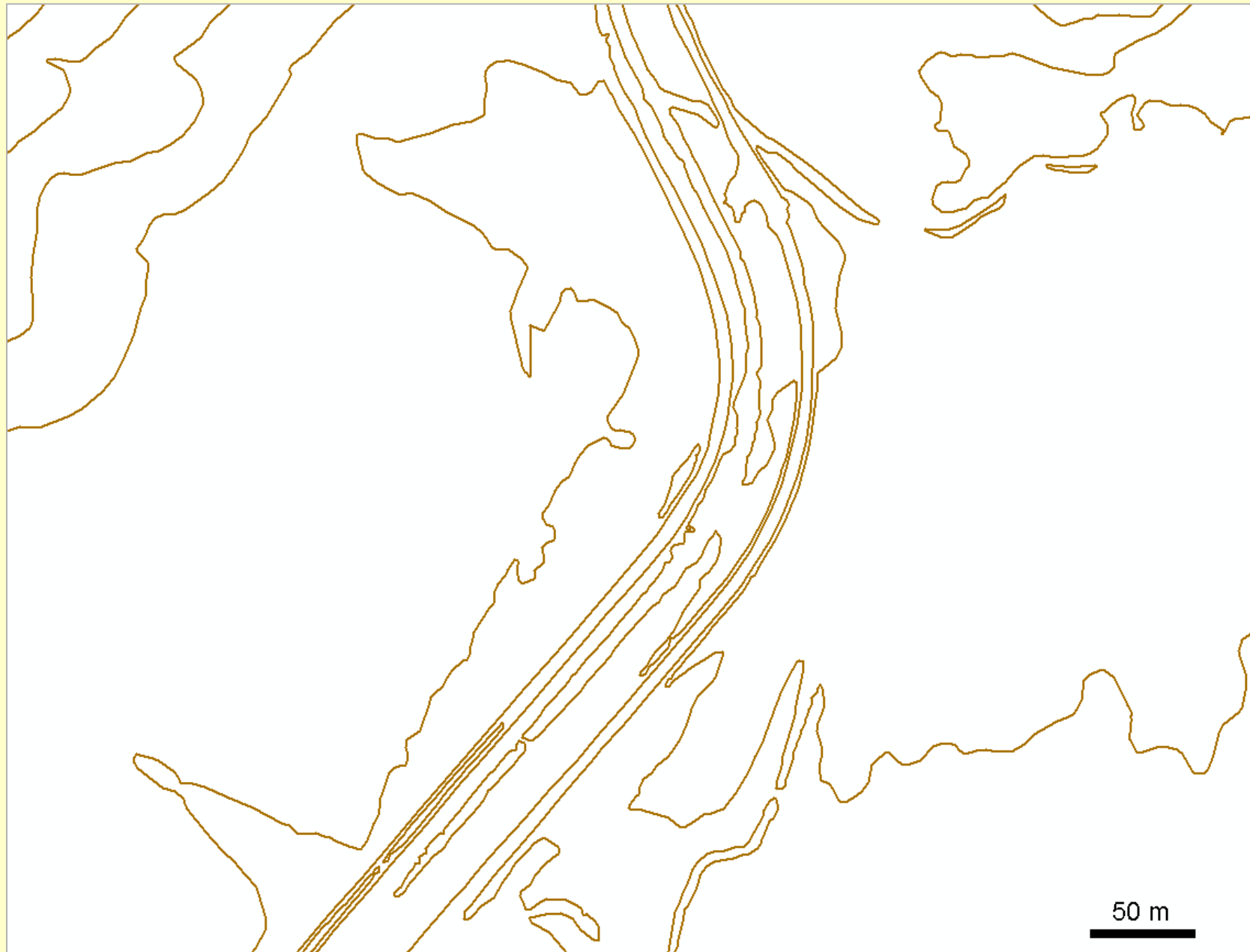
## Neupravené vrstevnice z generalizovaného modelu



# Vyhledání problémových míst



## *Upravené vrstevnice z generalizovaného modelu*

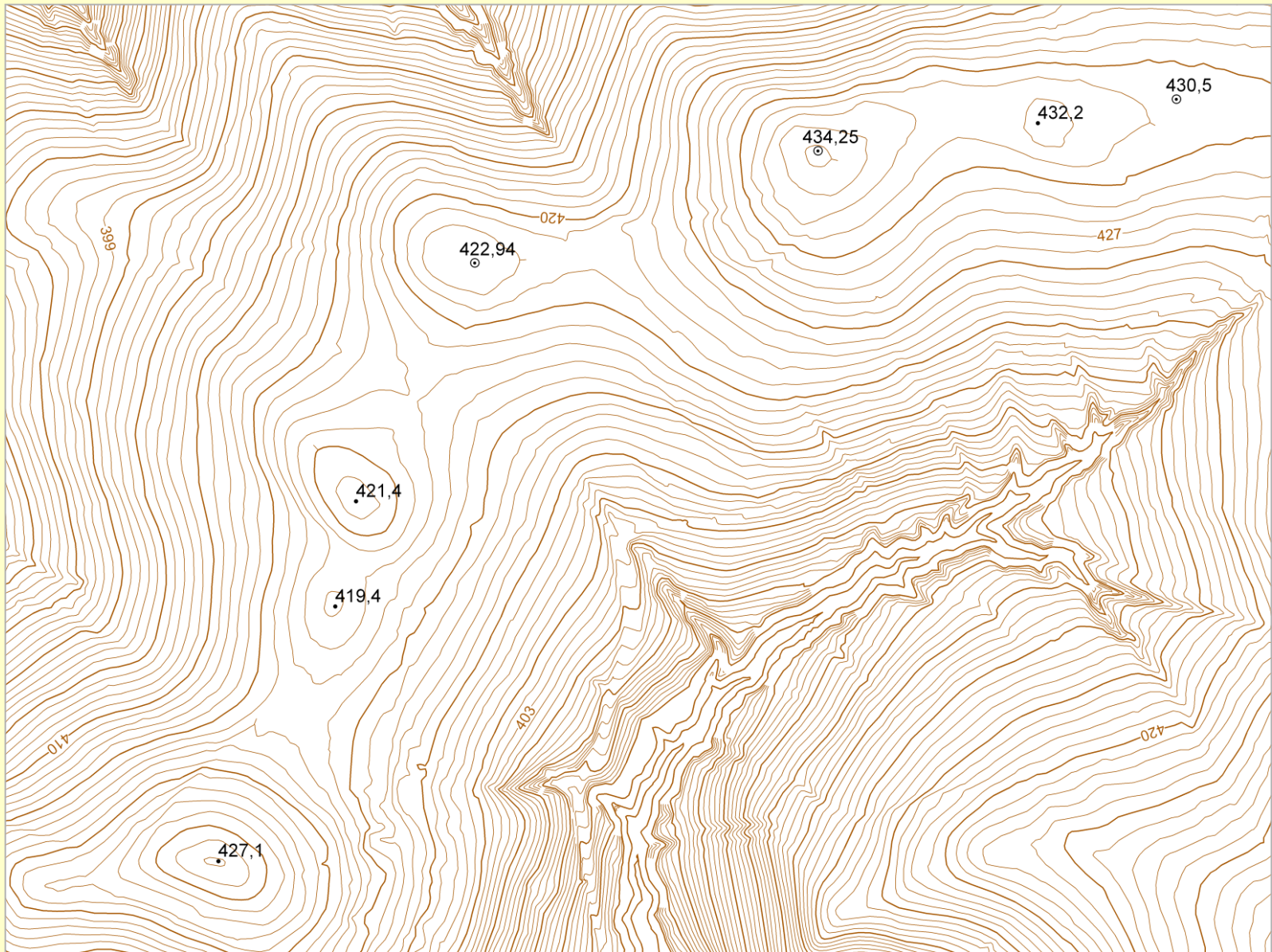


## *Kótované body*

---

- jen v uzavřených vrstevnicích (vrcholy, prohlubně), výběr nejvyššího resp. nejnižšího lokálního extrému
- konflikt s polohopisem
- problém je nalézt výstižná místa pro umístění a zároveň zachovat přiměřenou hustotu
- přehuštění a následné ruční promazání i s přihlédnutím k polohopisu
- vize: trénování na základě pročištěných kótovaných bodů

# Kótované body



# Spádovky

---

- na vrstevnicích z LLS je mnohem více drobných uzavřených vrstevnic než např. na současných vrstevnicích ZABAGED
- jen v uzavřených vrstevnicích (vrcholy, prohlubně)
- jen jedna spádovka na vrstevnici a na jeden objekt
- umístění spíše do většího lokálního zakřivení vrstevnice a spíše do vizuálně okrajových částí

# Spádovky



# Vynechávání / doplňování vrstevnic

- *vrstevnice: základní, zdůrazněné, doplňkové, (pomocné)*
- problémy na rovině a strmých svazích
- rovina se řeší doplňkovými
- strmé svahy se řeší vynecháváním:
  - všech 4 základních mezi 2 zdůrazněnými
  - některých základních v situaci, kdy výška strmého úseku je  $< 5 \cdot ZIV$
- generalizace oblastí k vynechání / doplnění
- z hlediska zpracování je pohodlnější vygenerovat všechny a pak je odmaskovávat / odstraňovat



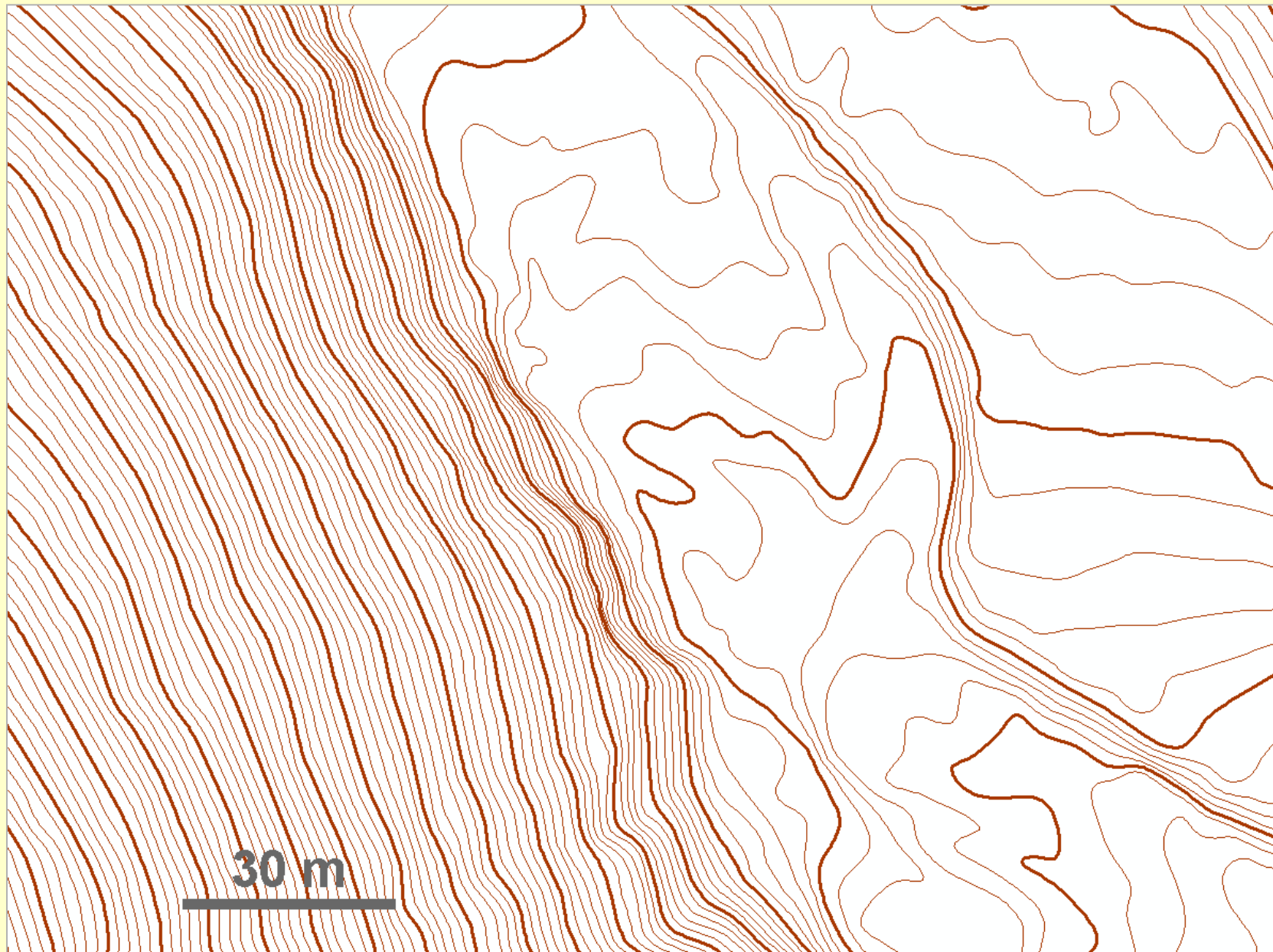
## *Doplňkové vrstevnice (všude)*



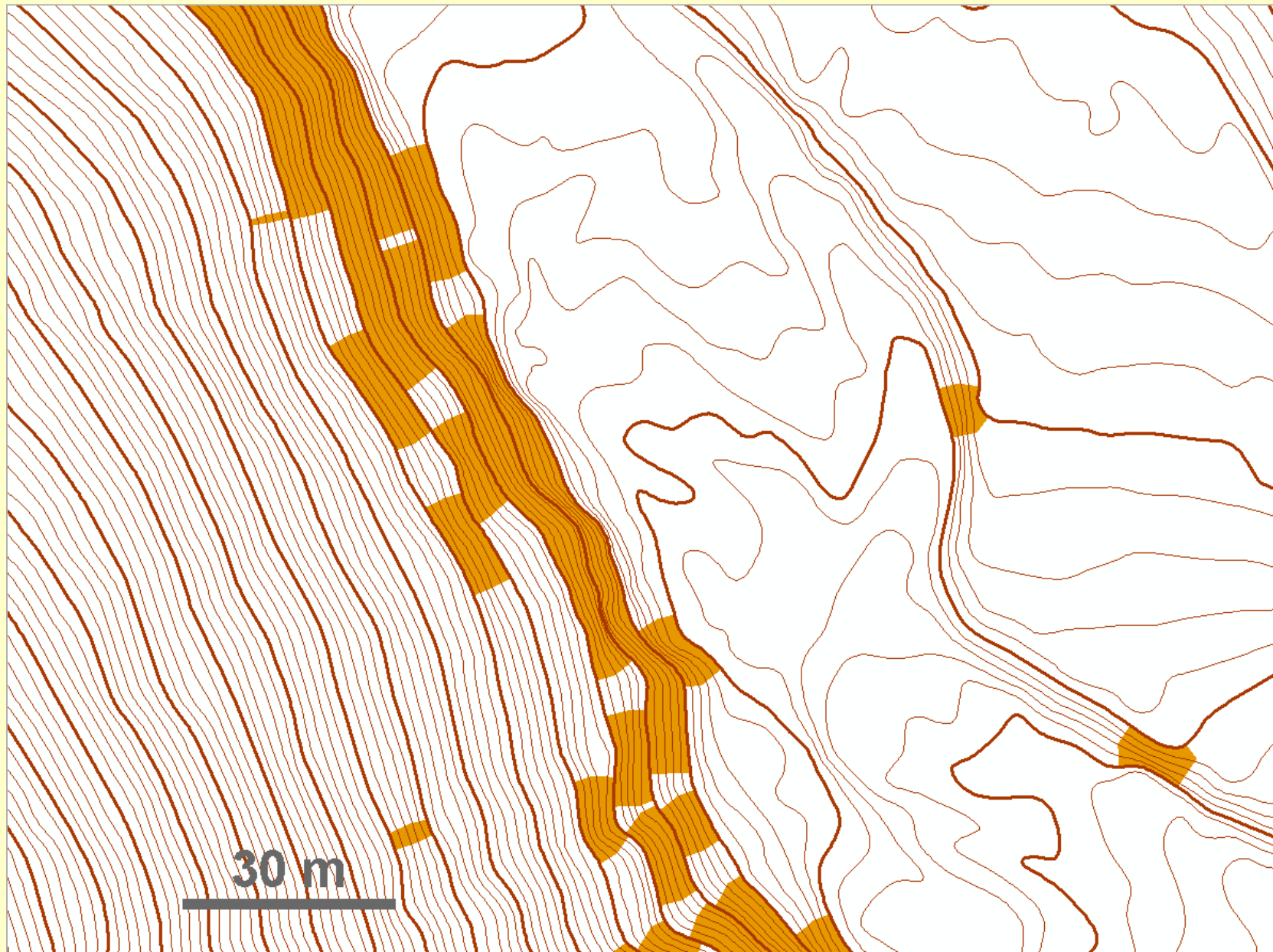
# *Doplňkové vrstevnice (po vynechání)*



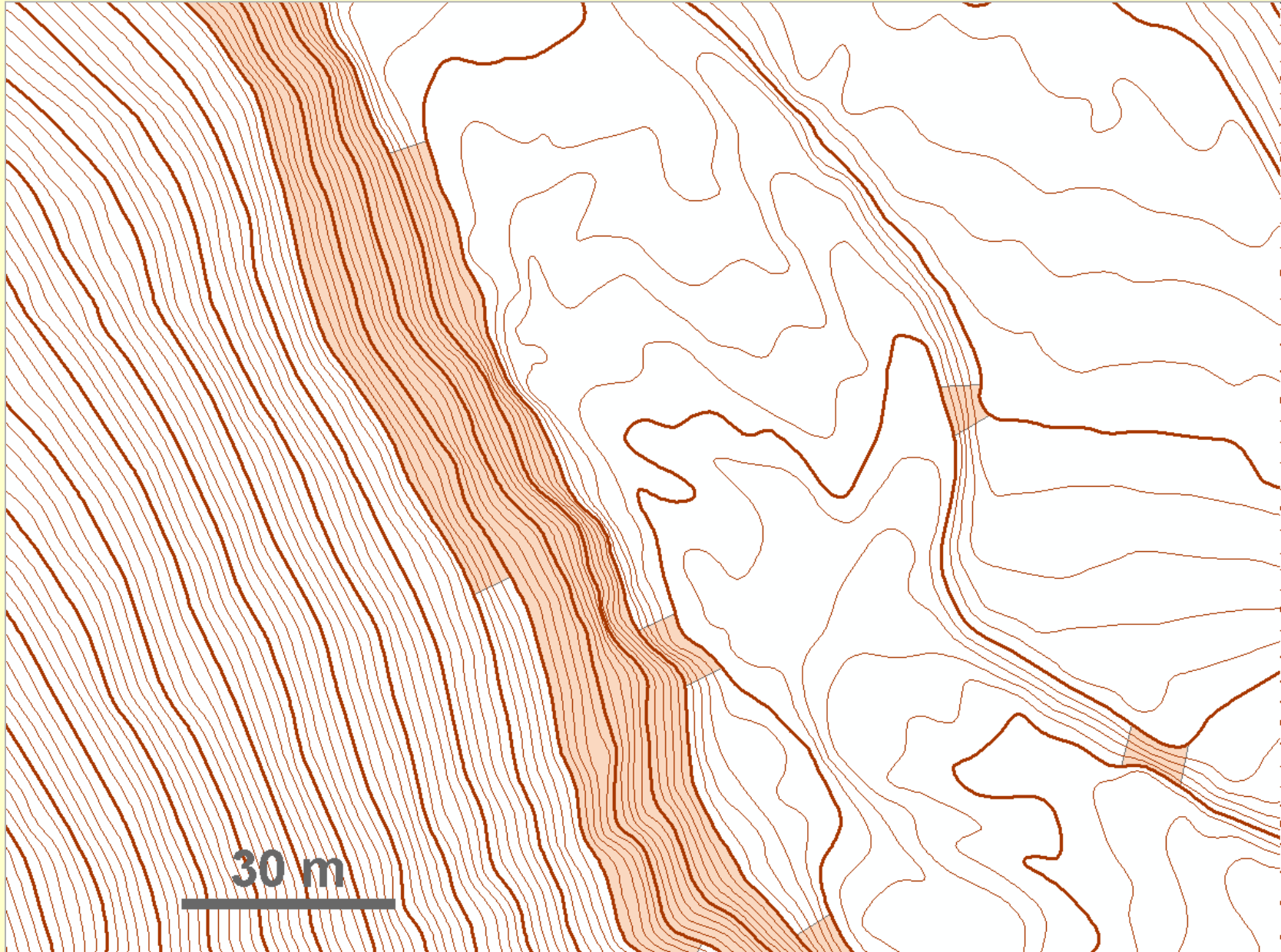
## *Slité vrstevnice – před...*



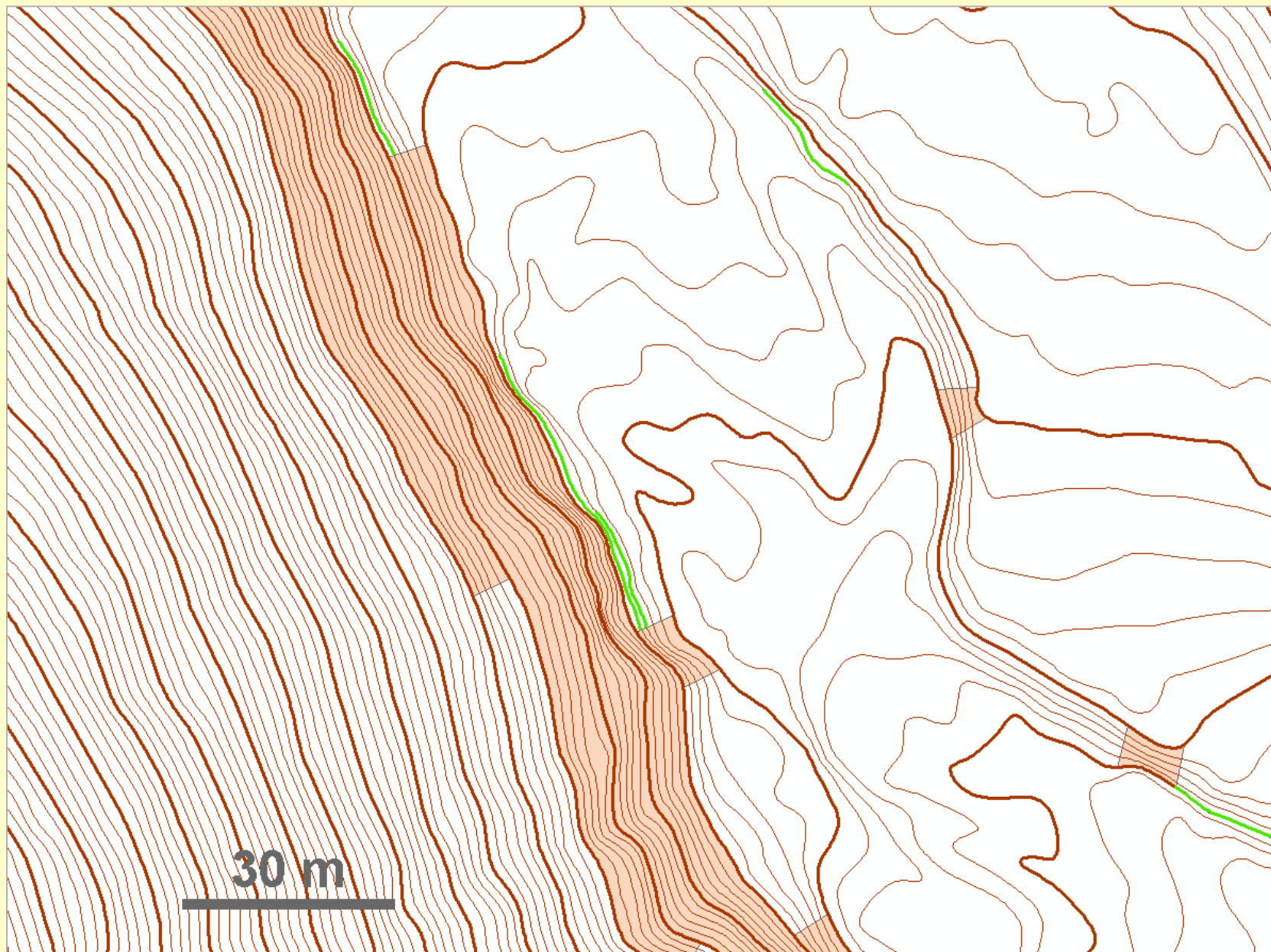
# *Slité vrstevnice – strmé svahy (před generalizací masky)*



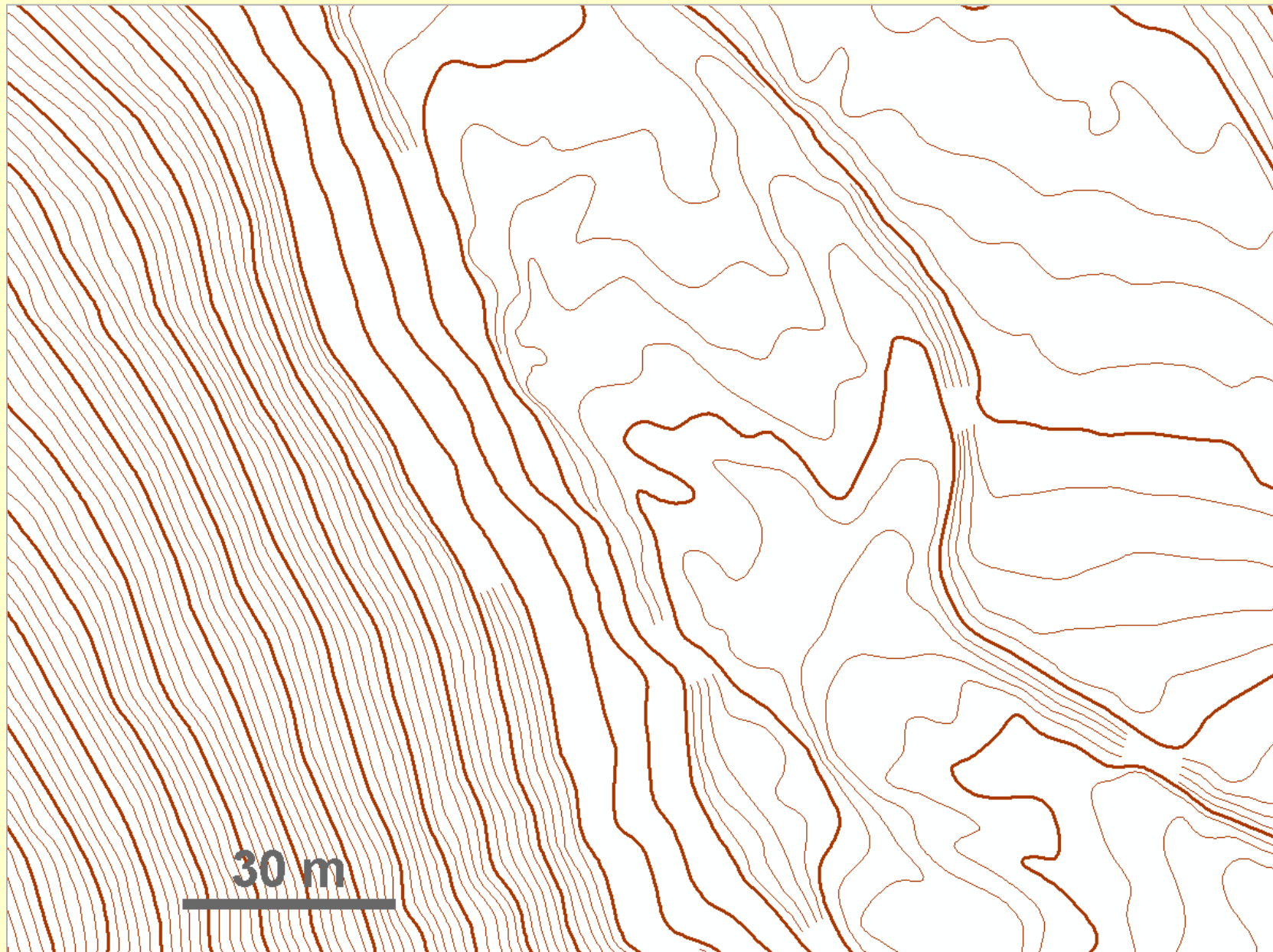
# Slité vrstevnice – strmé svahy (po generalizaci masky)



## *Slité vrstevnice – další základní*



# *Slité vrstevnice – po odmaskování*



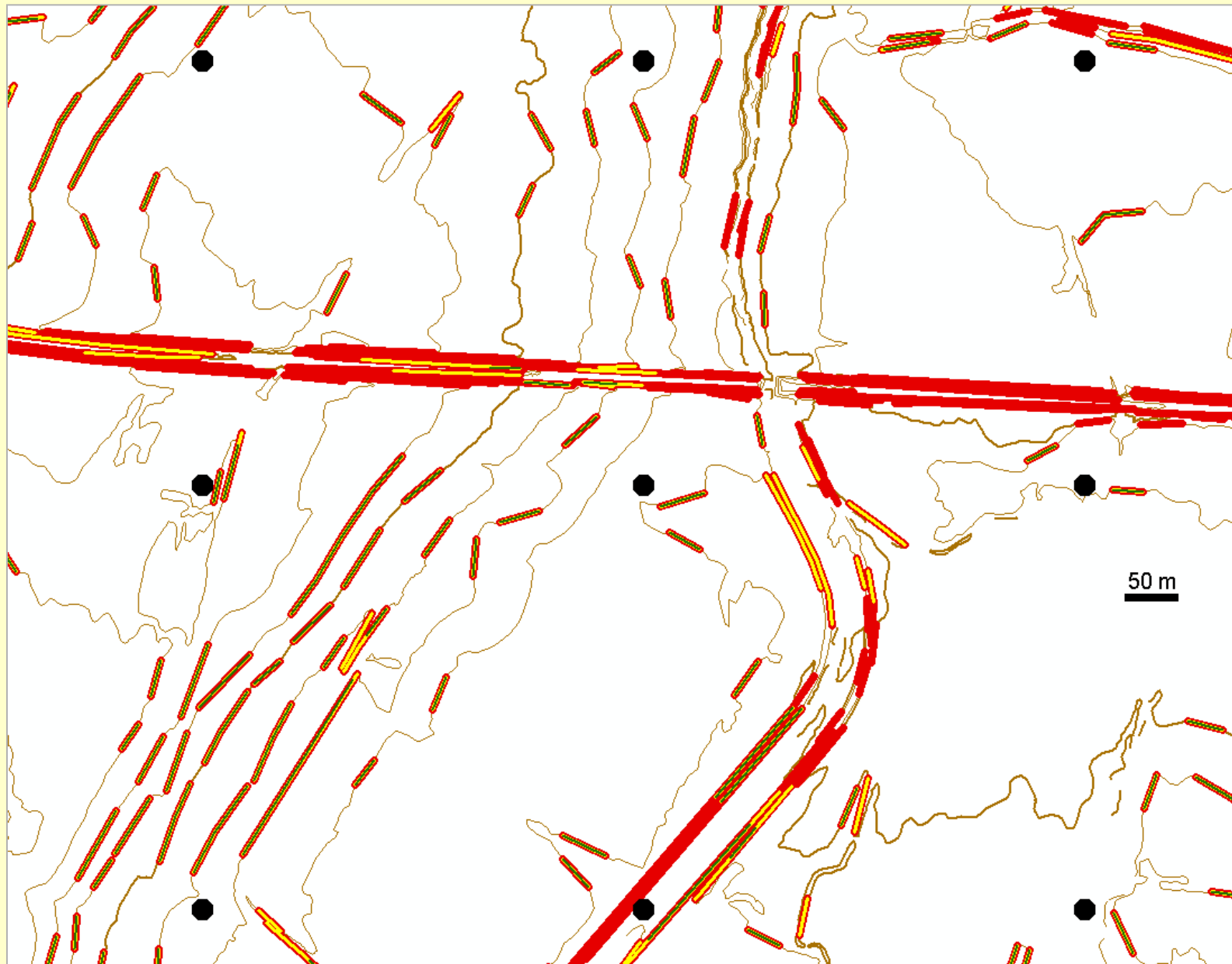
# *Popis vrstevnic*

---

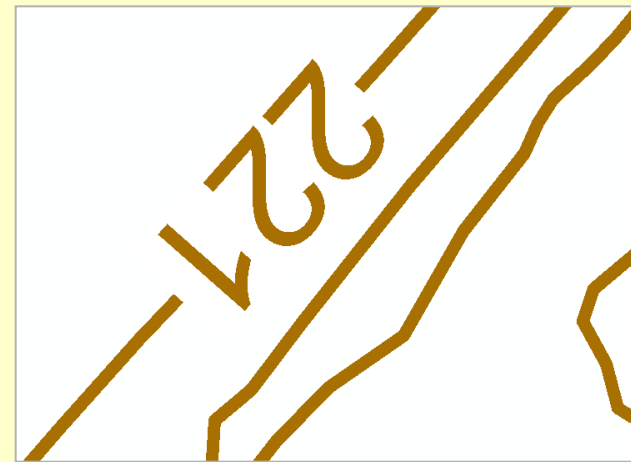
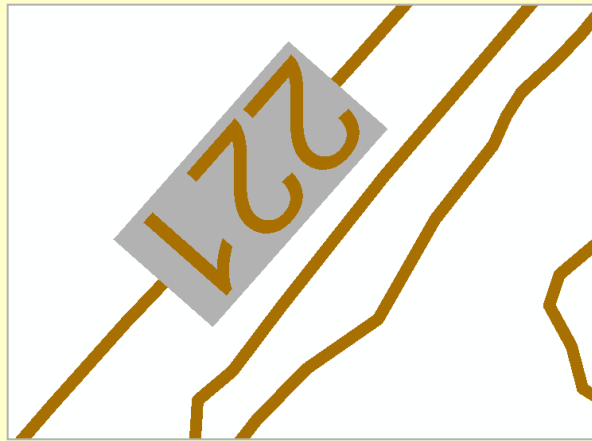
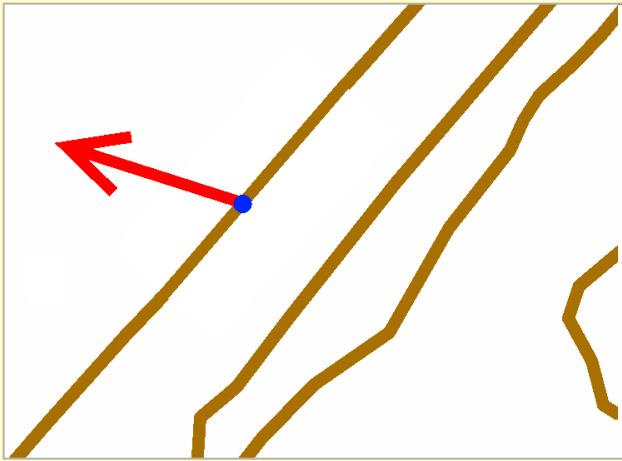
- hlavou do svahu
- výběr míst, kam popis umístit:
  - rovnoměrně
  - s ohledem na polohopis
  - s ohledem na zakřivení vrstevnice
  - s ohledem na prostor okolo vrstevnic
  - preference zdůrazněných
- správná orientace popisu:
  - v daném bodě spočítat směr největšího spádu
  - ten je ideálně kolmý na vrstevnici
  - reálně: odchylka, která určuje míru jistoty správnosti orientace popisu
- maska k přerušení vrstevnice



# Umístění popisu



# *Orientace popisu*



# Zkušenosti

---

- arcpy technologie se ukázala pro řešení úlohy vhodná
- dobrá zkušenost s rozdělením řešení na jednotlivé skripty (ošetření chyb)
- velká citlivost některých nástrojů na nastavené proměnné prostředí XY Resolution a XY Tolerance, problém nastavení těchto parametrů
- rychlost (průměrně 25 minut / list @ Intel Core 2 2,99 GHz, 4 GB RAM, Windows XP)
- velká závislost času na charakteru vstupních dat (pahorkatina vs. Polabí vs. Prachovské skály)
- limity velikosti dat pro některé funkce
- některé funkce občas vykazují ne zcela očekávané chování (chyby bez zjevných příčin)

# Závěr

---

- data leteckého laserového skenování jsou obecně pro tvorbu výškopisu příliš podrobná, generalizace je netriviální
- stávající software neumí automatizovat některé kroky při tvorbě výškopisu → výzva
- další problémy:
  - soulad s polohopisem (vodstvo, komunikace)
  - skalní útvary
  - terénní stupně
  - výškopis pro mapy malých měřítek
  - vyhlazování vrstevnic
  - lepší automatický výběr kótovaných bodů
  - ...

*Děkujeme za pozornost.*

## Otázky?



**Aleš Tippner, Oldřich Kafka**

ales.tippner@cuzk.cz, oldrich.kafka@cuzk.cz

Zeměměřický úřad, Zeměměřický odbor Pardubice



**Jakub Lysák**

lysak@natur.cuni.cz

Přírodovědecká fakulta UK v Praze,  
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie