

**Univerzita Karlova  
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geografie  
Studijní obor: Kartografie a geoinformatika



**Bc. Petra Lněničková**

**AUTOMATIZACE KONTUROVÉ METODY PRO ZNÁZORŇOVÁNÍ SKAL**

AUTOMATION OF „CONTOUR METHOD“ FOR CLIFF DRAWING

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Jakub Lysák, Ph.D.

Praha, 2019

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 14. dubna 2019

Petra Lněničková

### **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu své práce RNDr. Jakubu Lysákovi, Ph. D. za ochotu, cenné rady a čas věnovaný konzultacím během vzniku práce. Dále pak mým blízkým, kteří mi byli oporou při zpracování diplomové práce i v průběhu celého studia.

## Automatizace konturové metody pro znázorňování skal

### Abstrakt

Práce se zabývá návrhem automatizované tvorby kartografické reprezentace skal – konkrétně konturové metody. Na základě studia pravidel této metody a jejího použití na analogových mapách byla navržena pravidla pro její zpracování v digitální kartografii a následně navržen a implementován algoritmus pro automatizovanou tvorbu této reprezentace. Algoritmus vychází z návrhu zpracování konturové metody uvedeného ve studii *Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování* J. Lysáka (2016) a výstupních dat studie *Pískovcová skalní města v GIS* M. Tomkové (2015). Algoritmus byl implementován v podobě skriptů v jazyce *Python* za využití knihovny *arcpy*. Součástí práce je i otestování algoritmu na datech pískovcových oblastí na území Česka.

**klíčová slova:** skalní útvary, vizualizace výškopisu, digitální kartografie, konturová metoda

## Automation of „contour method“ for cliff drawing

### Abstract

This thesis deals with the design of automated creation of cartographic representation of rocks - specifically contour methods. Based on the study of the rules of this method and its use on analog maps, rules for its processing in digital cartography were designed and an algorithm for automated creation of this representation was designed and implemented. The algorithm is based on the design of the contour method described in the study *Topographic mapping of rock formations with the use of airborne laser scanning data* by J. Lysák (2016) and the output data of the study *Sandstone landscapes in GIS* by M. Tomková (2015). The algorithm was implemented in the form of *Python* scripts using the *arcpy* library. The thesis also includes testing the algorithm on data from sandstone areas in the Czech Republic.

**key words:** rocks formations, visualization of hypsography , digital cartography, contour method

# OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	8
SEZNAM TABULEK .....	11
1 ÚVOD.....	12
2 TEORETICKÁ ČÁST .....	13
2.1 Znázornění skal prostřednictvím vrstevnic .....	15
2.2 Konturová metoda .....	16
2.2.1 Obecný princip konturové metody .....	16
2.2.2 Praktické zpracování konturové metody na analogových mapách.....	23
2.2.3 Konturová metoda v digitální kartografii .....	26
2.2.4 Praktické zpracování konturové metody na digitálních mapách .....	32
2.3 Kartografie vs. topografie .....	35
3 DATA .....	36
3.1 Objekty ZABAGED .....	37
3.2 Data ze studií/vstupní data .....	38
3.3 Digitální model reliéfu.....	40
4 PRAKTICKÁ ČÁST .....	42
4.1 Kontura.....	43
4.1.1 Segmentace linií .....	43
4.1.2 Výpočet převýšení segmentů dolní hrany.....	45
4.1.3 Určení převýšení segmentů údolnice.....	47
4.1.4 Výsledná podoba základní kontury .....	49
4.2 Tvarové čáry .....	53
4.2.1 Tvorba základní linie.....	55
4.2.2 Generování tvarových čar .....	58
4.2.3 Řešení konfliktních míst tvarových čar.....	60
4.3 Odmazání a odmaskování kresby tvarových čar .....	64
5 TESTOVÁNÍ.....	67
5.1 Implementace .....	67
5.1.1 Testovací území.....	69
5.1.2 Volba šířky kontur .....	70

5.1.3	Volba velikosti segmentace.....	72
5.1.4	Volba vzdálenosti a rozestupu tvarových čar.....	73
5.2	Problémy algoritmu .....	76
5.3	Alternativní řešení částí algoritmu.....	79
5.4	Možná rozšíření algoritmu .....	81
5.5	Testování na datech OpenStreetMap .....	83
5.6	Závěr k testování navrženého algoritmu .....	85
6	DISKUZE.....	86
7	ZÁVĚR.....	90
	ZDROJE .....	92
	ZDROJE DAT.....	94
	SEZNAM PŘÍLOH.....	95

## SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1	švýcarská metoda kresby skal pro velehorský terén.....	13
obr. 2	žebříčková manýra na Základní mapě 1 : 10 000 (mírně zvětšeno).....	14
obr. 3	ukázka konturové metody .....	14
obr. 4	ilustrace liniiových znázornění .....	17
obr. 5	tvárové čáry v konturové metodě.....	19
obr. 6	tvárové čáry v konturové metodě na mapách .....	19
obr. 7	ukázka názornosti pro čtení informace.....	20
obr. 8	porovnání konturové metody s DMR a žebříčkovou manýrou .....	21
obr. 9	porovnání konturové metody s ortofotem .....	22
obr. 10	ukázka „předchůdců“ konturové metody.....	23
obr. 11	ukázka mapy Schrammsteingebiet (4. vydání z roku 2013).....	24
obr. 12	ukázka Topographische Karte der DDR z oblasti labských pískovců.....	24
obr. 13	ukázka pravidel dle ACD.....	25
obr. 14	ukázka ručně kreslené mapy © R. Böhma .....	26
obr. 15	ukázka kontur získaných metodou slévání vrstevnic .....	27
obr. 16	ilustrace k detekci kontur s využitím konvoluce .....	28
obr. 17	ukázka kontur získaných metodou konvoluce (území shodné s obr. 15 vlevo).....	28
obr. 18	ilustrace k výpočtu šířky linií kontur a údolnic.....	30
obr. 19	ilustrace generování tvarových čar metodou rovnoběžek .....	31
obr. 20	ilustrace generování tvarových čar metodou přechodových linií.....	31
obr. 21	ilustrace digitalizace konturové metody (z TK 10 na DTK 10).....	33
obr. 22	ukázka konturové metody doplněné tvarovými čarami metodou rovnoběžek.....	33
obr. 23	ukázka tvarových čar vytvořených metodou přechodových linií.....	34
obr. 24	digitální model krajiny vs. digitální kartografický model .....	35
obr. 25	porovnání skalních objektů v ZABAGED (vlevo) a v DMÚ 25 (vpravo).....	36
obr. 26	porovnání Skalních objektů ZABAGED s DMR 5G.....	38
obr. 27	ukázka členění skalního útvaru .....	39
obr. 28	ilustrace segmentace linie.....	44
obr. 29	ilustrace „vznívání“ údolnice .....	45
obr. 30	ilustrace výběru relevantních polygonů k segmentu dolní hrany.....	46
obr. 31	ilustrace překrývajících se polygonů bufferů jednotlivých segmentů .....	46
obr. 32	výpočet relativní výšky údolnice v místě dotyku dolní hrany .....	48
obr. 33	ilustrace výpočtu převýšení u údolnic, které se nedotýkají dolní hrany.....	49

obr. 34	ilustrace kulatého zakončení bufferu (typ „round“)	49
obr. 35	ilustrace čtvercového zakončení bufferu (typ „flat“)	50
obr. 36	výsledná podoba linie (kombinace obou typu bufferu)	50
obr. 37	ilustrace k tvorbě kontury odvozené od údolnice dotýkající se dolní hrany	50
obr. 38	ilustrace k tvorbě kontury odvozené od údolnice, která protíná jinou údolnici	51
obr. 39	ilustrace jednostranného a oboustranného bufferu	51
obr. 40	ilustrace „přečnávajícího“ polygonu bufferu	52
obr. 41	ilustrace nežádoucího odmazání linie kontury	52
obr. 42	ilustrace shlazení linie	53
obr. 43	ilustrace rozestupu mezi rovnoběžkou s dolní hranou a konturou	54
obr. 44	ilustrace nevhodného napojování TC na styku údolnice a dolní hrany	54
obr. 45	ilustrační obrázek k tvorbě bufferů vedoucí ke vzniku základních linií	55
obr. 46	ilustrace vzniku základní linie	56
obr. 47	ilustrační obrázek k odlišné geometrii bufferu	57
obr. 48	ilustrace základní linie z více prvků	57
obr. 49	ilustrace bufferu č.1 a bufferu č.2	58
obr. 50	ilustrace vzniku tvarové čáry	59
obr. 51	ukázka doplňkových tvarových čar	59
obr. 52	ukázka překrývajících se tvarových čar	60
obr. 53	ilustrace segmentace tvarových čar	60
obr. 54	ilustrace k výběru správných průsečíků	61
obr. 55	ilustrace protínajících se tvarových čar	61
obr. 56	ilustrace rozhodovacích pravidel	62
obr. 57	ukázka stavu „před“ a „po“ vyřešení konfliktních míst	63
obr. 58	ilustrace „pozůstatků“ tvarových čar	63
obr. 59	ilustrace tvaru doplňkové plochy okolo údolnic	64
obr. 60	výběr relevantních částí TC	65
obr. 61	ilustrace odmazání okolní mapové kresby	66
obr. 62	ukázka konturové metody dle parametrů v ACD	70
obr. 63	ilustrace šířky kontur pro reprezentaci v měřítku 1 : 5 000	71
obr. 64	odlišné šířky kontur pro měřítko 1 : 4 000	71
obr. 65	ukázka vlivu rozdílné velikosti segmentů	73
obr. 66	ukázka šířky kontury vs. plocha stěny (šedě)	73
obr. 67	ilustrace k volbě základního intervalu tvarových čar	74
obr. 68	zvětšování rozestupů tvarových čar v různých měřítkách	75



obr. 69	ukázka skalních věží .....	76
obr. 70	ilustrace k minimálnímu rozdílu mezi generovanými buffery.....	77
obr. 71	problémovost tvorby tvarových čar.....	78
obr. 72	ilustrace problematiky konfliktních míst tvarových čar .....	79
obr. 73	možné podoby kontury odvozené od údolnice .....	80
obr. 74	ukázka odmazání kresby za využití rozčleněné skalní plošiny .....	81
obr. 75	ilustrace k iterativnímu zpracování „sítě“ údolnic .....	82
obr. 76	ilustrace k výškovému průměrování sousedních kontur .....	83
obr. 77	ilustrace k testování dat z OSM (pro měřítko 1 : 10 000) .....	84
obr. 78	reprezentace dat OSM v měřítku 1 : 3 000 .....	85
obr. 79	porovnání reprezentace při znázornění „jednoduché skalní stěny“ .....	87
obr. 80	porovnání reprezentace při znázornění „rozčleněné skalní stěny“ .....	87
obr. 81	porovnání reprezentace při znázornění „členitého skalního reliéfu“ .....	88
obr. 82	ilustrace výstupu algoritmu z dat získaných z mapy Schrammsteingebiet.....	89
obr. 83	porovnání výstupu algoritmu se Základní mapou 1 : 10 000.....	91

Není-li u obrázku uveden zdroj, jedná se o vlastní tvorbu na základě dat bakalářské práce M. Tomkové (2016).

## SEZNAM TABULEK

tab. 1	tloušťka linií při znázornění vrstevnicemi (ZIV 5 m).....	16
tab. 2	tloušťka linií při užití konturové metody.....	18
tab. 3	shrnutí kategorie dle ACD .....	25
tab. 4	přehled testovacích území .....	69
tab. 5	šířky kontur v závislosti na měřítku.....	70
tab. 6	doporučené šířky kontur dle měřítka.....	72

# 1 ÚVOD

Skalní útvary, mezi kterými na našem území převládají pískovcová skalní města, jsou výrazné krajinné prvky, které ovlivňují průchodnost terénu. O smysluplnosti jejich zanesení do topografických map tedy není pochyb. Běžně se tvůrci mapy snaží do kartografického díla zachytit objekty s převládajícími horizontálními rozměry. U skal je tomu ale naopak, a většinou převládá rozměr vertikální. Tento fakt činí znázornění skal poměrně komplikovaným, a proto někdy bývá považováno za disciplínu na hranici kartografie a umění (Čapek, 1973). Pro znázornění skal bylo v nalezeno mnoho způsobů a zejména v dobách analogové kartografie se na výsledku reprezentace projevovala individualita a schopnosti autora. Metody totiž byly definovány poměrně svobodně a až s příchodem digitální kartografie vzrostla jednotnost znázornění, která vyplývá z automatizace tvorby. Tvorba map v počítačovém prostředí zcela jistě zrychlila a zefektivnila kartografickou práci, ale v případě kvality prezentace informací o skalním terénu stále značně zaostává za kartografií analogovou (Lysák, 2016).

K tvorbě reprezentace v digitálním prostředí lze přistupovat dvěma způsoby. U prvního z nich se vychází z dostupných topografických dat (viz kapitola 2.3) a je snaha o vytvoření kvalitní reprezentace tak, aby to nebylo příliš pracné. Tento postup je v praxi často užíván, ale výsledek jím dosažený obvykle nedosahuje kvalit tradičních metod. Druhým přístupem je snaha o algoritmizaci některé z již existujících klasických reprezentací skal (Lysák & Bláha, 2008). I přes některé dílčí úspěchy se ale digitální kartografie se zobrazením skalního terénu dosud akceptovatelným způsobem nedokázala vypořádat (Lysák, 2016). Automatizace, resp. zefektivnění znázorňování skal tedy zůstává dosud otevřeným problémem, který spadá do oblasti vizualizace a generalizace prostorových dat.

Předkládaná práce si klade za cíl přispět k tomuto řešení prostřednictvím automatizace tvorby konturové metody. Tato metoda byla navržena v 50. letech minulého století pro znázornění Labských pískovců v Sasku a je určena pro mapy velkých měřítek. První a jediný, autorce známý, pokus o automatizaci této metody je naznačen v dizertační práci J. Lysáka (2016). Zde jsou uvedeny hlavní myšlenky postupu zpracování, z nichž tato diplomová práce vychází a dále je rozpracovává. Tato diplomová práce dále využívá objektů z výsledků bakalářské práce M. Tomkové (2015), která se zabývala získáváním topografických dat z oblastí pískovcových skalních měst. Součástí předkládané práce je návrh a implementace algoritmu, jehož výstupem je reprezentace skal prostřednictvím konturové metody.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

Skutečnost převládajícího vertikální rozměru skal vyžaduje při převodu do roviny mapy zvýšenou pozornost na vhodnou volbu metody pro znázornění. Pro zachycení skalních objektů existuje hned celá řada možných metod (více např. v Lysák, 2016 nebo Čapek, 1985). Každá z nich je však svým způsobem specifická a její užití je tedy vhodné pouze pro určitý typ reliéfu či měřítka mapy. Často užití dané metody také souvisí s konkrétní zemí a jejími „kartografickými zvyklostmi“, které se značně odvíjí od typu reliéfu.

Například v alpských zemích, vzhledem k rozšíření velehorského skalního terénu, je velmi podrobně zpracována a převážně užívána švýcarská metoda, která kombinuje skalní šrafy, vrstevnice a výškové body (viz obr. 1).



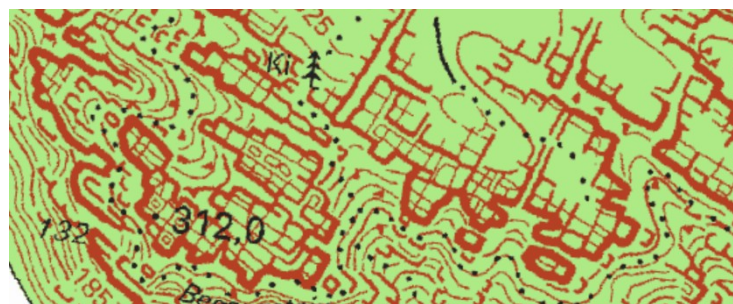
obr. 1 švýcarská metoda kresby skal pro velehorský terén  
vlevo - v měřítku 1 : 50 000, vpravo - v měřítku 1 : 10 000  
Zdroj: © Swisstopo, 2019

Na našem území mezi skalními oblastmi hraje významnou (převládající) roli pískovcová skalní města. Pro tyto oblasti je charakteristické, že jsou tvořeny příkrými skalními stěnami, věžemi, jehlami a labyrinty hlubokých a úzkých roklí (Lysák, 2016). Výška zmíněných objektů je značná, ale jejich půdorys je mnohdy až zanedbatelný (pro jejich zákres v mapě tedy „není místo“). Z toho vyplývá i problematika s jejich zákresem do map. V současné době je na našem území pro skalnatý terén používána zejména žebříčková manýra. Pro znázornění skalních srázů může být tato metoda považována za uspokojivou (viz obr. 2 vlevo), ale v případě pískovcových oblastí (viz obr. 2 uprostřed a zejména vpravo) si nelze udělat představu o prostupnosti ani relativní výšce skalních objektů (Čapek, 1973).



obr. 2 žebříčková manýra na Základní mapě 1 : 10 000 (mírně zvětšeno)  
 vlevo - skalnatý sráz, uprostřed - pískovcová oblast NP České Švýcarsko,  
 vpravo - pískovcová oblast Adršpašsko-Teplické skály  
 Zdroj: © ČÚZK, 2019

Pískovcová skalní města nacházející se na našem území leží v České křídové pánvi, která částečně zasahuje i do sousedního Polska a Německa (Saska). Právě zde (v Sasku) se v 50. letech minulého století zabývali problematikou znázornění pískovcových skal a jako možné řešení byla vytvořena tzv. konturová metoda (viz obr. 3). Konturová metoda spočívá ve znázornění skal jejich půdorysnou čarou, přičemž čím je stěna vyšší, tím je linie tlustší. Následně byla tato metoda shledána i doc. R. Čapkem, českým kartografem podrobněji se zabývajícím znázorněním skal, za „nejlépe se osvědčující“ způsob kresby pískovcového reliéfu (Čapek, 1992).



obr. 3 ukázka konturové metody  
 Zdroj: © GeoSN, 2019

Za výhody konturové metody je považováno, že je názorná, příliš graficky nezatěžuje mapu a umožňuje určení relativních výšek skalních stěn a průchodnosti terénu. Princip její tvorby, včetně znázornění skal prostřednictvím vrstevnic, z něhož metoda vychází, je podrobně popsána v následujících kapitolách.

## 2.1 Znázornění skal prostřednictvím vrstevnic

V současnosti jsou na topografických mapách nejčastěji užívanou metodou pro znázornění výškopisu vrstevnice. Jejich prostřednictvím lze znázornit i skály. Princip konturové metody vychází ze znázorňování skal prostřednictvím vrstevnic, proto jsou v této kapitole vysvětleny vybrané aspekty znázornění reliéfu s jejich využitím.

V oblastech příkrých a kolmých stěn dochází k přibližování vrstevnic, v některých případech dokonce k překrývání či splývání, což snižuje čitelnost mapy (viz obr. 4 vlevo). Názornost metody je závislá na použitém základním intervalu vrstevnic, kdy s příliš malým nebo naopak velkým intervalem ztrácí vrstevnicová metoda vypovídající schopnost (u příliš malého intervalu dochází ke slévání vrstevnic a terén se jeví strmější, u velkého naopak schůdnější).

Komplikace nastávají i u zakreslení extrémně rovných či příkrých částí reliéfu. Dále tato metoda nezachytí objekty, které mají menší výšku než užitý základní interval vrstevnic (což je důvodem užívání speciálních znaků pro objekty mikroreliéfu, jako jsou například terénní stupně, rokle apod.). Níže je uveden přehled, jak silnou linií dle Ullricha (1969) by byly ve výsledku zakresleny skály pomocí vrstevnicové metody se základním intervalem 5 m, kdy tloušťka linie vychází ze vztahu mezi výškou objektu, základním intervalem vrstevnic a tloušťkou jedné vrstevnice (viz tab. 1).

výška stěny [m]	počet vrstevnic	tloušťka čáry vrstevnice 0,1 mm v případě:		interval šířky linie [mm]
		zákresu vrstevnic přes sebe [mm]	zákresu vrstevnic vedle sebe [mm]	
5	1	0,1	0,1	0,1...0,1
10	2	0,1	0,2	0,1...0,2
15	3	0,1	0,3	0,1...0,3
20	4	0,1	0,4	0,1...0,4
25	5	0,1	0,5	0,1...0,5
30	6	0,1	0,6	0,1...0,6
35	7	0,1	0,7	0,1...0,7
40	8	0,1	0,8	0,1...0,8
45	9	0,1	0,9	0,1...0,9
50	10	0,1	1,0	0,1...1,0
60	12	0,1	1,2	0,1...1,2
70	14	0,1	1,4	0,1...1,4
80	16	0,1	1,6	0,1...1,6
90	18	0,1	1,8	0,1...1,8
100	20	0,1	2,0	0,1...2,0

tab. 1 tloušťka linií při znázornění vrstevnicemi (ZIV 5 m)  
Zdroj: Ullrich (1969)

Ačkoliv je tato metoda velmi přesná, tak bezprostřední blízkost, překrývání či dokonce splývání vrstevnic činí tento způsob znázornění terénu obtížně čitelným.

## 2.2 Konturová metoda

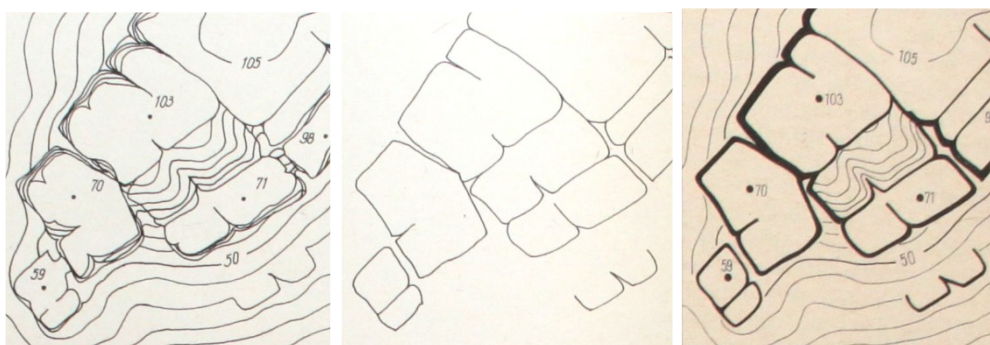
Přehlednějším a zdařilejším řešením, oproti znázornění skal prostřednictvím vrstevnic, se zdá být konturová metoda. Ta byla odvozena právě z metody vrstevnic a její princip je popsán v následující kapitole.

### 2.2.1 Obecný princip konturové metody

Konturová metoda byla vyvinuta Kurtem Ullrichem v šedesátých letech minulého století v Sasku, kde byla představena jako vhodný způsob pro zakreslení pískovcového reliéfu, konkrétně Labských pískovců (Elbsandsteingebirge). Pískovcová města jsou tvořena skalními masivy a věžemi, které jsou charakteristické svými příkrými až kolmými stěnami. Jejich významnost a nápadnost v terénu z hlediska orientace je tedy značná, ale půdorys

zanedbatelný. Při takovémto sklonu dochází ke splývání horních okrajů věží a úpatnic, neboť na jejich kresbu nezbývá místo. Konturová metoda z pohledu klasifikace metod používaných pro kresbu skal v digitální kartografii odpovídá reprezentaci *linií či polygonů zachycujících terénní hrany* (Lysák, 2016).

Řešením tohoto problému s „nedostatkem místa“ je zákres stěn půdorysnou čarou (kopírující dolní hranu stěny), jejíž tloušťka odpovídá relativní výšce stěny. Přičemž zde platí pravidlo „čím vyšší stěna, tím silnější linie“ (Ullrich, 1969). Důsledkem tohoto pravidla je i skutečnost, že nápadnější stěna je znázorněna výrazněji (viz obr. 4 vpravo), což je i přirozený požadavek z hlediska zákresu v mapě.



*obr. 4 ilustrace liniiových znázornění  
vlevo – znázornění vrstevnicemi, uprostřed – znázornění konturami,  
vpravo – znázornění konturami s tloušťkou linie dle relativní výšky stěny  
Zdroj: Ullrich (1969)*

Pro určení situace, kdy se ještě hovoří o kolmé skalní stěně (stěna znázorněná jednou linií), byla stanovena přípustná horizontální odchylka, která představuje horizontální rozdíl mezi patou a horní hranou stěny. Tato odchylka je stanovena jako lineární funkce výšky stěny a horizontálního odstupu dolní paty od horního okraje stěny. Odpovídá zhruba sklonu 80°–100° (Ullrich, 1969).

Kontury jsou považovány za „náhradu“ slitých vrstevnic, proto jsou obecně kresleny silněji než samotné vrstevnice (viz obr. 4 vpravo). Tloušťka jednotlivých čar se nemění spojitě, ale kvůli snazšímu získání informace o výšce stěny jsou tloušťky čar rozděleny do několika intervalů. Pro výpočet tloušťky čar neplatí lineární závislost, ale používá se závislosti kvadratické:

$$A = \sqrt{H},$$

kde  $A$  představuje tloušťku čáry a  $H$  výšku stěny. Tato závislost umožňuje vyjádřit menší, ale hojně se vyskytující relativní výšky silnější čarou než při lineární závislosti a zároveň

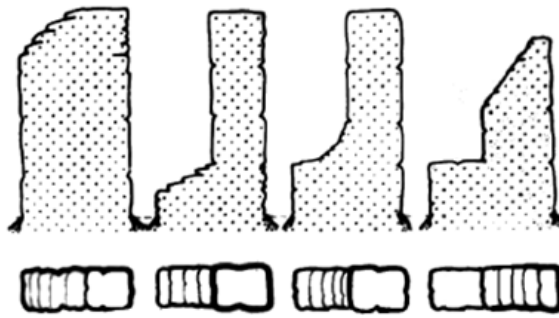


vysoké skály nejsou přesyceny barvou (Čapek, 1973). Na základě tohoto principu Ullrich (1969) navrhl rozdělení čar dle tloušťky do tří kategorií (viz tab. 2). Na rozdíl od kategorií u metody vrstevnic zde místo počtu vrstevnic uvažuje přípustnou horizontální odchylku a rozdělení do kategorií vychází také z četnosti výskytu jevů.

výška stěny [m]	šířka čáry dle $A = \sqrt{H}$ [mm]	seskupení konturových linií		zastoupení [%]
		výškové stupně	tloušťka kontury [mm]	
5	0,22	I	0,25	I = 43
10	0,32	I	0,25	
15	0,39	II	0,40	
20	0,45	II	0,40	II = 37
25	0,50	II	0,40	
30	0,55	III	0,60	
35	0,59	III	0,60	III = 20
40	0,63	III	0,60	
45	0,67	III	0,60	
50	0,71	III	0,60	
60	0,77	III	0,60	
70	0,84	III	0,60	
80	0,89	III	0,60	
90	0,95	III	0,60	
100	1,00	III	0,60	

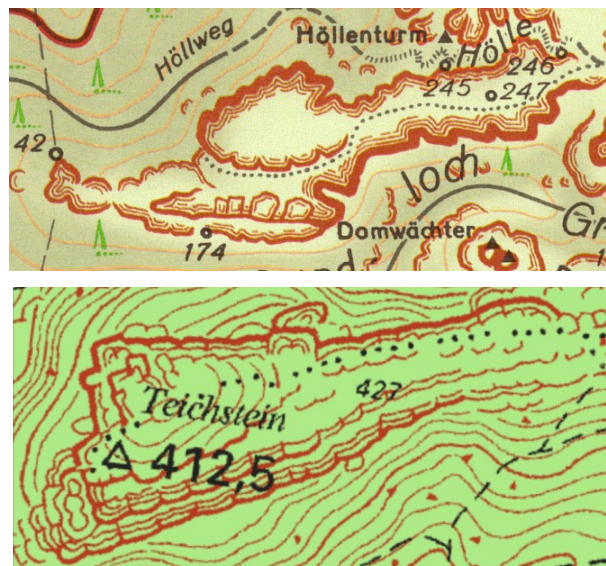
tab. 2 tloušťka linií při užití konturové metody  
Zdroj: Ullrich (1969)

V pískovcovém reliéfu se však nevyskytují pouze ideální kvádrové tvary s kolnými stěnami, tedy takové objekty, jejichž půdorys by měl liniový charakter. Tato problematika je řešena tvarovými čarami, které „doplňují“ konturové znázornění půdorysu. Zjednodušeně lze říci, že se jedná o jakési „pozůstatky“ vrstevnic, které neplní svojí původní úlohu pro exaktní určení výšky, ale změnou rozestupu informují o tvaru skalního útvaru (viz obr. 5), (Ullrich, 1969).



obr. 5 tvarové čáry v konturové metodě  
Zdroj: Ullrich (1969)

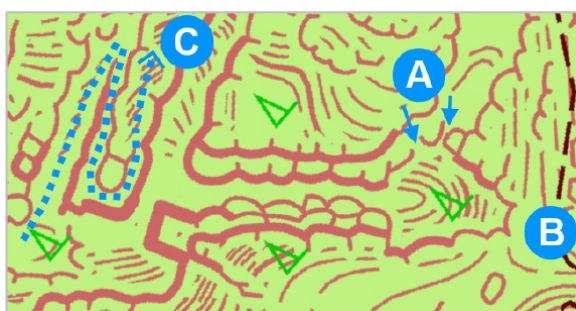
Principiálně tvarové čáry vznikají tak, že se pro danou stěnu předepíše určitý výškový interval, nechají se v ní vrstevnice v tomto intervalu a slité vrstevnice se nahradí konturou. Takovéto zpracování by bylo vhodné pro mapy velkých měřítek, ale v praxi se většinou vytvoří rovnoběžky s hlavní konturou, která odpovídá patě stěny/dolní hraně (viz obr. 6). S rostoucí vzdáleností od kontury mohou mít linie větší rozestup a menší tloušťku, což přispívá k tzv. vyznívání skalní stěny (vyzníváním se rozumí plynulý přechod ze strmé do „rovinaté/vrcholové“ části skály) při přechodu do pískovcové plošiny a obecně k lepšímu vnímání informace o směru (nahoru/dolů). Z tohoto důvodu má smysl užití tvarových čar i u kolmých stěn (Lysák, 2016, s. 144). Tvarové čáry jsou z důvodu odlišení od vrstevnic kresleny slabšími liniemi než vrstevnice (kromě toho jsou vždy malé plochy, kde se tvarové čáry vyskytují, ze všech stran ohraničeny konturou). Díky této metodě je tedy možné v mapách odlišit terasy od příkrých stěn.



obr. 6 tvarové čáry v konturové metodě na mapách  
nahore – tvarové čáry použity pro zvýšení plastického působení,  
dole – stěna není kolmá a vyjádření tvarovými čarami je žádoucí  
Zdroj: GeoSN (2019), Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (2013)

Pro doplnění výškopisu konturové metody se ve vrcholových oblastech skal používají výškové body, v údolích/pod úpatnicemi vrstevnice (ty jsou kresleny tak, aby se kontur nedotýkaly). Metoda se doporučuje pro mapy 1 : 10 000 a větší (Ullrich, 1969). Existuje ale i omezení měřítek zdola, kdy při přílišném zvětšení měřítka přestanou mít stěny liniový charakter a nabývají formy ploch (zde je už konturová metoda nevhodná).

Výhodou metody je její exaktnost a názornost při snaze zachytit komplikovaný a členitý skalní terén (viz obr. 7), jako je tomu právě v případě pískovců. Metoda umožňuje například zachycení trhlin a průchodů v podobě nedotažených kontur k sobě. Naopak dotažené kontury znamenají bez lezeckého vybavení nepřekonatelnou stěnu (Lysák, 2016).

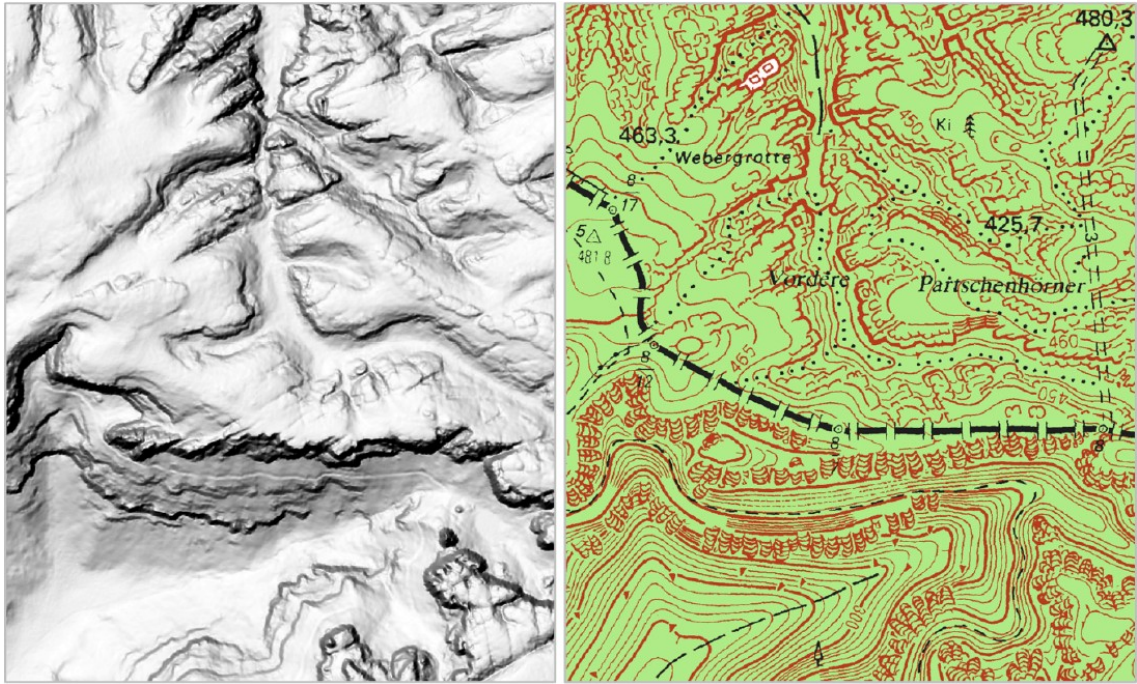


obr. 7 ukázka názornosti pro čtení informace

*Z rokle lemované z obou stran skalními stěnami lze vystoupit pouze na její straně na dvou místech, kde je průchod mezi skalními bloky (A). V uzávěru hlavní části údolí to možné není, neboť tu je nepřekonatelná stěna (B). Možnost výstupu na vrchol skalního útvaru C ze dna rokle je naznačen tečkovanou čarou, klíčové je využít místa, kde se stěny rozestupují, což je vyjádřeno mezerami mezi konturami (Lysák, 2016, s.146).*

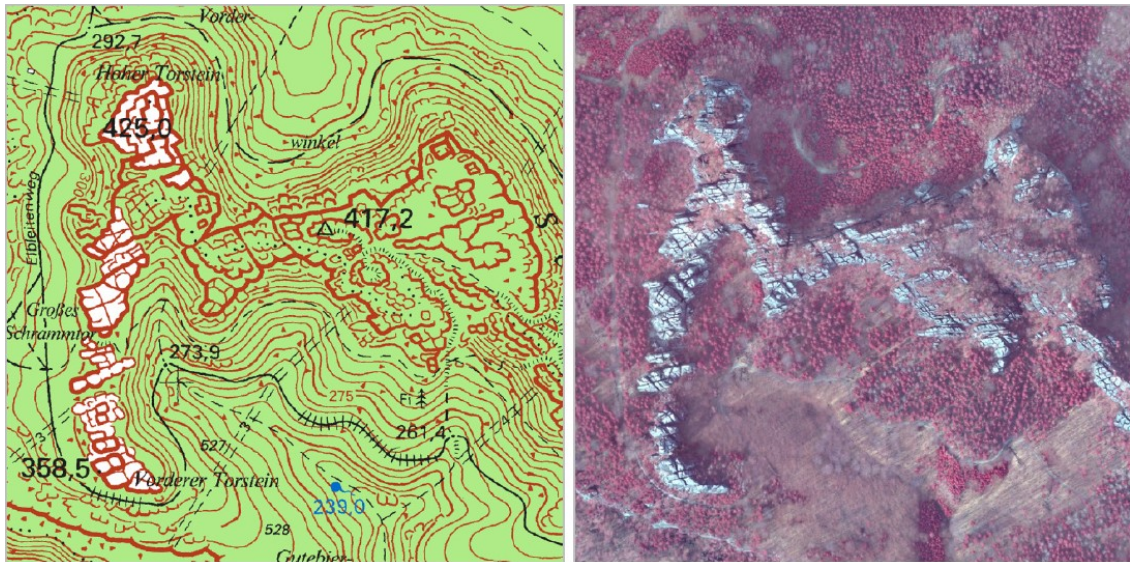
*Zdroj: Lysák (2016), GeoSN (2016)*

Zvláště v porovnání s žebříčkovou manýrou se jeví zachycení rozčlenění a schůdnosti terénu konturovou metodou mnohem lépe (viz obr. 8 ).



obr. 8 porovnání konturové metody s DMR a žebříčkovou manýrou  
 vlevo – stínovaný model reliéfu  
 vpravo – v horní části je terén zachycen konturovou metodou, v dolní části žebříčkovou manýrou  
 Zdroj: GeoSN (2016), GeNeSiS, © TUD (2005) cit. v Lysák (2016)

Znázornění skal konturami v sobě spojuje informace patrné z ortofota (pokud nejsou skály skryté pod vegetací) a DMR (kde některé drobné tvary zásadní pro průchodnost nemusí být patrné) (viz obr. 9). I pro mapy velkých měřítek je nutná jistá míra generalizace složitého reliéfu, což konturová metoda umožňuje a poskytuje tak podstatně přehlednější výsledek než samotný stínovaný model reliéfu (obzvláště, pokud podkladový DMR není zcela bez chyb), (Lysák, 2016).



obr. 9 porovnání konturové metody s ortofotem  
 vlevo – konturová metoda, vpravo - ortofoto  
 Zdroj: GeoS<sub>N</sub> (2016), GeNeSiS, © TUD (2005) cit. v Lysák (2016)

Pro požadovanou exaktnost metody je však nutným předpokladem podrobné zmapování terénu. V době vzniku konturové metody tomu posloužil podrobný terénní průzkum, ale v dnešní době už terénní průzkum není z časového a finančního hlediska vždy akceptovatelnou možností a je nutné hledat vhodná dostupná digitální data (viz kapitola 3). Vhodná data by mohla být získávána z DMR, ale pouze za předpokladu vysokého prostorového rozlišení, protože o průchodnosti někdy rozhodují i pouhé decimetry. Právě přesnost běžně dostupných dat je prozatím částečným limitem pro širší praktické uplatnění této metody (Lysák, 2016).

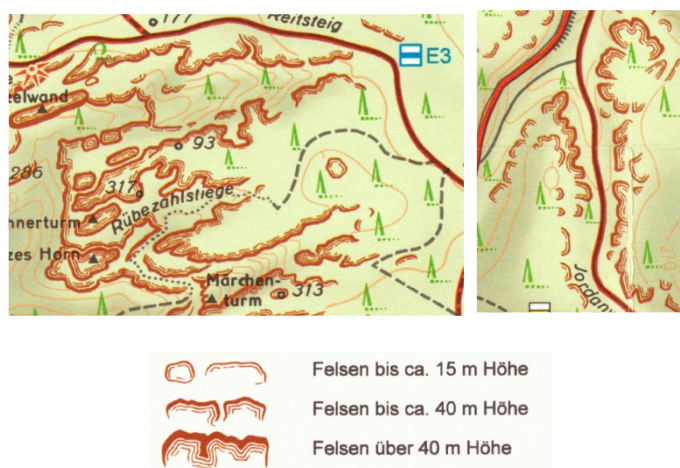
### 2.2.2 Praktické zpracování konturové metody na analogových mapách

Konturová metoda byla (pod tímto názvem) a s konkrétnějším popisem její tvorby představena koncem 50. let 19. století. Kresby skal s podobnými prvky (zdůrazněná dolní hrana a postupné vyznívání stěny) si lze všimnout na mapě *Meßtischblätter* (starší německé státní mapové dílo v měřítku 1 : 25 000), již z roku 1907 (viz obr. 10 vlevo). Snaha o vyjádření relativní výšky jednotlivých skalních objektů se projevuje stínováním skalních ploch. Mezi jednotlivými vydáními mapy (ve shodném měřítku) si lze povšimnout různé míry generalizace. V druhém zmíněném vydání (viz obr. 10 uprostřed) je kresba skal oproti prvnímu vydání (viz obr. 10 vlevo) provedena s většími detaily, ale při dalším vydání mapy (viz obr. 10 vpravo) byly detaily opět potlačeny a projevuje se větší míra generalizace.



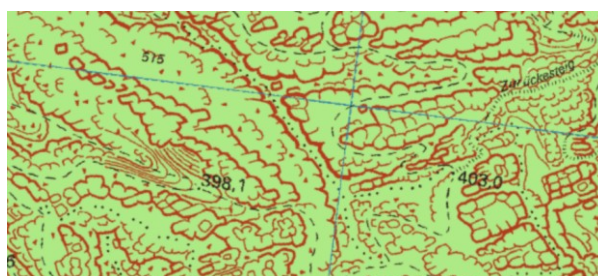
obr. 10 ukázka „předchůdců“ konturové metody  
vlevo - *Meßtischblätter* (1907),  
uprostřed - *Meßtischblätter* (1921), vpravo - *Meßtischblätter* (1938)  
všechny výřezy: pořízeny z listu 85 (Sebnitz), původní měřítko mapy 1 : 25 000 (zvětšeno)  
Zdroj: [www.deutschefotothek.de](http://www.deutschefotothek.de)

Poprvé byla konturová metoda použita na mapě *Schrammsteingebiet* (viz obr. 11), vydané roku 1955 v měřítku 1 : 10 000. Mapa byla vytvořena na základě návrhu Kurta Ullricha a Hanse Brunnera. Později se na mapě podílel i Gerhard Peschel, který mapu doplnil stínováním, neboť použití vrstevnic bylo v té době z politických důvodů nežádoucí. Mapové podklady byly vytvořeny během podrobného terénního průzkumu, kterého se účastnilo množství topografů a dobrovolníků. Po roce 1962 byla mapa zakázána, a až do svého druhého vydání v roce 1991, byla turisty a horolezci potají ilegálně kopírována (Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung, 2013).



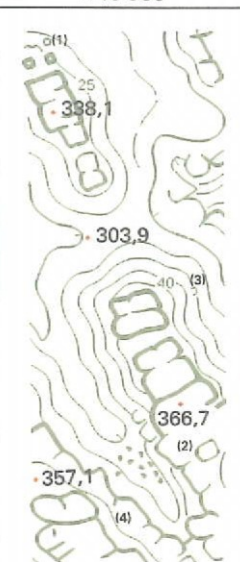
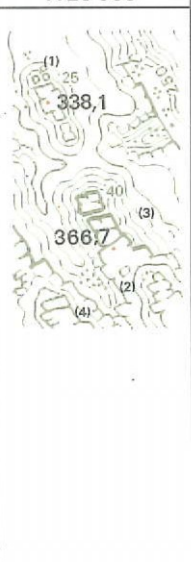
obr. 11 ukázka mapy Schrammsteingebiet (4. vydání z roku 2013)  
měřítko cca 1 : 10 000, dole legenda s kategoriemi výšek jednotlivých kontur  
Zdroj: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (2013)

Dále byla konturová metoda použita při tvorbě saského státního mapového díla v měřítku 1 : 10 000 (*Topographische Karte der DDR*). V oblasti labských pískovců byla mapa zpracována v roce 1965, přičemž práce na celém mapovém díle probíhaly v letech 1952-1969. Od roku 1969 byla mapa několikrát aktualizována a byly z ní dovozeny i mapové listy v měřítku 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 a 1 : 200 000.



obr. 12 ukázka *Topographische Karte der DDR* z oblasti labských pískovců  
měřítko v originále 1 : 10 000 (zvětšeno)  
Zdroj: GeoSN (2019)

Konturová metoda na této mapě byla vypracována na základě pravidel stanovených v ACD (*Zeichenvorschrift, Instruktion und Redaktionsanweisung für die Bearbeitung der Topographischen Karte 1:10 000 ACD*) viz obr. 13, jednotlivé šířky kontur v daném měřítku jsou shrnuty v tab. 3. Dle těchto instrukcí lze metodu použít pro objekty nezávisle na druhu horniny v případě, že na 5 m výšky stěna ustupuje méně než o 1 m. Minimální požadovaná délka a výška stěny je 5 m, pro věže je nejmenší požadovaný půdorys 5 x 5 m (v měřítku 1 : 10 000 je to 0,5 x 0,5 mm), (ACD, 1989 cit. v Lysák, 2016).

Topographischer Stadtplan		Zeichenerklärung
1: 10 000	1: 25 000	
		<p>Senkrecht abfallende Felsen</p> <p>Felsnadeln</p> <p>(1) Signatur</p> <p>(2) Umriß</p> <p>Felswände</p> <p>(3) Signatur</p> <p>(4) Umriß</p> <p>1 &lt;10m Höhe</p> <p>2 ≥10m &lt;25m Höhe</p> <p>3 ≥25m Höhe</p>
<p>(1) 0,5</p> <p>(2) 0,2 0,4 0,6</p> <p>(3) 1,0</p> <p>(4) 0,2 0,4 0,6</p>	<p>(1) 0,5</p> <p>(2) 0,12 0,3 0,5</p> <p>(3) 1,0</p> <p>(4) 0,12 0,3 0,5</p>	

obr. 13 ukázka pravidel dle ACD  
Zdroj: ACD (1989)

relativní výška stěny [m]	tloušťka kontury [mm]	
	1 : 10 000	1 : 25 000
< 10	0,2	0,12
≥ 10 a < 25	0,4	0,3
≥ 25	0,6	0,5

tab. 3 shrnutí kategorie dle ACD

V současné době je konturová metoda (v kombinaci se šrafami) využívána na turistických mapách Labských pískovců tvořených R. Böhmem, z jehož webových stránek ([www.boehmwanderkarten.de](http://www.boehmwanderkarten.de)) je v této kapitole volně citováno. Tyto mapy jsou kresleny ručně „na papír“ a následně digitalizovány. Z pohledu konturové metody stojí za povšimnutí, že místo dříve uváděných tří kategorií šířek kontur je v této mapě použito kategorií pět. Pro snazší, okem proveditelné, rozpoznání kategorií využívá symbolizaci paty/dolní hrany skály (viz obr. 14).





obr. 14 ukázka ručně kreslené mapy © R. Böhma  
 vpravo legenda s kategoriemi výšek jednotlivých kontur  
 Zdroj: Böhm(2009)

### 2.2.3 Konturová metoda v digitální kartografii

Automatizací konturové metody v digitální kartografii se ve své diplomové (2008) a následně disertační (2016) práci zabýval J. Lysák. Možnost tvorby konturové metody, případně kontur, byla řešena z rastrové i vektorové podoby dat, čemuž odpovídala i forma výstupu. Zpracovatelské postupy jednotlivých metod jsou značně odlišné a jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

#### 2.2.3.1 Tvorba kontury z digitálního modelu reliéfu

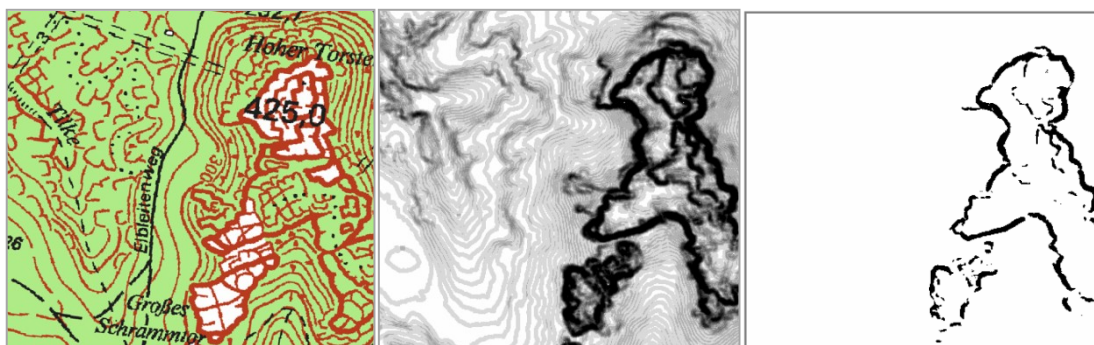
Jedním z cílů výzkumu bylo získání kontury přímo z digitálního modelu terénu. V tomto případě měly být konturou zachyceny ty skalní objekty, jejichž stěny jsou strmé, kolmé či převislé. Tedy takové objekty, jejichž půdorys je vzhledem k měřítku zanedbatelný a je ho možné reprezentovat jednou čarou. Strmost skalních objektů byla posuzována na základě vzdálenosti mezi půdorysem horní a dolní hrany objektu. V případě, kdy není stěna dle konkrétních pravidel vyhodnocena jako dostatečně příkrá, není prostřednictvím kontury znázorněna (viz obr. 16). Pro detekci kontur z dat DMR byly představeny dvě následující metody.

### **Metoda slévání vrstevnic**

Metoda slévání vrstevnic vychází z principu představeného Ullrichem (1956), který je blíže popsán v kapitole 2.1 a nastíněn na obr. 4. Zjednodušeně lze říci, že kontury jsou zakresleny na místech, kde dochází k optickému slévání vrstevnic. Celý postup je složen ze čtyř hlavních kroků:

1. Z DMR jsou vygenerovány vrstevnice.
2. Vytvoření *bufferu* okolo vrstevnic, jehož velikost je volena v závislosti na požadovaném měřítku mapy.
3. Vypočte se průnik překrývajících se *bufferů*. Výsledkem tohoto kroku je geometrie a počet výskytů jednotlivých polygonů/*bufferů* v daném místě. Pro snazší výpočet tohoto kroku jsou jednotlivé polygony převedeny do rastrového formátu, s kterým se pracuje i nadále. Vynásobením hodnoty rastru hodnotou rovnou zvoleným základním intervalem vrstevnic, lze určit relativní výšku kontury.
4. Klasifikace, resp. prahování výsledného rasteru. Tj. obraz rastru je převeden na binární tak, že hodnoty vyšší než daná mez jsou zobrazeny černě a nižší hodnoty než mez bíle.

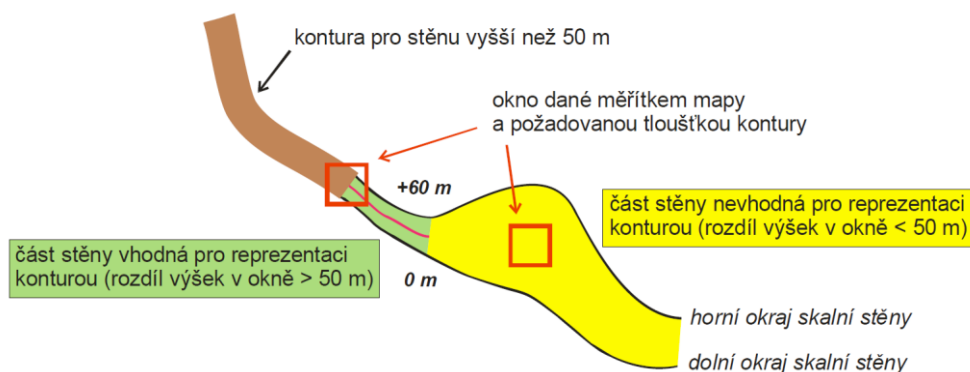
Ukázka výstupu uvedené metody je na obr. 15 a je podrobněji popsána v Lysák (2008, s. 74 - 76).



*obr. 15 ukázka kontur získaných metodou slévání vrstevnic  
vlevo - ukázka území zpracovaná konturovou metodou na TK 10,  
uprostřed - rastr vzniklý součtem bufferů,  
vpravo - výsledný obraz (obraz prahovaný na 20 m)  
Zdroj: Lysák (2008)*

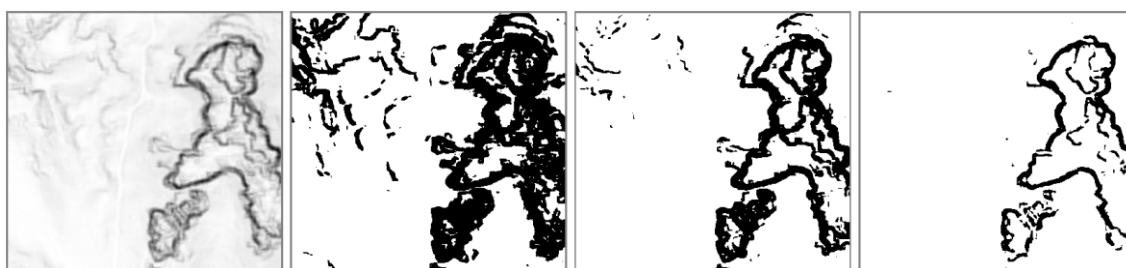
### Metoda s využitím konvoluce

Metoda s využitím konvoluce vychází z algoritmů používaných při digitálním zpracování obrazu. Princip této metody (konvoluce) spočívá v pohybující se masce ("okénku") nad DMR, nad níž se provádí výpočet (viz obr. 16).



obr. 16 ilustrace k detekci kontur s využitím konvoluce  
Zdroj: Lysák (2008)

Nad každou polohou masky nad DMR je vypočten rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou pod maskou. Výsledek je uložen do výstupního obrazu, který je následně klasifikován, resp. prahován tak, aby byly rozlišeny jednotlivé kategorie kontur (viz obr. 17). Velikost masky je určována na základě požadovaného měřítka mapy a tloušťky kontury, přičemž tloušťka určuje toleranci, s jakou se může lišit horní a dolní okraj (hrana) stěny skalního útvaru. Podrobnější popis metody lze nalézt v Lysák (2008, s. 76-78).



obr. 17 ukázka kontur získaných metodou konvoluce (území shodné s obr. 15 vlevo)  
Výsledek metody konvoluce pro velikost okna 5.

Tato velikost okna odpovídá měřítku 1 : 5000 při maximální tloušťce kontury 1 mm.  
Zcela vlevo model terénu po aplikaci filtru, dále prahovaný obrázek pro hodnoty 5 m, 10 m a 20 m.  
Zdroj: Lysák (2008)

Pro obě výše uvedené metody platí, že je vhodné/žádoucí jejich výsledek zvektorizovat a případně opravit či zgeneralizovat nespojitosti vzniklé prahováním. Nad obrazy vzniklými prahováním by měla jít bez větších problémů provést ruční vektorizace, ovšem zdaleka

ne všechny obrazy jsou vhodné pro vektorizaci automatickou. Hodnoty převýšení by potom byly jednotlivým liniím přiřazeny jako atributy (Lysák, 2010).

### **2.2.3.2 Konturová metoda na základě vektorových dat**

V případě tvorby konturové metody na základě vektorových dat, se výstup svojí podobou snaží co nejvíce přiblížit metodě, jak byla popsána Ullrichem (viz kapitola 2.2.1). Vstupní data testovaného algoritmu jsou shodná s daty následně popsanými v kapitole 3.2. Výstupem metody jsou linie, jejichž každý segment nese informaci o své tloušťce.

Z této metody vychází, a dále a podrobněji ji rozpracovává, tato práce. Její klíčovou částí je návrh algoritmu uvedený v kapitole 4. Z tohoto důvodu je postup popsán detailněji. Zpracování je prováděno polygon po polygonu (skalního útvaru) a zahrnuje dva hlavní kroky:

#### **1. výpočet šířky kontur**

Do podoby kontury jsou zpracovány *dolní hrany* (ideálně i *lomové hrany*) a *údolnice*. Následně jsou zmíněné linie rozděleny na dílčí části, pro které je počítána relativní výška. Rozdělení linie není vhodné volit příliš řídké, ani příliš jemné. V závislosti na podkladových datech je doporučena délka segmentů mezi 2 a 5 mm (v měřítku mapy). U příliš jemné segmentace dochází k zbytečné oscilaci hodnot relativních výšek a naopak příliš řídká segmentace lokální změnu převýšení nezachytí vůbec. Jako možný postup segmentace je uvedeno vygenerování bodů na liniích kontur v pravidelném rozestupu a následné rozdělení linií dle těchto bodů.

V dalším kroku je pro jednotlivé segmenty spočtena hodnota převýšení, která odpovídá relativní výšce kontury. Kontura znázorňuje průběh paty stěny, proto je převýšení počítáno směrem nahoru. Tento krok je realizován za využití orientovanosti linií kontur a vytvoření jednostranného *bufferu*. Pro výpočet převýšení je následně použita ta část, která je průnikem vzniklého *bufferu* a polygonu *skalní stěny*, a zároveň se dotýká segmentu, z něž byl *buffer* vytvořen (viz obr. 18 vlevo). V této části (oblasti) je spočten rozdíl mezi minimální a maximální výškou v DMR a následně je tato hodnota přiřazena jako atribut k příslušnému segmentu linie. Následně jsou segmenty dle přiřazené relativní výšky klasifikovány do jednotlivých kategorií (např. dle tab. 3).



obr. 18 ilustrace k výpočtu šířky linií kontur a údolnic  
Zdroj: Lysák (2016)

Na základě klasifikovaných linií kontur jsou zpracovány *údolnice*, které se dotýkají *dolních hran*. Šířka kontury *údolnice* u paty stěny odpovídá šířce stěny v příslušném místě, směrem do stěny se linie zužuje až na šířku nejtenčí kontury (viz obr. 18 vpravo). Hodnota šířky mezilehlých segmentů je nastavena pomocí lineární interpolace mezi zmíněnými hodnotami. Takto vytvořené linie (*dolních hran*, případně *lomových hran* a *údolnic*) je možné převést na polygonovou reprezentaci.

## 2. zpracování zbylé plochy polygonu

V tomto kroku je zbylá plocha *skalního útvaru* vyplněna tvarovými čarami. Rozestup tvarových čar může být konstantní, nebo se může s rostoucí vzdáleností od kontury zvětšovat. Obdobně to je i s tloušťkou jednotlivých tvarových čar, kdy může být tloušťka konstantní nebo se s rostoucí vzdáleností od kontury zmenšovat. Obojí asociuje postupný přechod skály nahore na plošně do neskálního terénu (Lysák, 2016, s. 231).

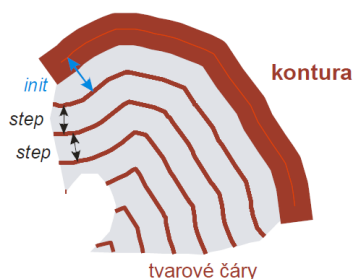
Pro řešení toho kroku byly popsány dvě odlišné metody:

### Metoda rovnoběžek

Tento postup vychází pouze z tvaru kontury, s níž se rovnoběžné linie vytvářejí, a spočívá v opakování následujících kroků:

1. Určení vzdálenosti rovnoběžky  $d$ . V první iteraci se hodnota  $d$  nastaví na požadovaný iniciální odstup tvarové čary od kontury; označme ho *init*. Je-li požadován konstantní rozestup tvarových čar ve vzdálenosti *step*, v další iteraci se použije hodnota  $d$  z předchozí iterace zvětšená o *step*. Požaduje-li se zvětšování rozestupu, k hodnotě  $d$  z předchozí iterace se přičte hodnota *step* vynásobená konstantou větší než 1.
2. Tvorba nového pásu. Okolo kontury se vytvoří jednostranný buffer o šířce  $d$ .

3. Odmazání pásu z plochy skalního útvaru. Od plochy polygonu skalního útvaru se odečte plocha pásu. Pokud je výsledkem prázdná plocha, výpočet končí. Pokud je plocha neprázdná, pokračuje se další iterací algoritmu od kroku 1 (Lysák, 2016, s. 231)

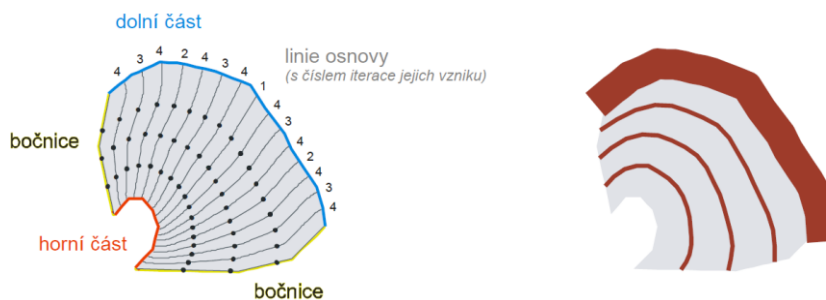


obr. 19 ilustrace generování tvarových čar metodou rovnoběžek  
Zdroj: Lysák (2016)

### Metoda přechodových linií

Tato metoda spočívá v tvorbě tvarových čar, které tvoří plynulý přechod mezi konturou a horní hranou skalního útvaru. Čím je tvarová čára blíže ke kontuře, tím je podobnější (a naopak, čím je blíže horní hraně, tím je podobnější jí). Předpokladem zpracování této metody je, že se polygon skalního útvaru skládá z dolní části (odpovídá kontuře), horní hrany a případných bočnic (které mohou být tvořeny údolnicemi), viz obr. 20.

Principem metody je generování osnovy pomocí opakovaného hledání medial axis (zjednodušeně průměr dvou polylinií) mezi bočnicemi zpracovávaného polygonu. Generování probíhá iterativně, kdy se v první iteraci vygeneruje osa osnovy ležící uprostřed mezi bočnicemi, v další iteraci dvě nové mezilehlé osy. Po vytvoření osnovy jsou jednotlivé linie osnovy navzorkovány a spojením těchto bodů jsou vygenerovány tvarové čáry (viz obr. 20 vlevo). Vzorkování může být voleno pravidelné nebo proměnlivé v závislosti na požadovaném rozestupu tvarových čar. Výsledek metody je potom na obr. 20 vpravo.



obr. 20 ilustrace generování tvarových čar metodou přechodových linií  
Zdroj: Lysák (2016)

Z porovnání těchto dvou metod tvorby tvarových čar vyplývá, že první zmíněná metoda je použitelnější v širším spektru situací. Za předpokladu vysokého počtu zachycených údolnic může druhá popsaná metoda poskytovat vizuálně lepší výsledky, ale s tím je spojena i její větší výpočetní náročnost.

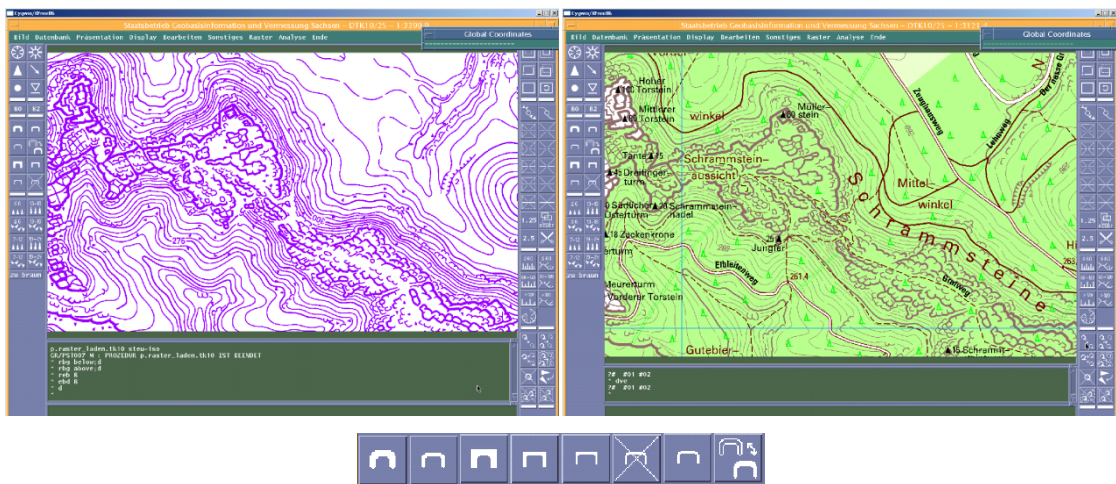
#### **2.2.4 Praktické zpracování konturové metody na digitálních mapách**

Pokud je autorce známo, konturová metoda se v digitální kartografii zatím objevila, dalo by se říci, v jednotkách případů. Z toho je pouze jedno mapové dílo používáno veřejností, a to *Digitální topografická mapa Německa* (podrobnosti dále v textu). V ostatních dvou případech se jedná o experimentální studentské školní mapové projekty na PŘF UK, které mimo jiné posloužily k otestování metod uvedených v kapitole 2.2.3. Níže jsou popsány jednotlivé případy užití konturové metody v digitálních mapách.

V kapitole 2.2.2 byla v souvislosti s konturovou metodou na analogových mapách zmíněna německá mapa *Topographische Karte der DDR (TK 10)*. Postupem času a rozvojem technologií vznikl požadavek zpracování této mapy s využitím prostředků digitální kartografie a došlo ke vzniku mapy *DTK 10 (Digitale Topographische Karte)*. Během tvorby mapy bylo třeba vyřešit i digitální zpracování konturové metody. Vzhledem ke stálosti/neměnnosti skalních útvarů a podrobnému zmapování oblasti při tvorbě TK 10, bylo rozhodnuto o „převzetí“ konturové reprezentace z mapy TK 10.

Pro realizaci konturové metody (dle pravidel stanovených v ACD, viz tab. 3) v digitální podobě byl vytvořen speciální software (viz obr. 21). Samotný postup tvorby digitální reprezentace spočíval v nahrání původní mapy (TK 10 v rastrové podobě) a následném „obkreslení“ stávající podoby kontur pomocí speciálně vytvořených nástrojů (viz obr. 21). Přizpůsobení měřítku je provedeno vhodnou volbou barvy a šířky kontur.

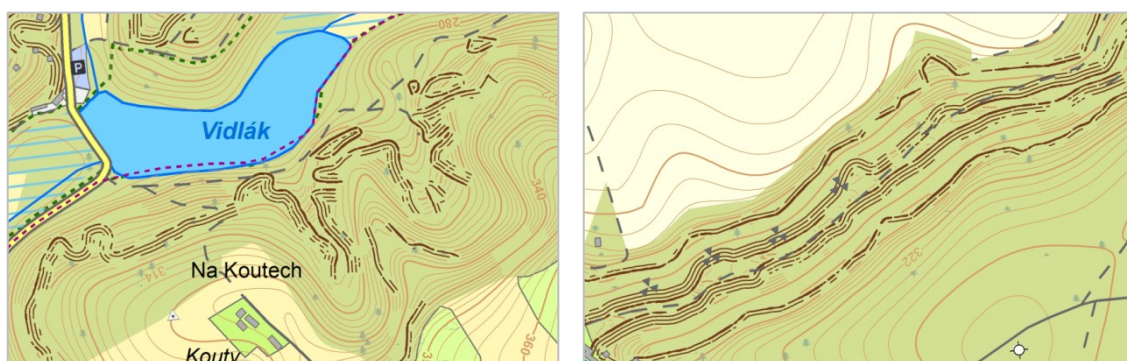
U této mapy jistě lze hovořit o digitálním zpracování konturové metody, nikoliv však o automatizovaném zpracování. Časová náročnost tvorby reprezentace tímto způsobem bude jistě o něco nižší, než v případě ruční kresby na analogové mapě. Je ovšem potřeba si uvědomit, že jde pouze o automatizaci obkreslování již zpracovaných podkladů, nikoliv automatizovanou novotvorbu mapy například z digitálního modelu reliéfu.



obr. 21 ilustrace digitalizace konturové metody (z TK 10 na DTK 10)  
dole ukázka nástrojů používaných k „překreslení“ konturové metody  
Zdroj: Landessvermessungsamt Sachsen (2012)

Dvě následující zmíněné mapy posloužily ve spolupráci s Lysákem k experimentálnímu otestování jím navržené metody tvorby konturové reprezentace včetně tvorby tvarových čar.

Metoda rovnoběžek byla testována v oblasti Českého ráje (viz obr. 22). Půdorys skal (tedy i geometrie kontury) byl vymezen z dat DMR 5G prostřednictvím objektů ZABAGED (typ *skalní útvary*) a na základě rastru sklonu. Tvarové čáry mají konstantní rozestup, a ty od kontury vzdálenější jsou kresleny přerušovanou linií. V případě, kdy data dokázala zachytit členění reliéfu je výsledek dle Lysáka (2016) hodnocen jako akceptovatelný až velmi dobrý. V oblastech s „rovnými“ stěnami reprezentace skalní stěny příliš neasociuje. Zakončení tvarových čar v důsledku tvaru konců polygonů je považováno za ne zcela vhodné.

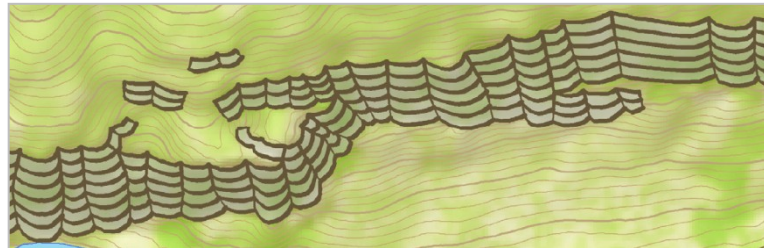


obr. 22 ukázka konturové metody doplněné tvarovými čarami metodou rovnoběžek  
Zdroj: Martin Forman (2015)

Tvorba tvarových čar metodou přechodových linií byla za využití skriptů (vytvořených Lysákem, 2016) otestována na mapě okolí Dolského mlýna (viz obr. 23). Na tomto mapovém projektu není použita přímo konturová metoda (šířka dolní hrany skalního útvaru se nemění



v závislosti na relativní výšce stěny), ale slouží k demonstraci užití dané metody tvarových čar. Tvorba podkladových dat, zejména rozdělení polygonů údolnicemi, se ukázala značně časově náročná. Následně bylo extrémně časově náročné i automatické generování osnovy (Lysák, 2016).

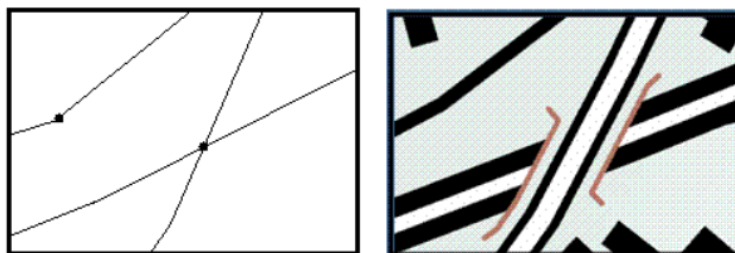


*obr. 23 ukázka tvarových čar vytvořených metodou přechodových linií  
Zdroj: Michaela Tomková (2013)*

## 2.3 Kartografie vs. topografie

Dříve, při tvorbě analogových map, spolu pojmy topografie a kartografie úzce souvisely v tom smyslu, že výsledným produktem práce topografa byla přímo mapa. S rozvojem technologií se role topografa a kartografa stále více oddělují. Výsledkem topografického mapování je dnes obvykle digitální databáze prostorových dat, která je vytvořena tak, aby její uplatnění bylo co nejširší. Kartografie se tedy stává pouze jedním z odvětví využívající tato data (pro vizualizaci, resp. tvorbu map), a oba obory se dále rozvíjí samostatně.

Jinak řečeno, topograf vytváří *Digital Landscape Model* (digitální model krajiny). Tento model je představován vektorovými (nebo rastrovými daty), které mimo jiné poskytují informaci o existenci a umístění krajinného prvku, ale neřeší podobu zobrazení na vytvářené mapě (viz obr. 24 vlevo). Tato data je tedy možné použít pro libovolná měřítka. Kartograf z tohoto modelu vytváří *Digital Cartographic Model* (digitální kartografický model), který vzniká přepracováním dat DLM. Úprava dat je vždy vztažena k určitému měřítku nebo jejich intervalu, v kterém má být mapa vytvořena. Přechod od DLM k DCM může a nemusí být úplně přímočarý. Náročnost odpovídá práci, kterou je potřeba věnovat znázornění objektů v mapě s ohledem na zvolený znakový klíč. Právě skalní útvary patří mezi objekty, jejichž přechod od jednoho modelu k druhému představuje netriviální operaci (Lysák, 2008). V kontextu této práce lze jako příklad takového přechodu uvést převedení plochy skalního útvaru a jeho paty do podoby kontury představující výšku skalní stěny a tvarových čar.



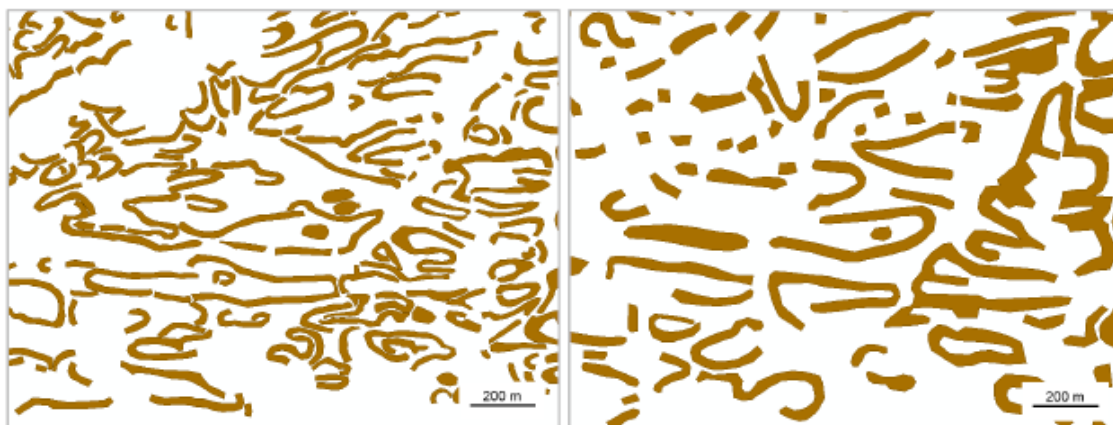
obr. 24 *digitální model krajiny vs. digitální kartografický model*  
Zdroj: nápověda k programu ArcGIS 9.2

### 3 DATA

Data potřebná pro tvorbu konturové metody můžeme zjednodušeně rozdělit do dvou skupin:

1. data popisující geometrii/polohopis skalních útvarů a jejich členitost. Z těchto dat je tvořena geometrie výsledné kontury.
2. data nesoucí informace o výškových poměrech. Tato data slouží pro výpočet šířky kontur (vycházející z hodnoty převýšení). V této práci tomu poslouží digitální model reliéfu.

U obou skupin má podrobnost dat značný vliv na výslednou podobu reprezentace. Pro aplikaci konturové metody v co nejširší škále případů by bylo vhodné využívat běžné dostupná data, nejlépe s velkoplošným pokrytím. Skalní objekty na našem území jsou zaznamenány v digitálních topografických databázích DMÚ 25 a ZABAGED. Z důvodu větší podrobnosti zákresu objektů v ZABAGED (viz obr. 25) bude následně větší pozornost věnována této databázi. I přes zmiňovanou podrobnost však ani tato data nespĺňují všechny předpoklady pro využití při tvorbě konturové metody (více viz kapitola 3.1)



obr. 25 porovnání skalních objektů v ZABAGED (vlevo) a v DMÚ 25 (vpravo)  
Zdroj: Lysák (2016)

Jako vhodnější podklady se jeví podrobnější data navržená k reprezentaci skalních útvarů, resp. pískovcových skalních měst, popsána dále v kapitole 3.2, která vychází z podrobných studií skalního reliéfu. Konkrétně se jedná o studii řešící problematiku znázorňování skal v digitální kartografii obecněji a z širšího pohledu - *Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování* (Lysák, 2016), kde jsou jednotlivé objekty popsány zejména teoreticky (jedná se o návrh objektů, jejichž snahou je řešit problémy současné reprezentace skal v ZABAGED). Druhá studie byla zaměřena úžeji,

a zabývala se přímo problematikou pískovcových skalních měst - *Pískovcová skalní města v GIS* (Tomková, 2015), kde byla problematika získávání těchto objektů řešena prakticky. Výstupní data z této studie jsou použita jako vstupní data pro testovaný algoritmus tvorby tvarových čar. Data ze studií nejsou totožná, ale velmi se překrývají (více viz kapitola 3.2).

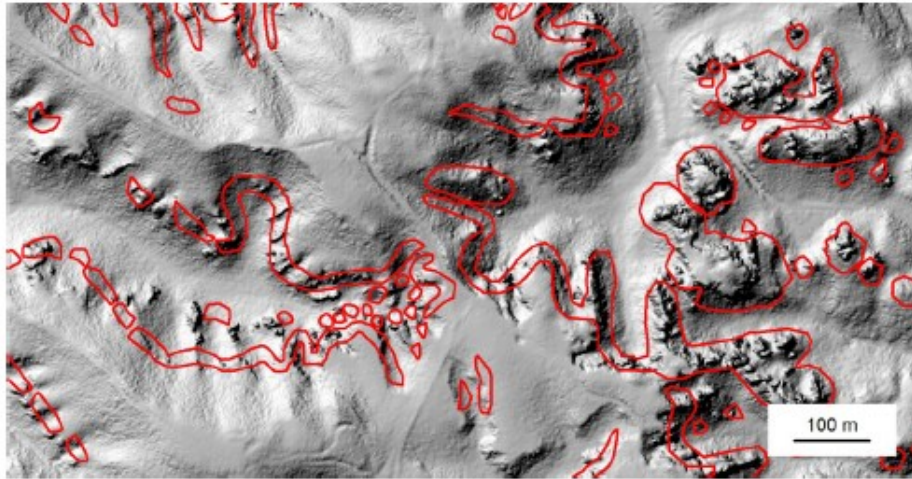
V následujících podkapitolách budou popsána data reprezentující skalní útvary z hlediska vhodnosti pro tvorbu konturové metody. Pozornost je věnována zejména způsobu jejich vzniku a struktuře, neboť právě dle těchto dvou kritérií je možné posoudit jejich vhodnost pro tuto práci. Nejdříve budou popsána data s celorepublikovým pokrytím – ZABAGED, a následně lokální data ze zmíněných studií.

### 3.1 Objekty ZABAGED

ZABAGED je nejpodrobnější celorepubliková digitální topografická databáze, která původně svojí podrobností odpovídá měřítku 1 : 10 000, dnes u některých objektů i měřítku většímu (Šíma, 2016). Celkově je zde rozlišeno 116 základních typů geografických objektů, které jsou zařazeny do osmi tematických kategorií. Potenciálně vhodnými daty pro tvorbu konturové metody by mohl být typ objektu *Skalní útvary* z kategorie *Terénní reliéf*.

*Skalní objekty* jsou dle Katalogu objektů ZABAGED (ČÚZK, 2018) definovány jako obecné označení tvarů reliéfu tvořených skalními horninami. Jedná se o plošný prvek, který byl při vektorizaci vymezen uzavřenou obvodovou linií. Většina těchto objektů pochází z TM 10 vytvářené v letech 1957-1971, (Čapek, 1985), odkud byly v 60. letech minulého století převzaty do ZM 10, jejíž vektorizací byl v letech 1995-2000 vytvořen prvotní obsah ZABAGED. Některé prvky byly aktualizovány s využitím leteckých měřičských snímků a ortofot (zpřesnění polohopisu je omezeno zejména dobou snímkování, kdy je značná část skalních objektů skryta pod vegetací) (Lysák, 2016). Zachyceny jsou objekty, jejichž plocha je větší než 1 000 m<sup>2</sup> (v měřítku 1 : 10 000 tedy objekty o ploše větší než 1 cm<sup>2</sup>).

Z uvedených informací vyplývá, že jejich polohová přesnost pro tvorbu konturové metody není zcela uspokojivá. Ke zjednodušení půdorysu objektů docházelo již při kresbě TM 10 a dále opakovaně při přenosu prvků do dalších děl. Při tvorbě TM 10 byly ještě navíc půdorysy objektů, z důvodu lepší čitelnosti mapy, často kresleny nad míru. To je dobře patrné zejména v porovnání *Skalních objektů* s DMR vytvořeného z dat LLS (viz obr. 26).



obr. 26 porovnání Skalních objektů ZABAGED s DMR 5G  
Zdroj: ČÚZK (2017), vlastní tvorba

### 3.2 Data ze studií/vstupní data

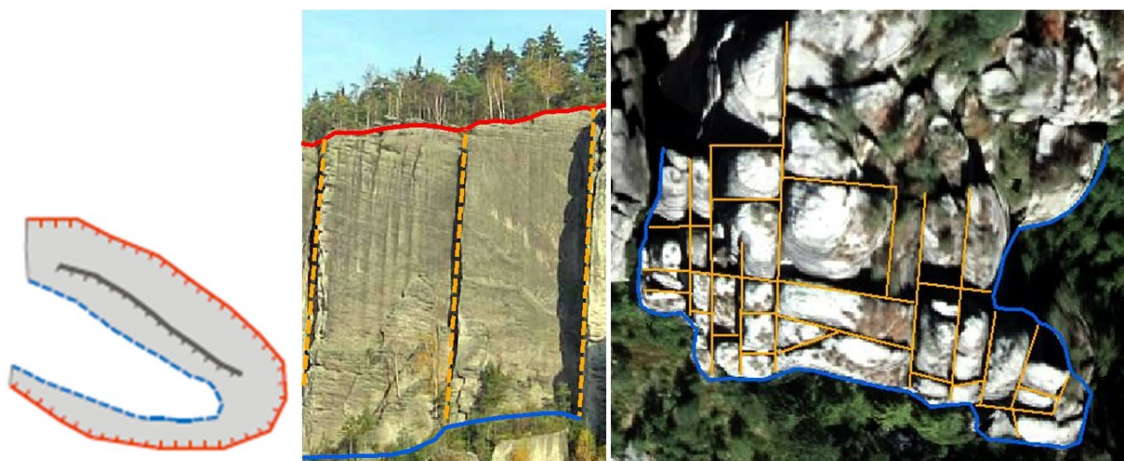
Výše popsaná data ZABAGED sice pokrývají celé území ČR, ale vzhledem ke zmíněné problematice s podrobností dat je přinejmenším vhodné, spíše nutné, užití dat podrobnějších. Nyní tedy budou představena data, která byla navržena ve studiích uvedených v úvodu kapitoly. Jednotlivé typy objektů, vhodné pro tvorbu konturové metody, se mezi oběma studii značně překrývají a jejich výčet, včetně stručného popisu, je uveden níže. Nejdříve je vždy uveden název objektu ze studie J. Lysáka (2016), ten bude primárně (existuje-li) užíván i v následujícím textu, a následně název ze studie M. Tomkové (2015).

#### ***skalní útvary/skalní stěny (horní a dolní hrana)***

*Skalní útvary* představují místa, kde na/nad zemský povrch vystupuje hornina. Ta může být i částečně zakrytá vegetací, ve smyslu např. stromů, mechu, borůvčí apod. Tato data mají plošnou geometrii. Klasifikací obvodových hran (blíže popsáno v Lysák, 2016) lze dosáhnout rozdělení na horní, dolní a případně boční hranu (viz obr. 27).

Liniová vrstva *horní hrana* reprezentuje tu část obvodu skalního útvaru, od níž se jeho vnitřek svažuje dolů, tj. v této části obvodu je skála obecně níže, než je okolní terén (Lysák, 2016, s. 103).

Liniová vrstva *dolní hrana* reprezentuje tu část obvodu skalního útvaru, od níže jeho vnitřek vystupuje směrem nahoru, tj. v této části obvodu je skála obecně výše, než je okolní terén (Lysák, 2016, s. 104).



obr. 27 ukázka členění skalního útvaru  
 vlevo – schéma, uprostřed – pohled „zepředu“, vpravo – pohled shora  
 pozn. červená – horní hrana, modrá – dolní hrana, černá – lomová hrana, oranžová – údolnice,  
 šedá – polygon skalního útvaru  
 Zdroj: Lysák (2016), adrspach-skaly.eu, mapy.cz

Data klasifikovaná tímto způsobem jsou na výstupu bakalářské práce M. Tomkové označovány názvem *skalní stěny* a reprezentovány jsou polygonovou a liniovou vrstvou (*hranami*). Polygonová vrstva vymezuje plochu (určenou na základě spodní hranice sklonu 40–60° či převýšení) daného objektu. Liniová vrstva u objektu rozlišuje *horní*, *dolní*, případně *boční hrany* a jsou orientovány (pro linie *dolních hran* platí, že vpravo od linie je směr nahoru). *Skalní stěny* byly detekovány na základě podrobných analýz terénu s ohledem na lokální specifika krajiny (více viz Tomková, 2015). Jednotlivé typy objektů obsahují cizí klíče pro vzájemné provázání mezi sebou.

### **údolnice/ pukliny**

*Údolnice* jsou představovány liniovými objekty, které zaznamenávají místa největšího vhloubení údolního terénního tvaru. U větších měřítek je navrženo využití pro znázornění trhlin, puklin a rozsedlin – tedy vyjádření členění pískovcových skal. Skalní útvar od této linie zřetelně stoupá na obě strany. Zachycují se údolnice pouze uvnitř plochy *skalního útvaru* a linie se typicky dotýká jeho obvodu, konkrétně *dolní hrany*, případně navazuje na jinou *údolnici* (Lysák, 2016). V práci M. Tomkové tento typ objektu zhruba odpovídá objektům typu *puklina*.

*Pukliny* tvoří okraje skalních stěn, ovšem bývají natolik úzké, že zachycení obou dolních hran postranních stěn je nemožné i při minimální míře generalizace. Zachycení šířky a průběhu puklin v DMR je velmi často nereálné (jak z důvodu malého množství odrazů ze dna pukliny, tak výsledného prostorového rozlišení výsledného DMR) a automatická tvorba nebyla navržena. Objekt *puklina* tedy zastupuje vzhledem k měřítku nevyjádřitelné mezery mezi skalními

stěnami. Vzhledem k povaze puklin jsou linie představující pukliny kresleny přímočaře s počátkem na dolní hraně stěny (Tomková, 2015).

– **/ rozčleněná skalní plošina**

*Rozčleněná skalní plošina* je polygonová vrstva, zaznamenávající relativně plochá území, která navazují na horní hranu stěny a dochází zde k výskytu puklin, které mohou způsobovat obtíže při průchodu terénem. Z důvodu neexistující přesné definice této třídy povrchu pro automatizovanou tvorbu byla třída vytvořena ruční vektorizací nad daty ortofota, LRM, TPI či SVF (Tomková, 2015).

***lomová hrana/*** –

*Lomová hrana* je reprezentována linií a znázorňuje místa uvnitř plochy skalního útvaru, kde se výrazně mění sklon (viz obr. 27). Umisťuje se na pozici *horní hrany* a umožňuje oddělit relativně plochý terén pískovcových plošin od skalních srázů. V tomto případě tvoří hranici mezi *skalním útvarem* a *rozčleněnou skalní plošinou*. Dále umožňuje oddělit v rámci plochy skal vystupující věže či odlišit výrazné strmé skalní stěny vyskytující se v rámci skalního útvaru (Lysák, 2016).

### **3.3 Digitální model reliéfu**

Pro testování navrženého algoritmu byly dle dostupnosti dat pro různé oblasti použity tyto tři druhy digitálního modelu terénu.

#### ***DMR 4G***

Digitální model reliéfu 4. generace reprezentuje zemský povrch ve formě výšek diskrétních bodů v pravidelné síti 5 x 5 m. Nadmořská výška je uvedena ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv). Úplná střední chyba výšky v odkrytém terénu je 0,3 m a v zalesněném terénu potom 1 m. Model použitý při testování byl vytvořen z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování v letech 2009 až 2013 (Brázdil, 2016a). V roce 2016 byl DMR 4G nově vygenerován z dat DMR 5G na celém území ČR. Tento model je využit pro území Adršpašských skal. (Pro testování navrženého algoritmu jsou použita data z výstupu studie M. Tomkové (2015), a v té době ještě nebyl DMR 5G zpracován pro celé území ČR).

### **DMR 5G**

Digitální model reliéfu 5. generace reprezentuje zemský povrch ve formě výšek diskrétních bodů, z nichž je možné vytvořit nepravidelnou trojúhelníkovou síť (TIN). Nadmořská výška je uvedena ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv). Úplná střední chyba výšky v odkrytém terénu je 0,18 m a v zalesněném terénu potom 0,3 m. Model použitý při testování byl vytvořen z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování v letech 2009 až 2013. DMR 5G je základním zdrojem pro tvorbu vrstevnic určených pro mapy velkých měřítek a dále pro počítačové vizualizace výškopisu vysoké úrovně podrobnosti (Brázdil, 2016b). Tento model je využit pro většinu testovacích území (vyjma ty, kdy je použit DMR 4G nebo DMR z projektu GeNeSis).

### **DMR z projektu GeNeSis**

Zkratka GeNeSis vychází z německého názvu *Geoinformationsnetzwerke für die grenzüberschreitende Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz*. Jedná se o projekt pro přeshraniční spolupráci národních parků České Švýcarsko a Saské Švýcarsko, který je spolufinancován Evropskou unií. V rámci tohoto projektu bylo na jaře roku 2005 souvisle naskenováno a nasnímáno území obou národních parků. Jedním z produktů vytvořených z pořízených dat je i digitální model reliéfu. DMR je ve formě rastru s velikostí pixelu 1 m. Průměrná výšková chyba modelu je 0,28 m, a to i v místech s výrazným sklonem a hustou vegetací (Trommler & Csaplovics, 2007).



## 4 PRAKTICKÁ ČÁST

V této kapitole bude představena automatizace konturové metody. Vytvořený algoritmus obsahuje množství uživatelem volitelných parametrů (viz *příloha 1*), které umožňují nastavení vhodné vizualizace pro různá měřítka (s ohledem na to, že tato metoda je dle Ullricha (1975) vhodná zejména pro mapy velkých měřítek - 1 : 10 000 a větší).

Výstupem metody jsou kontury v podobě polygonů, které byly vytvořeny na základě linií s určenou tloušťkou. Konturu je možné doplnit i kresbou tvarových čar (možnost volby liniové nebo polygonové reprezentace čar). Pro vizualizaci výsledné reprezentace kontury tedy postačí zvolení barvy (v případě užití liniové reprezentace tvarových čar je žádoucí i nastavení tloušťky linie).

Základními vstupními daty (viz kapitola 3.2) jsou:

- liniové objekty dolních hran, případně údolnic skalních útvarů
  - objekty slouží pro vytvoření geometrie kontury
  - předpokladem objektů dolních hran skalních útvarů je orientovanost těchto linií (vpravo od linie je směr nahoru)
  - předpokladem objektů údolnic je, že začínají na linii paty stěny (počátek je tedy v jejich bodě s nejnižší nadmořskou výškou), nebo protínají jinou údolnici
- polygonové objekty reprezentující plochu skalních útvarů
  - objekty slouží k vymezení oblasti pro výpočet převýšení a zakres základních kontur, případně tvarových čar
- DMR
  - slouží pro výpočet relativních výšek skalních stěn

Postup pro vytvoření této reprezentace skalních objektů je složen ze dvou hlavních kroků:

1. tvorba kontury
2. tvorba tvarových čar (přičemž tento krok nemusí být proveden vůbec)

Zmíněné kroky jsou stručně popsány níže, jejich podrobnější popis poté následuje v samostatných podkapitolách.

Kontura vychází z geometrie *dolní hrany* či *údolnice* a její tloušťka je proměnlivá v závislosti na relativní výšce stěny. Aby bylo možné zobrazit proměnlivost převýšení v jednotlivých částech skalního objektu, jsou zmíněné linie rozděleny na segmenty a pro každý z nich je vypočítána relativní výška. Výpočet převýšení u jednotlivých typů liniových objektů se

liší a je podrobněji popsán v následujících podkapitolách. Tloušťka linie vycházející z relativní výšky stěny se nemění spojitě, ale je rozdělena do několika intervalů (viz např. tab. 2 nebo tab. 3). Kontura odvozená od *dolní hrany* je kreslena pouze na jednu stranu od této linie, a to směrem „nahoru“, tj. typicky směrem do plošného objektu *skalního útvaru*. V případě *údolnic* se skalní stěna nachází na obě strany od této linie, a proto je i kontura kreslena po obou jejích stranách (viz obr. 39).

Z možných přístupů pro kreslení tvarových čar (viz kapitola 2.2.3.2) byla zvolena metoda rovnoběžek, tj. tvorba tvarových čar rovnoběžných s konturou. Jejich rozstup může být konstantní, nebo se může s rostoucí vzdáleností od kontury zvětšovat. Obdobně to může být i s tloušťkou linie. Ta může být také konstantní, nebo se naopak může s rostoucí vzdáleností od kontury zmenšovat. Tvarové čáry jsou kresleny v prostoru polygonu *skalního útvaru*, který není zabrán zákresem kontury. V případě tvarových čar odvozených od *údolnic* je pro jejich zákres vyhrazeno místo doplňkovou plochou okolo *údolnic* (popsáno dále v textu).

## 4.1 Kontura

Do podoby kontury jsou zpracovány objekty představující *dolní hrany* a *údolnice*. Princip spočívá v rozdělení liniiových objektů skalních útvarů (*dolní hrany*, *údolnice*) na dílčí segmenty, pro které se následně vypočítají relativní výšky na jejichž základě bude každému segmentu přiřazena tloušťka výsledné kontury. Jednotlivé kroky jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách. Princip segmentace linií je u obou typů linií stejný, výpočet relativní výšky se ovšem pro oba typy liší. Podrobněji je postup popsán v následujících podkapitolách.

### 4.1.1 Segmentace linií

Pro možnost grafického vyjádření proměnlivé výšky skalních objektů je třeba tyto objekty rozdělit na dílčí segmenty. V prvním kroku je na segmenty rozdělena *dolní hrana*. Lysák (2016) doporučuje velikost segmentů 2–5 mm v měřítku mapy v závislosti na podkladových datech, kdy příliš jemná segmentace vede ke zbytečné oscilaci hodnot relativních výšek, a naopak příliš řídká segmentace nezachytí lokální změnu terénu.

V praxi je vhodné stanovit „požadovanou délku“ segmentu (tato hodnota je parametrem algoritmu definovaným v milimetrech ve výsledném měřítku mapy, a následně je dle měřítka přepočítána na skutečnou velikost v metrech), ale skutečnou velikost segmentu vypočítat pro každou linii *dolní hrany* zvlášť a to podle následujících vztahů:

$$\text{počet segmentů} \doteq \frac{\text{délka konkrétní dolní hrany}}{\text{požadovaná velikost segmentu}}$$

$$\text{skutečná velikost segmentu} = \frac{\text{délka konkrétní dolní hrany}}{\text{počet segmentů}}$$

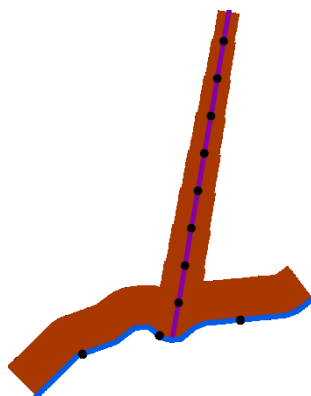
Tento přepočítání délek segmentů je žádoucí z toho důvodu, že délka linie nemusí odpovídat násobku „požadované délky“ segmentu, a mohlo by tedy docházet k nežádoucí velikosti segmentu na konci dělené linie (viz obr. 28 vpravo). Výsledkem přepočtu délek je sice rozdílná délka segmentů mezi jednotlivými liniemi *dolních hran*, ale výsledná délka segmentu se od požadované liší jen velmi málo a v rámci jedné linie mají všechny segmenty shodnou délku (viz obr. 28 vlevo). V případě, že by tento přepočítání neproběhl, by mohlo dojít k následující situaci. Délka linie je např. 101 m a velikost segmentu 10 m. Jelikož dělení linie logicky probíhá od jednoho konce linie ke konci druhému, prvních deset segmentů by mělo požadovanou délku deseti metrů, ale poslední segment by měl délku pouze 1 m (což by mohlo mít nežádoucí vizuální následky, viz obr. 28 vpravo).



obr. 28 ilustrace segmentace linie  
vlevo - správná segmentace (po přepočtu), vpravo - chybná segmentace (bez přepočtu)

Vzhledem k popsanému postupu se jako nejvhodnější postup jeví práce přímo s geometrií prvků, ke které je možné přistupovat prostřednictvím *kurzorů*. V tomto konkrétním případě *arcpy.da.SearchCursor*, *arcpy.da.InsertCursor*. *Search Cursor* umožňuje přístup ke geometrii linií *dolních hran*, na jejichž základě se vypočte skutečná délka segmentu. Následně je linie dělena podle těchto hodnot a jednotlivá geometrie segmentů je pomocí *Insert Cursoru* vkládána do nové vrstvy. Každý segment v nově vzniklé vrstvě nese informaci o tom, z jaké linie byl vytvořen (atribut *id\_line*).

Princip segmentace *údolnic* je shodný se zpracováním *dolních hran*. Velikost segmentů je však vhodné volit o něco menší - jako podíl z délky segmentu dolní hrany. Například můžeme délku segmentu *údolnice* definovat jako třetinu délky segmentu *dolní hrany*. Pokud tedy pro *dolní hranu* bude nastavena délka na 3 mm (v měřítku mapy), délka segmentu *údolnice* bude 1 mm. Smyslem tohoto jemnějšího dělení je snaha o docílení „vznívání“ *údolnice*, tj. plynulého zužování linie od jejího počátku ke konci (viz obr. 29).

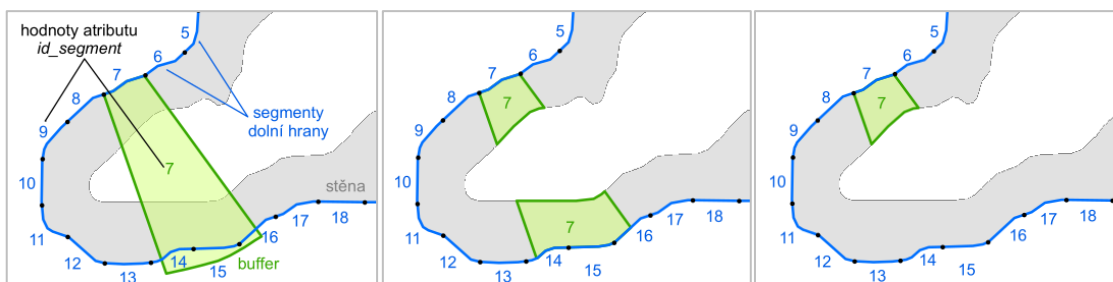


obr. 29 ilustrace „vznívání“ údolnice  
 modře - dolní hrana, fialově - údolnice, černě - body dělicí linie na segmenty

#### 4.1.2 Výpočet převýšení segmentů dolní hrany

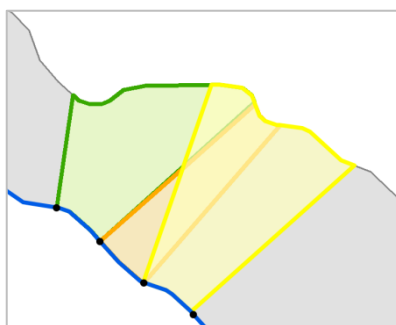
*Dolní hrany* jsou rozděleny na segmenty a nyní se tedy může přistoupit k segmentaci ploch *skalních útvarů*, které jsou třeba pro určení převýšení dané oblasti a tím i relativní výšky kontury. Oblasti *skalních útvarů* pro určení relativní výšky jsou vytvořeny jako jednostranný *buffer* okolo segmentů *dolní hrany* o velikosti větší, než je maximální šířka stěny. Kontura je reprezentací *dolní hrany*, převýšení je tedy počítáno směrem nahoru (Lysák, 2016). Pro realizaci tohoto kroku je využito orientovanosti hran – body ležící vpravo od *dolní hrany* mají vždy vyšší nadmořskou výšku než body ležící vlevo. Na základě těchto skutečností je pro segmentaci polygonové vrstvy *skalních útvarů* vytvořen pravostranný *buffer* kolem segmentů *dolních hran*. Vytvořený *buffer* nese informaci o tom, od jakého segmentu byl vytvořen (atribut *id\_segment*).

Takto vzniklé polygony (pravostranné *buffery* segmentů *dolních hran*) se však vzájemně překrývají a přesahují i plochu vymezenou jako *skalní útvary* (viz obr. 30 vlevo). Je tedy třeba vybrat pouze relevantní části těchto polygonů a to následujícím způsobem: Nejdříve jsou všechny polygony „oříznuty“ polygonovou vrstvou reprezentující *skalní útvary* (viz obr. 30 uprostřed). U jednodušších tvarů je tím již vybrán relevantní polygon, ale u složitějších tvarů může nastat případ např. jako na obr. 30, kdy polygon přesahuje do části stěny, jejíž výška je vyjádřena prostřednictvím jiného segmentu (viz obr. 30 uprostřed). Tyto případy jsou řešeny vybráním pouze těch polygonů, které sdílejí hraniční linii se segmentem, z něhož byly vytvořeny (hodnoty atributů *id\_segment* segmentu i vytvořeného *bufferu* jsou shodné).



obr. 30 ilustrace výběru relevantních polygonů k segmentu dolní hrany  
 vlevo - vytvořený buffer, uprostřed - buffer oříznutý polygonem skalních útvarů, vpravo - výběr relevantního polygonu

Ke zjištění relativní výšky v daném polygonu (*bufferu*) je možné použít zonální statistiky nad rastrovým DMR, kdy konkrétní polygony slouží jako tzv. „zóny“. V případě užití funkce *Zonal Statistics (Zonal Statistics as Table)* a nastavení typu statistiky na „rozsah“ je získána přímo požadovaná hodnota relativního převýšení relevantního polygonu. Jak již ale bylo zmíněno, zejména sousední polygony se mohou překrývat (viz obr. 31). Předpokladem vstupních dat do funkce *Zonal Statistics* jsou však nepřekrývající se „zóny“.



obr. 31 ilustrace překrývajících se polygonů bufferů jednotlivých segmentů

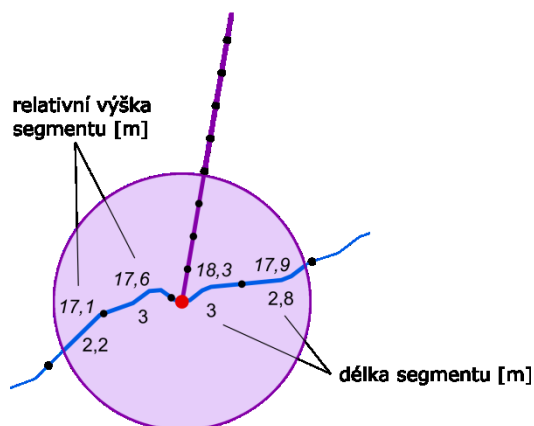
Možným řešením je výpočet zonální statistiky pro každý polygon zvlášť - to je však časově velmi náročná operace. Pro podstatné zrychlení výpočtu se ukázalo vhodné rozdělit polygony do skupin tak, aby se nepřekrývaly (nastavení parametru algoritmu s požadavkem jejich minimální vzdálenosti), a výpočet provádět pro takto vytvořené skupiny polygonů. Hodnoty převýšení získané zonální statistikou jsou přeneseny příslušným segmentům *dolních hran* v podobě nového atributu (*relative\_height*), který bude později použit pro výpočet šířky kontury.

### 4.1.3 Určení převýšení segmentů údolnice

Po výpočtu převýšení segmentů *dolní hrany* je možné přistoupit k určení relativních výšek segmentů *údolnic*, které začínají na dolní hraně. Po výpočtu relativních výšek tohoto typu údolnic bude přistoupeno k výpočtu relativních výšek *údolnic*, které tyto *údolnice* protínají.

Jak bylo uvedeno v kapitole 3.2, objekty *údolnic* reprezentují takové objekty ve skutečnosti, které bývají natolik úzké, že zachycení jejich obou dolních hran a postranních stěn není možné, resp. účelné (můžeme říci, že údolnice představuje „náhradu“ za *dolní hranu* vedoucí tam i zpět). Vzhledem ke zmíněným skutečnostem tedy není možné vypočítat přesné převýšení u bočních stěn *údolnic*, ale je možné ho přibližně určit. Relativní výšku segmentu *údolnice* (jejich bočních stěn) je možné spolehlivě vypočítat pouze pro počáteční segment linie. Tedy v místě, kde se *údolnice* dotýká *dolní hrany* a převýšení nabývá nejvyšších hodnot (vychází z požadavku na orientovanost linie, viz úvod kapitoly 4).

Průsečík *dolní hrany* a *údolnice* se může nacházet na jednom konkrétním segmentu nebo na hranici segmentů *dolní hrany*. Pro určení relativního převýšení, zejména v druhém případě, se jeví jako vhodné použít průměr z hodnot převýšení příslušných sousedících segmentů *dolní hrany*. Určení relativní výšky prostřednictvím váženého průměru je ale zvoleno pro všechny dotykové body. Tento výpočet dává smysl i v případech, kdy se průsečík nachází na jednom konkrétním segmentu, neboť právě tento jeden segment může nabývat značně odlišné hodnoty převýšení. Tuto anomálii si lze v představit například jako 15 sousedících segmentů, jejichž hodnota převýšení se pohybuje okolo 40 m a pouze sedmý segment v pořadí má přiřazenou hodnotu převýšení 10 m - v takovémto případě došlo pravděpodobně k chybě při výpočtu/anomálii a nikoliv náhlé změně v terénu. Tyto situace jsou řešeny výpočtem převýšení prvního segmentu linie, dle následujícího postupu. Hodnota relativní výšky v bodě dotyku obou linií je počítána jako vážený průměr v okolí dotykového bodu. Výpočet je realizován vytvořením *bufferu* příslušné velikosti okolo dotykového/počátečního bodu *údolnice* (viz obr. 32). V určeném okolí se vypočte relativní výška *údolnice* jako vážený průměr délek segmentů *dolní hrany* a jejich převýšení.

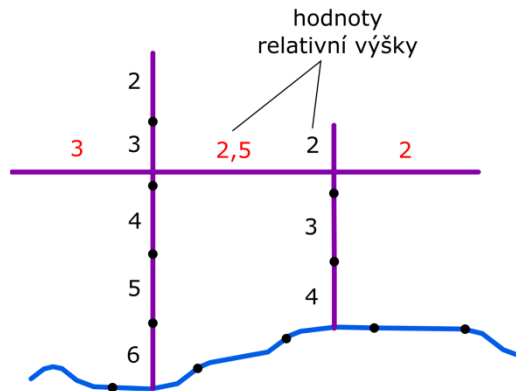


$$\frac{17,2 \cdot 2,2 + 17,6 \cdot 3 + 18,3 \cdot 3 + 17,9 \cdot 2,8}{2,2 + 3 + 3 + 2,8} = 17,8 \text{ m}$$

obr. 32 výpočet relativní výšky údolnice v místě dotyku dolní hrany  
červeně - dotkový bod obou linií, kolem něžž byl vytvořen buffer (fialově);  
dole - výpočet hodnoty relativní výšky bodu průsečíku pomocí váženého průměru

Takto vypočtená hodnota je přiřazena prvnímu segmentu dané *údolnice*. Poslednímu segmentu dané *údolnice* je parametrem algoritmu přiřazena hodnota minimálního převýšení (za vhodnou hodnotu mohou být považovány 2 m, neboť tato výška skalní stěny se pro většinu lidí považuje za nepřekonatelnou). Hodnoty převýšení ostatních segmentů *údolnic* jsou určeny lineární interpolací mezi zmíněnou maximální a minimální hodnotou. Výše popsaný postup je aplikován na *údolnice*, které začínají na *dolní hraně*.

Máme-li vypočítány relativní výšky *údolnic* začínajících na *dolní hraně*, můžeme přistoupit k výpočtu relativních výšek *údolnic*, které zmíněné *údolnice* protínají a na *dolní hraně* nezačínají. V první fázi jsou tyto *údolnice* v místě protnutí s *údolnicí/údolnicemi* začínajících na *dolní hraně*, rozděleny na segmenty. V případě, kdy se segment dotýká pouze jedné *údolnice*, mu je přiřazena hodnota relativní výšky, které v místě dotyku nese *údolnice* začínající na *dolní hraně*. V situaci, kdy se segment na svých obou koncích dotýká *údolnice* začínající na *dolní hraně*, je mu přiřazena relativní výška určená průměrem hodnot z obou průsečíků (viz obr. 33).



obr. 33 ilustrace výpočtu převýšení u údolnic, které se nedotýkají dolní hrany modře - dolní hrana, fialově - údolnice, černé body - hranice mezi segmenty, červeně - vypočtené hodnoty přiřazené jednotlivým segmentům

#### 4.1.4 Výsledná podoba základní kontury

Základní kontura je tvořena ze segmentovaných *dolních hran* a *údolnic*, kdy má každý segment jako atribut vypočtenou/určenou relativní výšku. Na základě hodnoty převýšení je jednotlivým segmentům přiřazena odpovídající tloušťka linie (kontury), která je zadána parametrem systému v milimetrech ve výsledném měřítku mapy. Na základě tohoto vytvořeného atributu (*relative\_height*) jsou linie převedeny na polygony.

Při tvorbě polygonové vrstvy je třeba řešit navazování segmentů. Použije-li se kulaté zakončení linií (běžný typ *bufferu* s půlkulatým zakončením) okolo koncových bodů úsečky, segmenty linie na sebe bez problému navazují. Kulatý konec ale působí ne zcela vhodně (viz obr. 34).



obr. 34 ilustrace kulatého zakončení bufferu (typ „round“) černě - hraniční body segmentů

V případě užití čtvercového zakončení linií okolo koncových bodů úsečky (segmentu) je podoba konců linie přijatelnější, avšak nastává problém s napojováním úseček. Mezi jednotlivými segmenty vznikají mezery a nedochází tak k plynulému navazování sousedních prvků (viz obr. 35).





obr. 35 ilustrace čtvercového zakončení bufferu (typ „flat“)  
černě - hraniční body segmentů

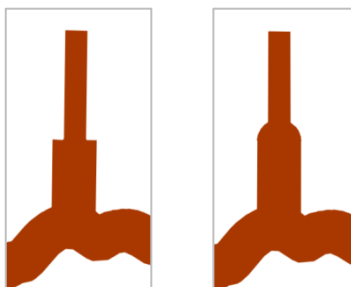
Vhodné řešení, dle Lysáka (2016), představuje použití varianty s kulatým zakončením pro vnitřní segmenty linie a pro koncové segmenty využití varianty se čtvercovým zakončením (viz obr. 36).



obr. 36 výsledná podoba linie (kombinace obou typu bufferu)

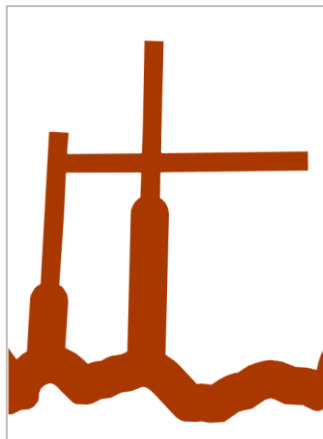
Z toho doporučení se vycházelo i při tvorbě algoritmu. Pro kontury odvozené od *dolní hrany* platí, že kolem jejich krajních segmentů je vytvořen *buffer* se čtvercovým zakončením, a kolem vnitřních segmentů je vytvořen *buffer* s kulatým zakončením. V případě kontur odvozených od *údolnice*, je třeba rozlišovat dvě situace.

1. *Údolnice* začíná na *dolní hraně*. V takovémto případě bude *buffer* se čtvercovým zakončením vytvořen pouze kolem posledního segmentu (tj. tom konci, kde není průsečík s *dolní hranou*). Kolem prvního segmentu (stejně tak jako u mezilehlých segmentů) bude vytvořen *buffer* s kulatým zakončením. Důvodem k tomuto kroku je možná malá délka *údolnice*. Například pokud by byla *údolnice* rozdělena pouze na dva segmenty, přičemž je každý zobrazen jinou tloušťkou kontury, docházelo by k nežádoucí vizuální podobě (viz obr. 37 vlevo). Výstup docílený tímto krokem je na obr. 37 vpravo.



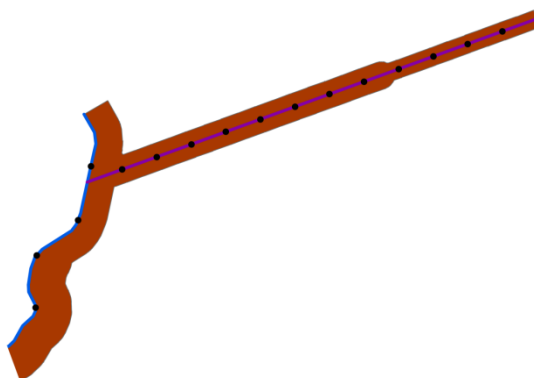
obr. 37 ilustrace k tvorbě kontury odvozené od *údolnice* dotýkající se *dolní hrany*

2. *Údolnice* protíná jinou *údolnici*. V tomto případě bude postup shodný se zpracováním *dolní hrany*, tj. kolem obou koncových segmentů bude vytvořen *buffer* se čtvercovým zakončením (viz obr. 38).



obr. 38 ilustrace k tvorbě kontury odvozené od *údolnice*, která protíná jinou *údolnici*

V praxi se na základě atributu s relativní výškou (*relative\_height*) nejdříve vypočte šířka příslušného segmentu (a uloží do atributu *countour\_size*). Tento výpočet je proveden pomocí „přepočtové“ tabulky (viz např. tab. 3), kdy jsou segmenty rozděleny do skupin v závislosti na jejich převýšení a dle příslušnosti prvku do skupiny mu je přiřazena tloušťka linie. Dále se vyberou počáteční, vnitřní a koncové segmenty všech linií *dolních hran* a *údolnic*. Dle jejich umístění (v rámci linie) se zvolí odpovídající typ *bufferu*, jehož velikost je určena atributem tloušťky linie (*contour\_size*). V případě segmentů dolní hrany je vytvářen jednostranný *buffer* „směrem nahoru“, tedy tak, aby jeho plocha ležela pouze v ploše polygonu *skalního útvaru* a „zabírala“ v mapě pouze to místo, kde se skalní útvar opravdu nachází. *Buffer* tvořený kolem *údolnic* bude oboustranný, neboť skalní stěny se nachází na obě strany od tohoto typu linie (viz charakteristika tohoto typu objektu v kapitole 3.2).



obr. 39 ilustrace jednostranného a oboustranného *bufferu*  
modře - dolní hrana, fialově - *údolnice*, hnědě - základní kontura ("buffer")

Při vytváření příslušných *bufferů* může u některých, geometricky složitějších, linií nastat situace, že i v případě užití vhodného typu *bufferu* jeho plocha „vyčnívá“ z plochy polygonu *skalní stěny* tak, že přesahuje linii *dolní hrany* (viz obr. 40). Tyto problematické části jsou odstraněny průnikem prozatím vytvořené kontury a jednostranným *bufferem* okolo dolních hran (*buffer* vytvořený okolo dolních hran pro výpočet převýšení je pravostranný, nyní pro odmazání problémových míst je použit *buffer* vytvořený na druhou stranu od linie, tedy levostranný).



obr. 40 ilustrace „přečnívajícího“ polygonu *bufferu*  
 vlevo - kontura přečnívající přes linii *dolní hrany* (zeleně - *buffer* pro odmazání),  
 vpravo - výsledná podoba (po odmazání)

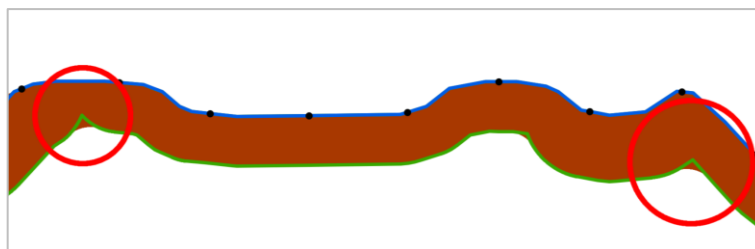
Tento *buffer* pro odmazání je vhodné vytvářet pro každou linii *dolní hrany* zvlášť. Při vytváření jednotlivých *bufferů* je ukládána informace, od jaké linie byl daný *buffer* vytvořen (*id\_line*). Následně je kontura vždy odmazána tím levostranným *bufferem*, který byl odvozen od stejné linie jako kontura (hodnoty atributu *id\_line* jsou shodné). Zpracování prvek po prvku (odmazání na základě shodné hodnoty atributu) je žádoucí zejména z toho důvodu, že se skalní objekty často nachází v těsné blízkosti. V případě, kdy by byla vrstva levostranných *bufferů* použita pro odmazání všech kontur najednou, by mohlo dojít k odmazání i nechtěných částí kontur (viz obr. 41 vpravo)



obr. 41 ilustrace nežádoucího odmazání linie kontury  
 hnědě - kontura, modře - linie *dolní hrany*  
 vpravo - barevně odlišené levostranné *buffery* jednotlivých *dolních hran*,  
 uprostřed - požadovaný výstup (odmazávání prvek po prvku),

*vpravo - výstup v případě omazání kontur celou vrstvou levostranných bufferů*

Pro shlazení přechodů tloušťky linie (šířky polygonu) mezi jednotlivými segmenty je vhodné jednotlivé *buffery* segmentů spojit do jednoho polygonu (v rámci jedné kontury), například prostřednictvím funkce *Dissolve*. Na vytvořenou vrstvu použít *buffer* o zvolené kladné velikosti a následně vytvořit *buffer* o stejné, ale záporné velikosti. Docílí se tím plynulejší změny tloušťky linie (viz obr. 42).

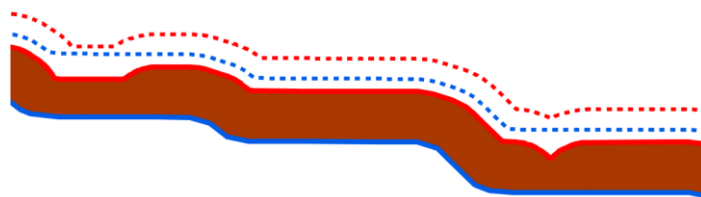


*obr. 42 ilustrace shlazení linie  
(zeleně - hranice základní kontury před shlazením)*

## 4.2 Tvarové čáry

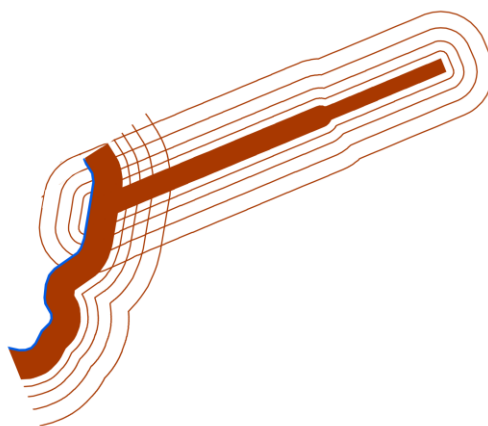
Tvarové čáry (dále v textu jen TC) jsou tvořeny metodou rovnoběžek, tj. rovnoběžně s konturou. Rozestup tvarových čar může být konstantní nebo se může s rostoucí vzdáleností od kontury zvětšovat. Obdobně to je i s tloušťkou jednotlivých doplňkových tvarových čar, kdy může být tloušťka konstantní nebo se s rostoucí vzdáleností od kontury zmenšovat. Obojí asociuje postupný přechod skály nahoře na plošinu do neskálního terénu (Lysák, 2016, s.231).

TC vyplňují prostor zbylé plochy polygonu skalního útvaru, která ještě není vyplněna základní konturou. TC by měly „kopírovat“ tvar kontury, od které byly vytvořeny. Pro realizaci „kopírování tvaru“ bude vytvořena „pomocná linie“, která bude dále v textu označována jako *základní linie*. Použití přímo kontury nebo případně dolních hran pro kresbu TC není vhodné. Využití *dolních hran* není vhodné z důvodu, že jejich geometrie je odlišná od tvaru (obrysu) kontury. Jinými slovy rozestup mezi rovnoběžkou s dolní hranou a konturou je s ohledem na proměnlivou šířku kontury různý (viz obr. 43).



obr. 43 ilustrace rozestupu mezi rovnoběžkou s dolní hranou a konturou  
 modře přerušovaně - rovnoběžka s dolní hranou (rozestup od kontury není konstantní),  
 červeně - základní linie,  
 červeně přerušovaně - rovnoběžka s konturou/základní linií (konstantní rozestup od kontury)

Dalším z důvodů pro tvorbu *základní linie* je požadavek na plynulou návaznost tvarových čar v místech dotyku *údolnice* s *dolní hranou*. Z tohoto požadavku je patrné, že TC musí být kresleny kolem společné (spojené) geometrie obou zmíněných objektů (tu představuje *základní linie*). V případě zpracování (kresby TC) pro jednotlivé objekty samostatně by nedocházelo k plynulé návaznosti tvarových čar (viz obr. 44).



obr. 44 ilustrace nevhodného napojování TC na styku údolnice a dolní hrany

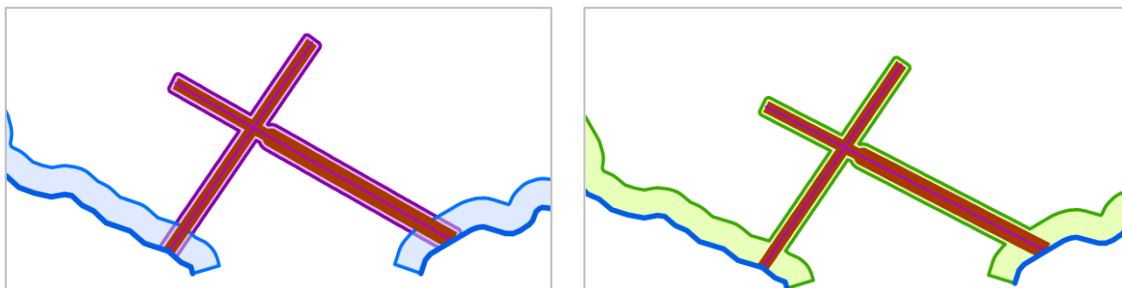
Tvarové čáry vytvořené od kontury, která byla odvozena od *dolní hrany*, jsou kresleny pouze na jednu stranu od kontury, a to směrem „nahoru“ (ve smyslu převýšení), viz obr. 44. Z tohoto důvodu není vhodné pro tvorbu *základní linie* použít konturu - z geometrického pohledu se jedná o polygon a není tedy možné vytvořit pouze jednostranný *buffer* (kterým TC vznikají, viz vysvětleno dále v textu). V případě užití polygonu kontury, by byly výsledné TC vytvářeny i „pod“ (z hlediska převýšení) *dolní hranou*, kde jejich výskyt není žádoucí. Pro tvorbu

*základní linie* podél kontur odvozených od *dolní hrany* bude využit obvod kontury bez linie *dolní hrany*.

Pro tvorbu *základní linie* podél kontur odvozených od *údolnice*, bude použita (na rozdíl od předchozího případu) přímo kontura. Tvarové čáry jsou v tomto případě kresleny po obou stranách kontury, protože *údolnice* je vlastně zkratka za patu vedenou tam a zpátky s tím, že dole je „malá mezera“, takže uvažované uspořádání tvarových čar dává smysl i z tohoto pohledu.

#### 4.2.1 Tvorba základní linie

Vzhledem k výše zmíněným důvodům je pro realizaci kresby tvarových čar kopírujících tvar základní kontury nutné nejdříve vytvořit pomocnou *základní linii*, od které budou TC kresleny. Geometrie základní linie bude shodná s tou částí obrysu kontury, která neodpovídá *dolní hraně* (viz obr. 46 vpravo dole). Tato linie vznikne odmazáním obrysu „spojených *bufferů*“ vytvořených okolo linií *dolních hran* a polygonové konturové reprezentace *údolnic* od obrysu kontury převedené na linie (viz obr. 45). Postup tvorby *základní linie* se skládá z následujících kroků:



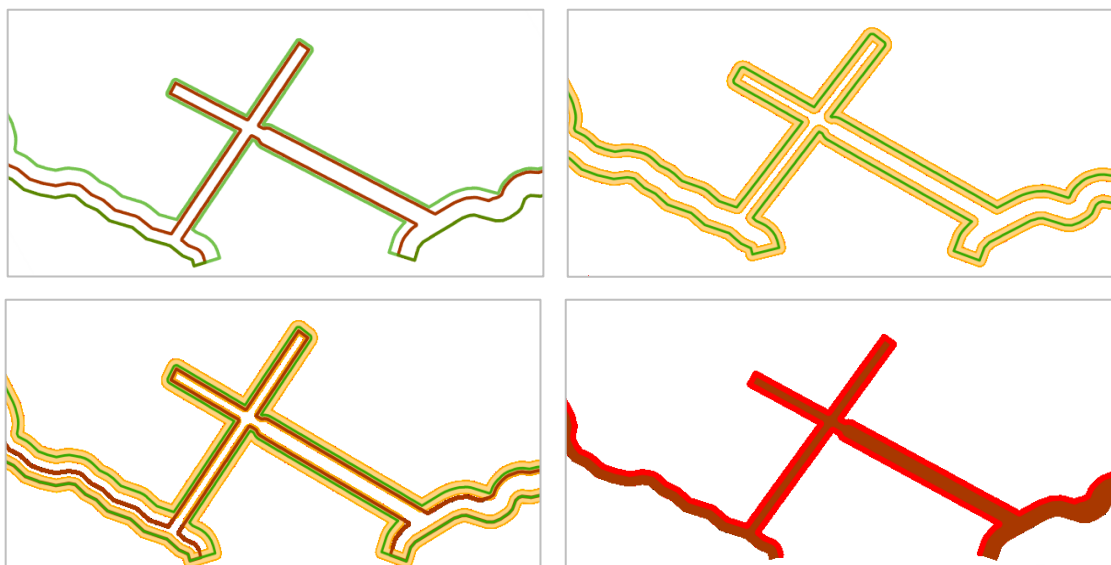
obr. 45 ilustrační obrázek k tvorbě *bufferů* vedoucí ke vzniku základních linií  
vlevo nahoře - jednostranný *buffer* vytvořený od *dolní hrany* (modře), *buffer* vytvořený od kontury *údolnic* (fialově)  
vpravo nahoře - spojení *bufferů* z předešlého kroku do jednoho polygonu (zeleně) - „spojený *buffer*“

1. Vytvoření plochy, jejímiž obrysovými liniemi budou následně odmazány obrysové linie kontury. Pro tvorbu této plochy je postupně vytvořen *buffer* okolo *dolních hran* a následně polygonové reprezentace kontury *údolnic*. Po vytvoření zmíněné plochy jsou *buffery* sloučeny do jedné vrstvy a jsou dále v textu označovány jako „spojené *buffery*“. Liniová vrstva *dolních hran* je zvolena z toho důvodu, že je potřeba vytvořit jednostranný *buffer* za využití orientovanosti linií. TC jsou kresleny pouze na jedné straně od kontury, odvozené od *dolní hrany*, a to ve směru „nahoru“ (do plochy polygonu skalního útvaru). Pro vytvoření *základní linie* v okolí *údolnic* je vhodné využít již hotové kontury, odvozené od *údolnice*.

Na rozdíl od *dolní hrany* se u linie *údolnic* skalní stěny nacházejí po obou stranách linie a je tak vytvořen „oboustranný“ *buffer*.

Pro velikost jednostranného *bufferu* okolo *dolních hran* platí, že jeho rozměr musí být větší, než je největší šířka kontury v mapě. Konkrétně z důvodu, aby ve vytvořené ploše byla obsažena celá kontura, neboť její linie (které nejsou totožné s *dolní hranou*) potřebujeme zachovat. Pro velikost *bufferu* okolo kontury *údolnic* platí, že by měl být minimální možný.

2. Odmazání linií obrysu kontury pomocí obrysových linií vytvořené plochy „spojených *bufferů*“ (viz obr. 46 vlevo nahoře).

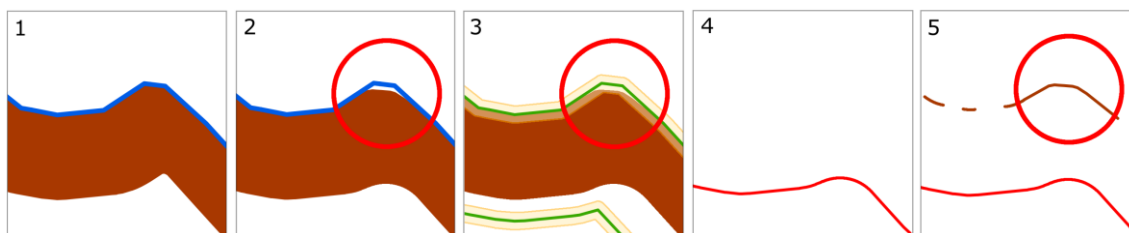


obr. 46 ilustrace vzniku základní linie  
vlevo nahoře - polygon základní kontury převedený na linie (hněď), polygon „spojeného *bufferu*“ převedeného na linie (zeleně),  
vpravo nahoře - žlutě „malý *buffer*“ okolo obrysových linií „spojeného *bufferu*“ (zeleně),  
vlevo dole - ilustrace odmazání (žlutou plochou je odmazávána hnědá linie kontury),  
vpravo dole - základní linie (červeně), vytvořena odmazáním liniových reprezentací *bufferů* z předešlého kroku (žlutě od linií kontur)

Než bude přistoupeno k samotnému odmazání, je ještě žádoucí vytvořit malý *buffer* okolo obrysových linií „spojeného *bufferu*“, kterým bude následně odmazáváno (viz obr. 46 vpravo nahoře). Důvodem k tomuto postupu je, že jedním z posledních kroků při tvorbě kontur bylo jejich shlazení.

Ačkoliv je v obou případech (tvorba kontury i „spojeného *bufferu*“) tvořen *buffer* od *dolní hrany*, vlivem závěrečného shlazení kontury se jejich výsledná geometrie liší (viz obr. 47 situace 2). V případě, kdy budou obrysově linie odmazávány bez vytvoření „malého *bufferu*“ (viz obr. 47 situace 3), mohou se ve výsledné vrstvě po odmazání vyskytovat nežádoucí artefakty (viz obr. 47 situace 5). Při užití „malého *bufferu*“

pro odmazání obrysových linií kontury bude mít výsledná základní linie požadovanou podobu, viz obr. 47 situace 4.



obr. 47 ilustrační obrázek k odlišné geometrii bufferu  
1 - kontura před shlazením (modře dolní hrana), 2 - kontura po shlazení (modře dolní hrana),  
3 - „malý buffer“ (žlutě) okolo obrysové linie „spojeného bufferu“ (zeleně),  
4 - výsledná základní linie (správný výsledek),  
5 - nežádoucí artefakty, k jejichž vzniku by došlo v případě, kdyby nebyl vytvořen „malý buffer“

Provedením toho kroku a následným odmazáním obrysových linií konturu je získána *základní linie* (viz obr. 46 vpravo dole).

U *základních linií* může docházet k situacím, kdy je jedna linie tvořena dvěma částmi (*multipart polyline*). Důvodem je jejich způsob vzniku. Jak bylo popsáno výše, linie jsou vytvořeny odmazáním obrysových linií polygonu kontury. Počáteční bod neleží vždy v „jeho rohu“, ale na libovolném místě po jeho obvodu (viz obr. 48). Odmazáním ostatních „stran“ polygonu tedy můžeme získat „vizuálně“ jednu linii, která může být tvořena dvěma částmi (viz obr. 48). Pro kresbu TC a pozdější řešení jejich konfliktních míst je však nutné, aby každá *základní linie* byla tvořena pouze jedním prvkem. V praxi je to řešeno použitím funkce *Dissolve*. Dle takto upravených *základních linií* je možné začít s generováním tvarových čar.



obr. 48 ilustrace základní linie z více prvků  
červeně - základní linie, šedě - bod značící hranici mezi dvěma liniemi jedné základní linie



## 4.2.2 Generování tvarových čar

Tvarové čáry jsou kresleny od *základní linie* a jejich generování probíhá postupně (a samostatně) pro každou konturu/*základní linii* zvlášť. Postup tvorby spočívá v opakování následujících kroků:

### 1. krok

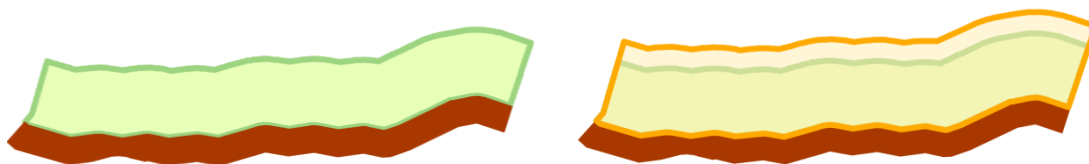
Vytvoření jednostranného *bufferu* (dále *buffer č.1*) od základní linie v požadované velikosti (požadovanou velikostí se rozumí vzdálenost mezi konturou a generovanou TC, dále označována jako „mezera“). Při kresbě první TC bude tato velikost rovna iniciální hodnotě, která je parametrem algoritmu. U kresby dalších čar se bude tato hodnota měnit v závislosti na požadované podobě výstupu.

V případě konstantních rozestupů mezi TC se vždy aktuální hodnota „mezery“ navýší právě o iniciální hodnotu. Při kresbě  $n$ -té TC bude tedy hodnota „mezery“ rovna  $n$ -násobku iniciální hodnoty.

U požadavku na rostoucí vzdálenosti mezi TC (směrem od kontury) bude hodnota „mezery“ postupně navyšována o iniciální hodnotu a vynásobena koeficientem větším než jedna, který je dán parametrem algoritmu.

### 2. krok

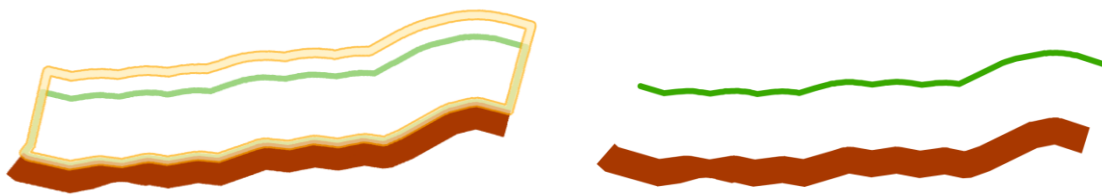
Vytvoření jednostranného *bufferu* (dále *buffer č.2*), jehož velikost je větší o hodnotu  $h$ , než *buffer č.1* (viz obr. 49 vpravo).



obr. 49 ilustrace *bufferu č.1* a *bufferu č.2*  
zeleně - *buffer č.1*, oranžově - *buffer č.2*

### 3. krok

Oba dva *buffery* vytvořené v předešlých krocích jsou převedeny na linie. Okolo linií *bufferu č.2* bude vytvořen *buffer* o minimální velikosti, který slouží k odstranění vlivu nepřesností při generování *bufferů* odlišných velikostí (viz obr. 50 vlevo). Následně bude *buffer č.2* odečten od *bufferu č.1* (například prostřednictvím funkce *Erase*) - výsledkem je jedna doplňková tvarová čára (viz obr. 50 Vpravo). Tato linie se uloží a pokračuje se dalšími iteracemi algoritmu od kroku 1, dokud není dosaženo požadovaného počtu TC.



obr. 50 ilustrace vzniku tvarové čáry  
 vlevo - liniová odečtení bufferu okolo linie bufferu č.2 od linií bufferu základní kontury  
 vpravo - výsledná tvarová čára

Počet generovaných TC odpovídá maximálnímu počtu TC, které by se vešly do nejširší skalní stěny. Šířkou skalní stěny se rozumí vzdálenost měřená mezi *dolní* a *horní hranou* příslušné *skalní stěny* (hodnota určena parametrem algoritmu).

Během generování jsou ke každé TC prostřednictvím nových atributů uloženy informace o tom, z jaké základní linie byly vytvořeny (*id\_form\_line*) a kolikáté v pořadí od dané základní linie vznikly (*id\_order*). S rostoucí vzdáleností od kontury roste i hodnota pořadí TC. Hodnota atributu *id\_basic\_line* základní linie je přenesena do nového atributu tvarové čáry *id\_form\_line*. (Tvarová čára vytvořená od základní linie s *id\_basic\_line* = 3 bude mít hodnotu atributu *id\_form\_line* = 3).

#### **Výpočet šířky tvarových čar**

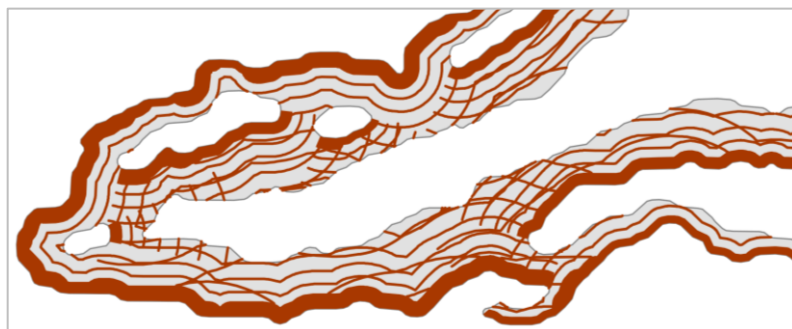
Následně je, již pro všechny TC najednou, určena tloušťka příslušné TC. Výpočet je realizován lineární interpolací mezi nejmenší a největší požadovanou tloušťkou tvarové čáry (hodnoty jsou určeny parametry algoritmu). Takto určené hodnoty jsou na základě hodnoty pořadí TC přiděleny jednotlivým liniím. Linie s nejnižší hodnotou pořadí TC (s hodnotou 1) bude mít přiřazenu maximální tloušťku linie. Přičemž platí pravidlo „čím větší hodnota pořadí TC, tím menší bude hodnota přiřazené tloušťky“ (viz obr. 51).



obr. 51 ukázka doplňkových tvarových čar  
 vpravo - stejně široké linie, vlevo - proměnlivě široké linie

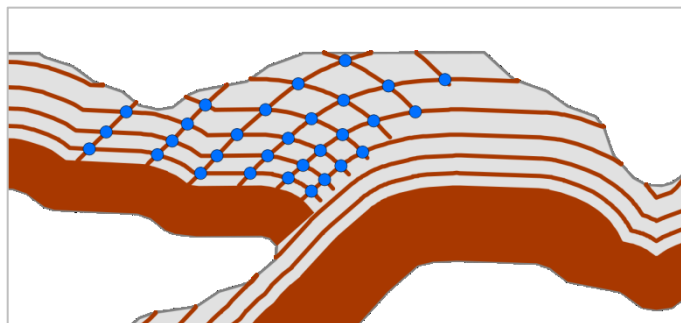
### 4.2.3 Řešení konfliktních míst tvarových čar

V místech, kde se *skalní útvary* (nebo jednotlivé *dolní hrany*) vyskytují v těsné blízkosti, často dochází k protínání tvarových čar pocházejících od různých kontur (viz obr. 52).



obr. 52 ukázka překrývajících se tvarových čar

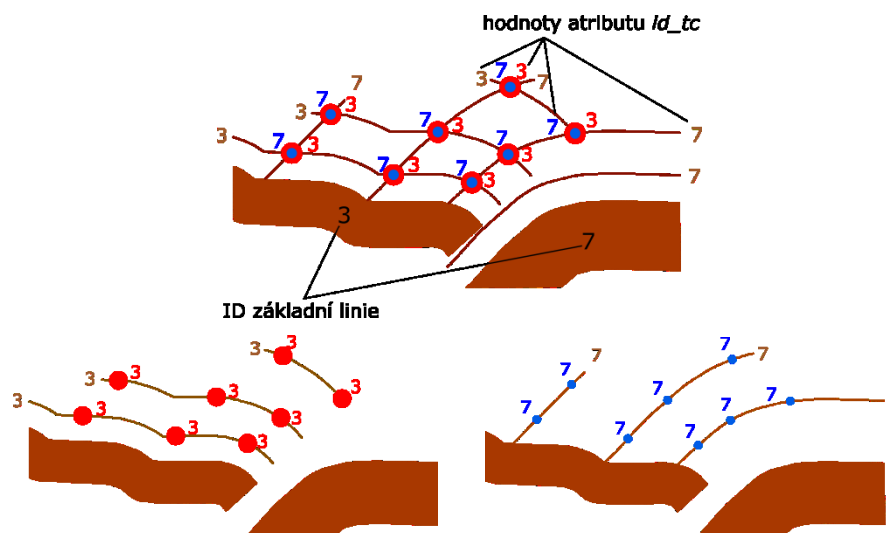
V těchto situacích je třeba rozhodnout, kterou z tvarových čar (případně její část) v příslušném místě zanechat a kterou odstranit. Aby bylo možné rozhodovat i pouze o konkrétních částech TC, je vhodné v místech průsečíků (viz obr. 53) tvarových čar jednotlivé linie rozdělit na segmenty (viz obr. 54).



obr. 53 ilustrace segmentace tvarových čar  
modré body - průsečíky TC, v jejichž místě jsou TC děleny na segmenty

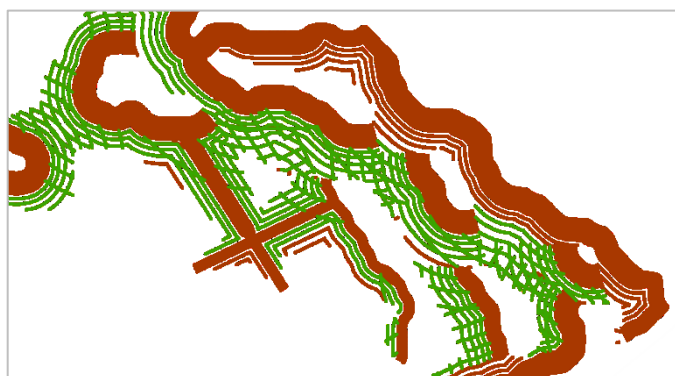
Následně bude posuzována vhodnost každého jednotlivého segmentu. Zjednodušeně lze říci, že bude zachována ta TC (či její segment), pocházející od kontury, ke které je z daného místa (průsečíku) nejbližší.

V praxi jsou tyto situace vyřešeny následujícím způsobem. V prvním kroku jsou vytvořeny body na průsečících TC. To může být realizováno například pomocí funkce *Intersect*, kdy na místě protnutí dvou TC vzniknou 2 body - každý z nich převzal atributy právě jedné z protínajících se TC (viz obr. 54). Pro tyto průsečíky (body) je nalezena nejbližší kontura (funkce *Generate Near Table*) a tato informace je k příslušné TC uložena.



obr. 54 ilustrace k výběru správných průsečíků  
 nahoře - ilustrace kroku 1 (ukázka všech průsečíků a tvarových čar),  
 dole - podoba vstupních dat do kroku 2 (ukázka tvarových čar a jejich relevantních průsečíků)

Pro další postup se vyberou pouze ty TC, které se protínají s dalšími TC. Pro každou z těchto TC se provedou následující kroky:



obr. 55 ilustrace protínajících se tvarových čar  
 zeleně jsou zobrazeny ty TC, které se protínají a budou použity pro následující kroky

1. Z průsečíků se vyberou body, které leží na dané TC a zároveň mají shodný atribut *id\_form\_line* (viz obr. 54). Tím jsou vybrány body nesoucí atributy dané TC (nikoliv TC s kterou se konkrétní TC protíná) - na jejich základě je tedy možné rozhodnout o zanechání či smazání příslušné části TC.
2. Rozhodnutí o zanechání či smazání segmentu na základě porovnání hodnot atributů *id\_form\_line* a ID nejbližší základní linie (*id\_basic\_line*) příslušných průsečíků, které jsou zároveň krajními body daného segmentu. (Pokud se hodnoty těchto dvou atributů shodují, znamená to, že v daném místě má bod nejbližší k základní linii, ze které byla daná TC (na níž

bod leží) vytvořena. V takovém bodě tedy TC zůstane zachována. V případě odlišných hodnot atributů je v daném místě zachována druhá TC, která vede tímto průsečíkem.)

Pravidla pro rozhodování mají následující formulaci (viz obr. 56):

i. Segment bude zachován v případě, že:

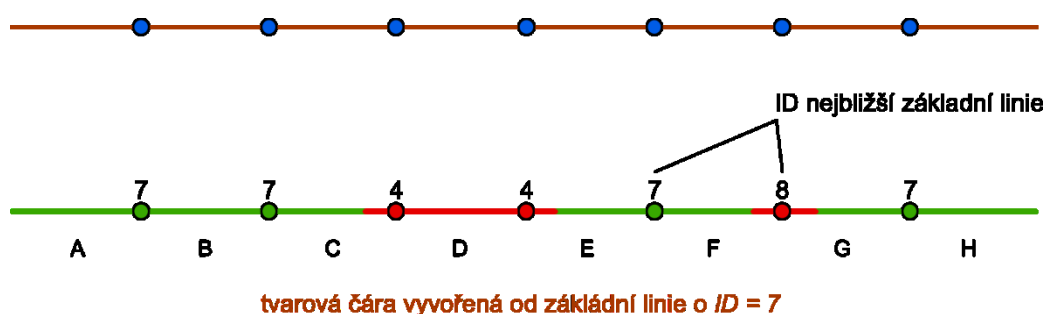
- u obou koncových bodů segmentu dochází ke shodě zmíněných atributů (situace B na obr. 56)
- jedná se o počáteční nebo koncový segment, tedy na něm leží pouze jeden bod (průsečík) a zmíněné atributy se shodují (situace A, H na obr. 56)

ii. Segment bude smazán v případě, že:

- pro oba koncové body se hodnoty atributu *id\_form\_line* a ID nejbližší základní linie neshodují (situace D na obr. 56)

iii. Segment bude upraven v případě, že:

- u jednoho z krajních bodů dochází ke shodným hodnotám zmíněných atributů a u druhého nikoliv (situace C, E, F a G na obr. 56)
- v takovém případě bude segment zanechán, ale na straně, kde dochází k odlišným hodnotám mezi atributy bude segment zkrácen o požadovanou délku, která je parametrem algoritmu (její hodnota musí být menší než definovaná hodnota rozestupu tvarových čar). Toto řešení vychází z toho, že jeden konec segmentu by měl zůstat zachován, ale na jeho druhém konci už má být kreslena jiná TC. Toto řešení tedy zanechá část problematického segmentu a zároveň umožní zákres jiné TC aniž by došlo k jejich překřížení.

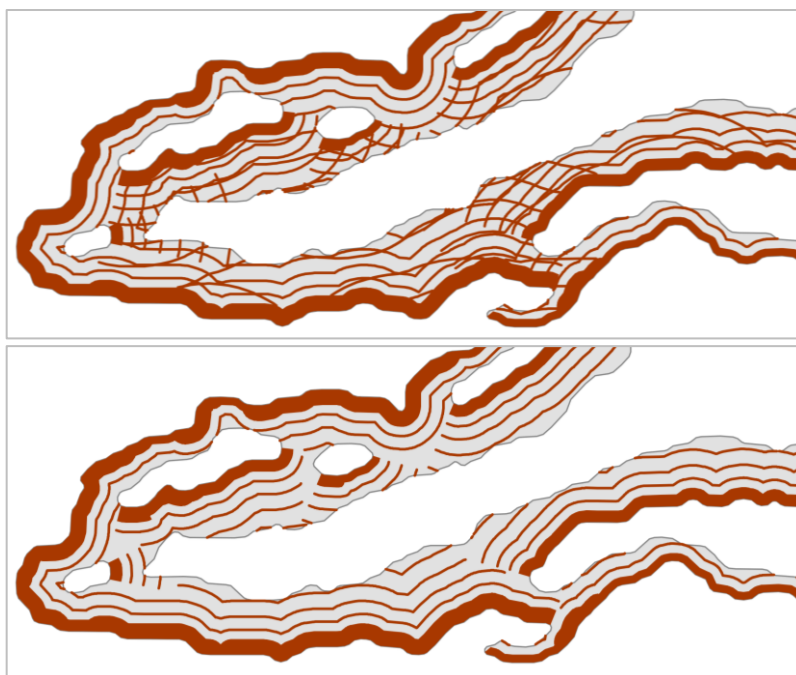


obr. 56 ilustrace rozhodovacích pravidel

Výše popsaný krok 2 je realizován opět pomocí přímého přístupu ke geometrii prvků. Pro jednotlivé body (průsečíky) je zjištěna jejich vzdálenost od počátku linie (funkce *measureOnLine*). V případě požadavku zachování konkrétního segmentu je prostřednictvím funkce *segmentAlongLine* a dodáním vzdáleností počátečního a koncového bodu segmentu, zjištěných v předchozím kroku, vytvořen a uložen příslušný segment. Pokud se jedná

o problematický segment, je před vstupem do funkce *segmentAlongLine* počáteční či koncová hodnota upravena o požadovanou délku. Upravením se rozumí zkrácení linie odečtením či přičtením hodnoty parametru, určujícího minimální odstup tvarových čar, od/k původní hodnoty. Takto upravená hodnota vstupuje do funkce *segmentAlongLine*.

Při řešení konfliktních průsečíků tvarových čar uvedeným postupem vzniknou nové tvarové čáry, nyní již bez vzájemných překryvů. Na závěr je tedy nutné linie tvarových čar, na nichž leží alespoň jeden průsečík, nahradit nově vytvořenou vrstvou segmentů (viz obr. 57).



obr. 57 ukázka stavu „před“ a „po“ vyřešení konfliktních míst

V některých místech zůstávají krátké tvarové čáry, které protínají konturu (viz obr. 58 vlevo). Lze je označit jako „pozůstatky“ tvarových čar, které vznikly při „ořezu“ tvarových čar plochou skalního útvaru a neprotuly se s žádnou jinou tvarovou čarou. Tyto „pozůstatky“ jsou z výsledné kresby rovněž odstraněny (na základě podmínky o průtnutí kontury), viz obr. 58 vpravo.

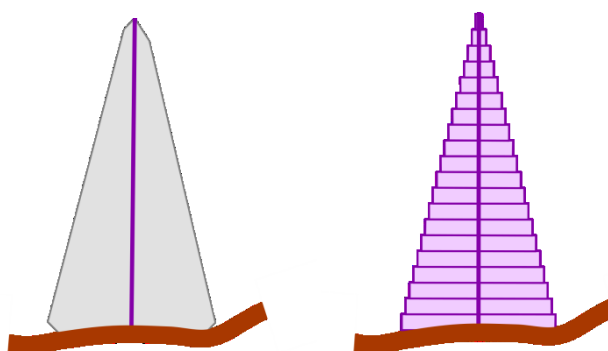


obr. 58 ilustrace „pozůstatků“ tvarových čar  
vlevo - „pozůstatky“ tvarových čar, vpravo - podoba po jejich odstranění

### 4.3 Odmazání a odmaskování kresby tvarových čar

Tvarové čáry mají vyplňovat prostor polygonů *skalních útvarů*, který není vyplněn konturou. TC jsou však generovány takovým postupem, že jsou nakresleny i mimo polygony *skalních útvarů* a je tedy třeba vybrat pouze jejich příslušné části. Pro výběr příslušných částí TC generovaných podél *dolní hrany* bude dostačující zmíněný polygon *skalních útvarů*. Komplikovanější situace ale nastává v případě TC kreslených podél údolnic začínajících na *dolní hraně*, kdy se podél linie nemusejí nutně nacházet stěny (ve skutečnosti samozřejmě ano, ale ne ve vstupních datech). TC je však vhodné v těchto místech zachovat z důvodu „vznívání“ stěny.

Vhodným řešením může být vytvoření doplňkové plochy okolo *údolnic* pro výběr příslušných TC, přičemž budou zachovány TC (nebo jejich části), které leží uvnitř doplňkové plochy okolo *údolnic*. Stěna by pak měla mít tvar zhruba odpovídající jejímu průběhu ve skutečnosti. Vzhledem k charakteristice *údolnic* lze předpokládat, že stěna bude mít největší rozměry v místě dotyku *dolní hrany* a směrem od ní se bude zužovat. V takovém případě si lze stěnu zjednodušeně představit jako rovnoramenný trojúhelník s vrcholem v nejvyšším místě *údolnice* a základnou na kontuře (viz obr. 59 vlevo).

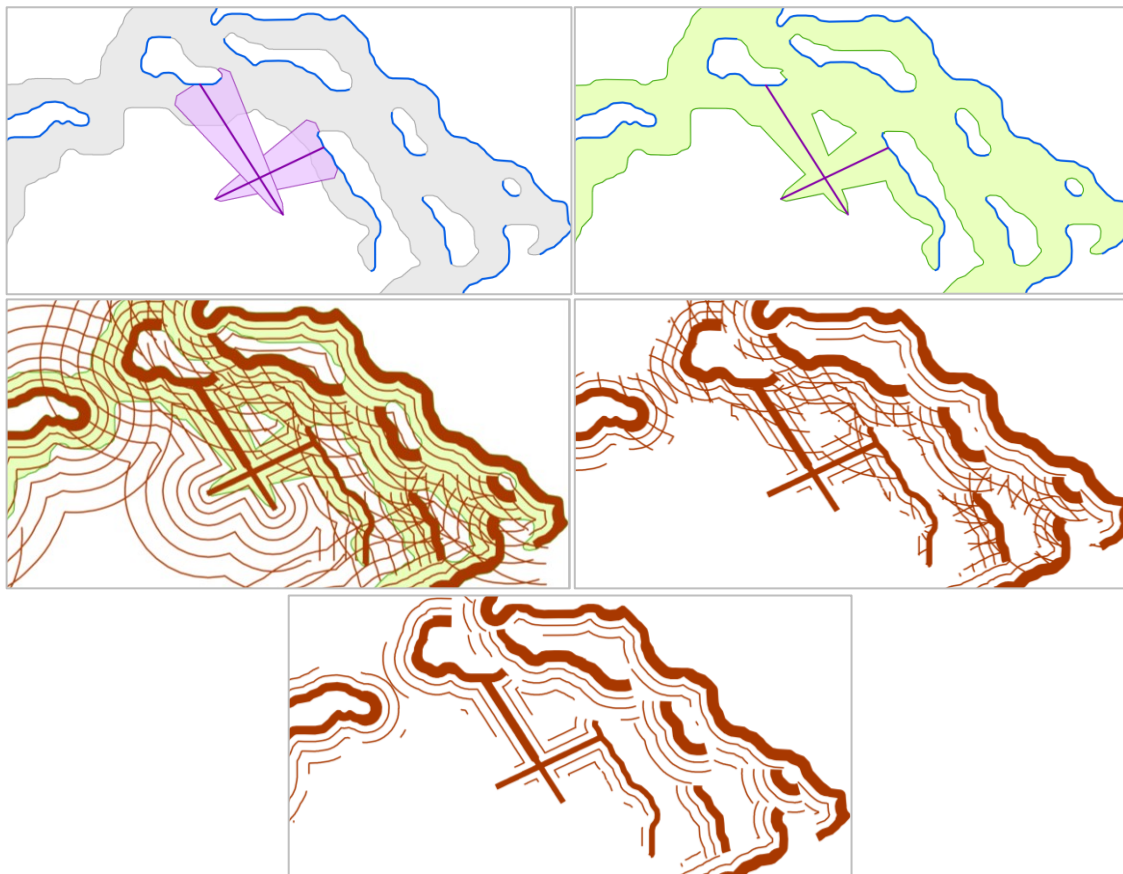


obr. 59 ilustrace tvaru doplňkové plochy okolo údolnic  
vlevo - ilustrace tvaru stěny, vpravo - buffer okolo jednotlivých segmentů údolnice

Vytvoření takovéto stěny lze dosáhnout například následujícím postupem. Jednotlivé linie *údolnic* se rozdělí na segmenty. Stanoví se požadovaná maximální a minimální hodnota šířky stěny. Krajním segmentům se přidělí tyto hodnoty a dle počtu segmentů příslušné *údolnice* se rozpočítají hodnoty šířek pro stěny mezilehlých segmentů. Na základě určené šířky stěny je kolem segmentů vytvořen *buffer* odpovídající velikosti (viz obr. 59 vpravo). Tyto jednotlivé *buffery* se v rámci jedné *údolnice* spojí v jeden polygon, jehož tvar je shlazen obdobným způsobem jako základní kontura (aplikace kladného *bufferu* a následně *bufferu* záporného o stejné velikosti, výsledná podoba viz obr. 59 vlevo). V případě *údolnic*, které se

nedotýkají *dolní hrany* je jako doplňková plocha okolo *údolnice* vytvořen *buffer* se čtvercovým zakončením.

Nyní stačí sloučit polygonové vrstvy *skalních útvarů* a doplňkové plochy okolo *údolnic* (viz obr. 60 vlevo nahoře), čímž je vytvořena maska pro výběr relevantních doplňkových tvarových čar (viz obr. 60 vpravo nahoře). Zachovány budou TC nebo jejich části, které se nachází uvnitř masky (viz obr. 60 prostřední řada).

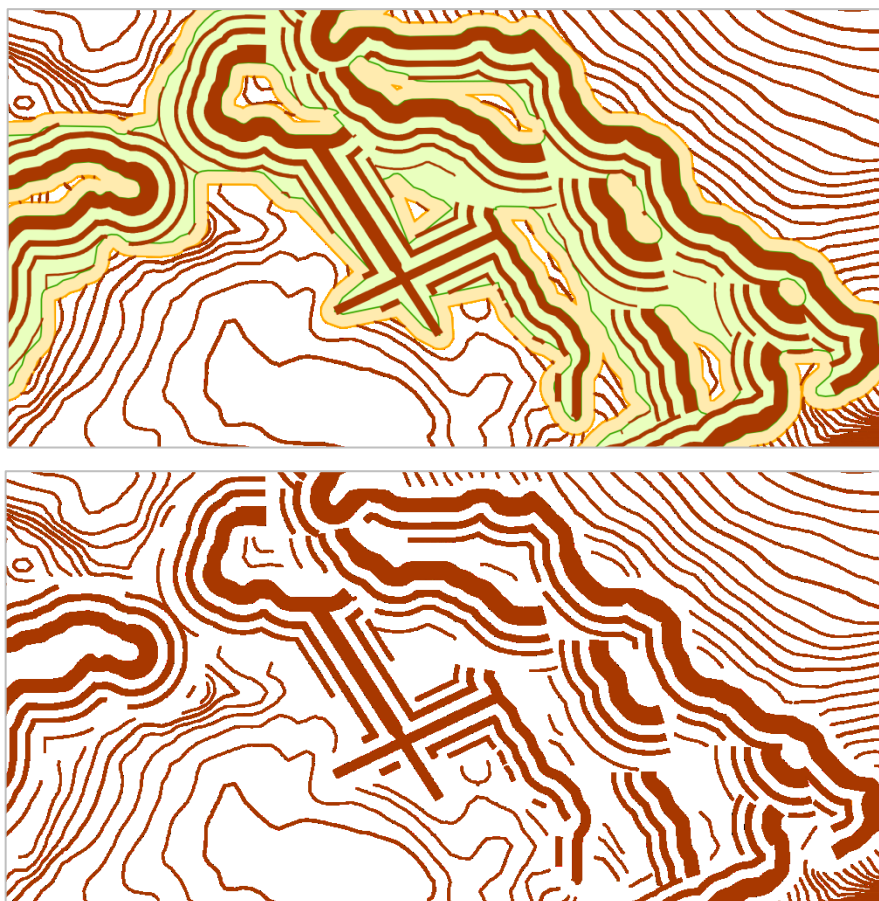


*obr. 60 výběr relevantních částí TC*

*vlevo nahoře - šedě polygony skalních útvarů, fialově doplňkové plochy okolo údolnic  
vpravo nahoře - maska pro odmazání TC vytvořená spojením polygonů z předchozího obrázku  
prostřední řada - ilustrace výběru příslušných TC (ležících v polygonu masky (zeleně)  
dole - ukázka výsledných tvarových čar po vyřešení konfliktních míst*

Vytvořením *bufferu* o požadované velikosti (dáno parametrem algoritmu) kolem výše vytvořené masky pro výběr relevantních TC vznikne maska vhodná pro odmazání okolní mapové kresby, zejména vrstevnic (viz obr. 61).





*obr. 61 ilustrace odmazání okolní mapové kresby  
nahore - maska pro odmazání okolní mapové kresby (oranžově)  
dole - výsledná kresba po odmaskování*

Pro urychlení výpočtu je vhodné nejdříve provést „oříznutí“ tvarových čar dle masky a konfliktní místa tvarových čar řešit až následně. Dřívějším odmazáním TC se zmenší počet průsečíků a tedy i segmentů, u kterých je třeba rozhodovat o zpracování, což přispěje k rychlejšímu výpočtu.

## 5 TESTOVÁNÍ

V předchozích kapitolách byl popsán teoretický základ a následně praktický postup pro automatizovanou tvorbu konturové metody. V této kapitole bude přistoupeno k testování předkládaného algoritmu. Na úvod je algoritmus stručně popsán s důrazem na volitelné parametry. Vliv nastavení jejich hodnot na výslednou podobu algoritmu je podrobněji popsán v samostatných podkapitolách. Dále jsou popsány i alternativní řešení částí algoritmu, jeho nedostatky včetně možných řešení a na závěr jsou uvedeny návrhy na jeho další rozpracování.

### 5.1 Implementace

Algoritmus pro tvorbu konturové reprezentace byl vytvořen v programovacím jazyce *Python 2.7* s využitím knihovny *arcpy*. Proces tvorby reprezentace je rozdělen do sedmi kroků, kterým odpovídá i počet vytvořených skriptů. Toto rozdělení do několika dílčích kroků bylo zvoleno z důvodu možné průběžné kontroly a případné manuální editace postupně vznikajících vrstev. Přehled, popis a schéma skriptů jsou uvedeny v *příloze 1*.

Pro nastavení všech parametrů tvorby reprezentace slouží konfigurační soubor *parameters.py*. V případech, kdy je parametr zadán v milimetrech, je jeho hodnota při vstupu do konkrétního skriptu přepočítána dle měřítka na velikost v metrech (odpovídající vzdálenostem v souřadnicovém systému mapy), neboť funkce knihovny *arcpy* pracují s rozměry prvků v souřadnicovém systému. Jedním z hlavních parametrů je měřítko mapy, jehož hodnota má značný vliv na nastavení ostatních parametrů, zejména se jedná o parametry:

- šířky jednotlivých kontur
- velikost segmentů *dolní hrany* a *údolnice*

V případě kresby tvarových čar:

- vzdálenost tvarových čar
- rozestup tvarových čar

Na výše uvedené parametry jsou zaměřeny následující kapitoly, jejichž cílem je uvést doporučení pro nastavení jednotlivých parametrů a ukázat, jak ovlivňují výslednou podobu reprezentace. Znázornění skal prostřednictvím konturové metody je doporučeno pro měřítka 1 : 10 000 a větší (Ullrich, 1969). V následujících kapitolách jsou uvedena některá doporučení pro mapy menších či větších měřítek, ale toto označení je vztaženo k doporučení měřítek dle Ullricha. Tj. hovoří-li se o mapách menších měřítek, je nejmenším možným měřítkem myšleno

1 : 10 000. Hovoří-li se o mapách větších měřítek, je největším možným měřítkem myšleno 1 : 2 000 (vysvětlení dále v textu).

Algoritmus obsahuje, mimo výše uvedené, i další parametry. Jejich hodnoty jsou však přednastaveny tak, že je lze užít pro libovolná měřítka (v rámci výše uvedených mezí). Z tohoto důvodu jim v následujících kapitolách nebude věnována větší pozornost. (Jednotlivé parametry jsou vždy uvedeny u příslušného skriptu v *příloze 1.*) Jedním z těchto přednastavených parametrů je i maximální šířka skalní stěny (rozuměno maximální vzdálenost mezi *horní* a *dolní hranou* stěny). Tato hodnota slouží k vymezení oblastí, v nichž bude počítáno relativní převýšení jednotlivých segmentů, a dále pak k určení počtu generovaných tvarových čar. Hodnota uvedeného atributu je značně naddimenzována a pro snížení celkového času zpracování je vhodné upravit (snížit) tuto hodnotu dle konkrétního zpracovávaného území.

Výchozí hodnoty pro testování parametrů uvedených v úvodu této kapitoly byly převzaty z předpisů pro konturovou metodu uvedených *Zeichenvorschrift, Instruktion und Redaktionsanweisung für die Bearbeitung der Topographischen Karte 1:10 000* (česky „*Předpisy, instrukce a redakční pokyny pro zpracování topografické mapy 1:10 000*“), viz kapitola 2.2.2. Tj. šířky kontur jsou rozděleny do tří kategorií (hodnoty šířek kontur jsou volitelné), a jsou přidělovány na základě intervalů relativních výšek uvedených v tab. 3. (meze relativních výšek odpovídají odkazované tabulce). Ostatní hodnoty parametrů jsou voleny v závislosti na požadovaném měřítku.

Výchozí hodnoty parametrů ovlivňující podobu tvarových čar byly převzaty z mapy *Schrammsteingebiet* (Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung, 2013), viz kapitola 2.2.2

### 5.1.1 Testovací území

Jako vstupní data pro navržený algoritmus byla použita data z výstupu bakalářské práce *Pískovcová skalní města v GIS* M. Tomkové (2015), jejichž struktura je popsána v kapitole 3.2. Přehled území včetně počtu zpracovávaných prvků je uveden v tab. 4.

oblast	počet objektů	
	dolní hrany	údolnice
Adršpašské skály	74	19
Hruboskalsko	54	12
Kokořínsko	214	154
Maštale	133	16
Prachovské skály	310	44
Pravčická brána	331	19
Suché skály	28	7
Tiské stěny	21	35
celkem	1165	306

tab. 4 přehled testovacích území

Celkem byl algoritmus otestován téměř na 1 500 objektech, a řádově více než na 20 000 cm<sup>2</sup> plochy vytvořené reprezentace. (Plocha je počítána jako konvexní obal uvedených objektů a s ohledem na rozdílná měřítka použitá při testování je rozloha uvedena v ploše vytvořené reprezentace a nikoliv v reálné rozloze). Rychlost zpracování se odvíjí od zvoleného měřítka (se zvětšujícím se měřítkem roste i časová náročnost), a případném rozestupu tvarových čar (s klesajícím rozestupem roste časová náročnost).

Průměrná rychlost zpracování se samozřejmě odvíjí od výkonnosti použité výpočetní techniky, a následující hodnoty jsou tedy pouze orientační. Rychlost zpracování během testování pro měřítko 1 : 2 000 byla zhruba 25 prvků za 60 minut (včetně tvorby tvarových čar). Průměrná rychlost zpracování pro měřítko 1 : 10 000 byla zhruba 960 prvků za 60 minut (bez tvorby tvarových čar). V závislosti na zvolených parametrech jsou časově nejnáročnějšími částmi generování tvarových čar a tvorba kontury.

### 5.1.2 Volba šířky kontur

Dle parametrů definovaných v dokumentu zmíněném v úvodu kapitoly a uvedených v tab. 3 byla metoda testována na území Kokořínska, výstup viz obr. 62 a příloha 2.



obr. 62 ukázka konturové metody dle parametrů v ACD  
vlevo - reprezentace vytvořena v měřítku 1 : 10 000,  
vpravo - reprezentace vytvořena v měřítku 1 : 25 000  
ZIV 5 m

O reprezentaci vytvořené v měřítku 1 : 10 000 (viz obr. 62 vlevo) lze říci, že jednotlivé šířky kontur jsou bez větších problémů rozeznatelné a reprezentace je schopna zachytit změny relativních výšek skalních objektů. V případě reprezentace vytvořené v měřítku 1 : 25 000 lze stále rozlišit šířky kontur, ale vzhledem k měřítku rozčlenění terénu již moc patrné není.

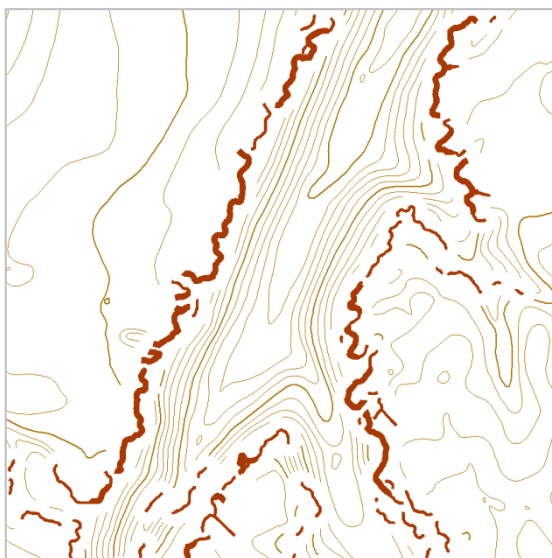
V dalším kroku bylo přistoupeno k tvorbě reprezentace pro dvojnásobně větší měřítko, tedy 1 : 5 000. Vzhledem ke skutečnosti, že tato mapa zobrazuje terén ve dvakrát větším měřítku, než předchozí mapa (1 : 10 000), jsou i šířky jednotlivých kontur vynásobeny dvěma (viz tab. 5), podoba výstupu viz obr. 63.

relativní výška stěny [m]	šířka kontury [mm]			
	1 : 10 000	1 : 5 000	1 : 4 000*	1 : 4 000**
< 10	0,2	0,4	0,5	0,35
≥ 10 a < 25	0,4	0,8	1	0,7
≥ 25	0,6	1,2	1,5	1,1

tab. 5 šířky kontur v závislosti na měřítku

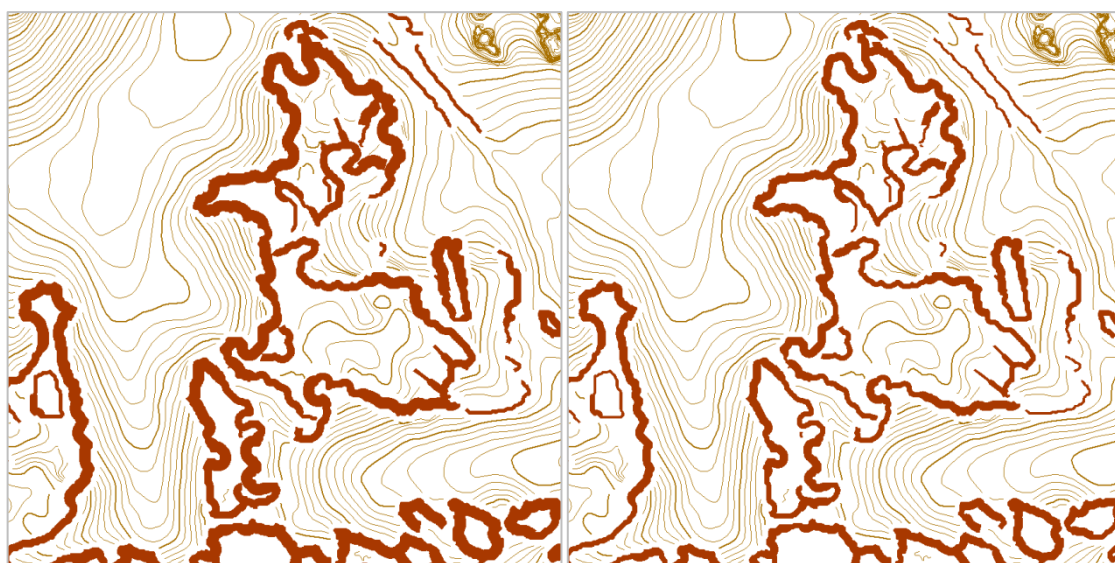
\*hodnoty vypočtené na základě nepřímé úměrnosti z hodnot definovaných pro měřítko 1 : 10 000

\*\* experimentálně určené hodnoty (hodnoty\* vynásobené  $\sqrt{2}$ )



obr. 63 ilustrace šířky kontur pro reprezentaci v měřítku 1 : 5 000

Tato podoba reprezentace byla z hlediska šířek jednotlivých kontur považována za akceptovatelnou a proto bylo za užití stejného principu výpočtu (nepřímé úměry) přikročeno i k určení hodnot šířek pro reprezentaci v měřítku 1 : 4 000, viz tab. 5. Kontury dle takto vypočtených hodnot mohou působit, vzhledem k měřítku, jako plošné a nikoliv liniové objekty (viz obr. 64 vlevo). Mimo jiné lze tuto variantu výstupu považovat za „přesycenou barvou“, jak toto vyjádření užil pro hodnocení konturové metody Čapek (1973). Z těchto důvodů byly experimentálně určeny kontury s menší šířkou (viz obr. 64 vpravo), které jsou autorkou práce považovány za akceptovatelnější.



obr. 64 odlišné šířky kontur pro měřítko 1 : 4 000  
vlevo - tloušťky kontury dle tab. 5 \*, vpravo - tloušťky kontury dle tab. 5\*\*  
oblast Hruboskalska, ZIV 2 m

Při tvorbě reprezentace pro měřítko 1 : 4 000 a větší se osvědčilo užívání stejných šířek kontur, které byly vypočítány pro měřítko 1 : 5 000. Šířky kontur jsou sice stále stejné, ale vzhledem k poměru, jakou plochu by v měřítku mapy vyplňovaly ve skutečnosti, jsou „pomyslně“ kresleny tenčí čarou. Tj. stejná šířka kontury v kontextu měřítka a detailnosti okolní mapové kresby působí jako jinak široká. Z toho testování vyplývají i doporučené šířky kontur dle měřítka, které jsou uvedeny v tab. 6.

relativní výška stěny [m]	šířka kontury [mm]	
	1 : 10 000 - 1 : 5 000	1 : 5 000 - 1 : 2 000
< 10	0,2	0,3 - 0,4
≥ 10 a < 25	0,4	0,6 - 0,8
≥ 25	0,6	1 - 1,2

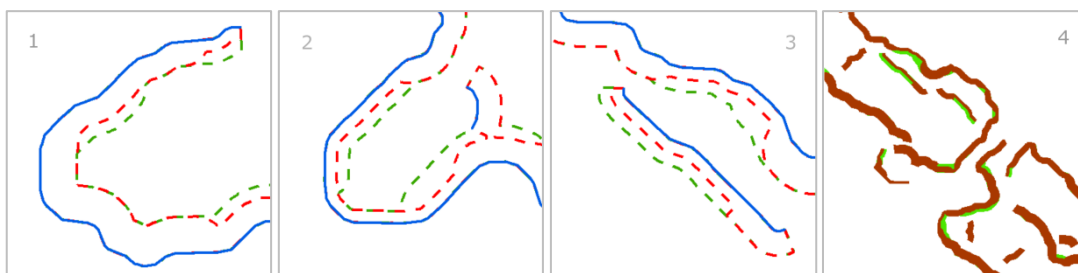
tab. 6 doporučené šířky kontur dle měřítka

Reprezentace skal konturovou metodou pro měřítko větší než 1 : 2 000 je dle autorky práce nevhodné, neboť skalní objekty už nabývají spíše plošného (a nikoliv liniového) charakteru (viz obr. 68 vpravo).

Na závěr je vhodné zmínit, že čím tenčeji jsou kontury kresleny, tím více místa/plochy zůstane pro možnou tvorbu tvarových čar. Zároveň je ale důležité zachovat rozpoznatelnost jednotlivých šířek kontur, přičemž i nejtenčí kontura bude širší než tvarová čára, aby bylo možné rozlišit, zda se jedná o skutečný objekt nebo kartografickou reprezentaci.

### 5.1.3 Volba velikosti segmentace

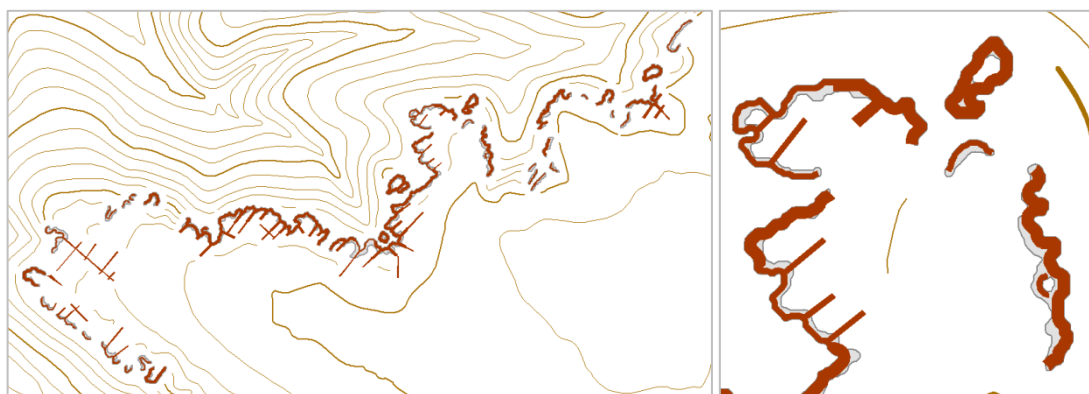
Jedním z parametrů, které mají významnější vliv na podobu výsledné reprezentace, a v tomto případě i vystižení skalních objektů z pohledu jejich relativní výšky, je velikost segmentů (pro něž je relativní výška určována). Velikost segmentů je určována v milimetrech ve výsledném měřítku mapy. Vliv velikosti segmentů se silněji projevuje se zvětšujícím se měřítkem, neboť i mapová kresba obecně zachycuje objekty s rostoucí podrobností. Jemnější segmentace lépe zachytí lokální změnu relativní výšky (viz obr. 65 situace 2 a 3) a v případě okolí krajů skalních stěn tedy přispívá k „vznívání“ (viz obr. 65 situace 1). Pro menší měřítko může být považováno za vhodnější volit segmentaci hrubší, čímž vznikne „hladší“ kontura přispívající k přehlednosti mapy (viz obr. 65 situace 4). Závěrem lze tedy doporučit užívání velikosti segmentu 3-4 mm, neboť tyto hodnoty jsou jakýmsi „kompromisem“, který do jisté míry zachytí lokální změny převýšení a výsledná kontura bude relativně „hladká“.



obr. 65 ukázka vlivu rozdílné velikosti segmentů  
 červeně - obrys kontury, která vznikla na základě segmentace ve velikosti 2 mm,  
 zeleně - obrys kontury/kontura, která vznikla na základě segmentace ve velikosti 5 mm,  
 hnědě - kontura, která vznikla na základě segmentace ve velikosti 2 mm,  
 situace 1-3 zvětšeny, situace 4 přibližně odpovídá měřítku 1 : 2 000

#### 5.1.4 Volba vzdálenosti a rozestupu tvarových čar

Dalším, již volitelným, krokem následujícím po tvorbě kontury může být vytvoření tvarových čar. Jak je ale patrné z ukázky reprezentace vytvořené v měřítku 1 : 10 000 (viz obr. 66), kontura zabírá značnou část plochy vymezující skalní útvar a pro kresbu tvarových čar tak nezůstává příliš prostoru. Z tohoto důvodu je na základě testování doporučeno užití tvarových čar pro měřítko 1 : 5 000 a větší.



obr. 66 ukázka šířky kontury vs. plocha stěny (šedě)  
 vpravo - 4x přiblíženo  
 oblast Kokořínska

Přistoupí-li se k tvorbě tvarových čar, je nutné nastavit dva parametry ovlivňující jejich podobu: vzdálenost a koeficient rozestupu. Vzdáleností rozumíme vzdálenost mezi tvarovými čarami a koeficientem potom hodnotu, která určuje zda budou tvarové čáry tvořeny v konstantních vzdálenostech nebo zda se bude jejich vzájemná vzdálenost směrem od kontury zvětšovat. Při volbě obou parametrů je nutné uvažovat i s šířkou linie, kterou bude následně tvarová čára zobrazena.

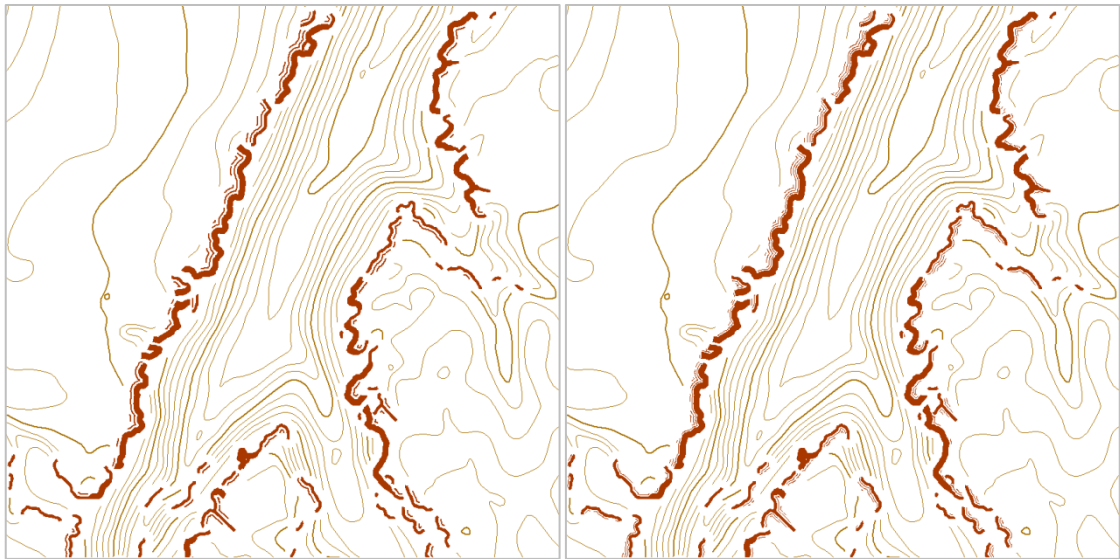
Ullrich (1969) při popisu metody uvádí, že tvarové čáry mají být kresleny tenčí čarou než vrstevnice. Dle *Značkového klíče Základních topografických map ČR* (ČÚZK, 2018) mají být



základní vrstevnice v mapách v měřítku 1 : 5 000 a 1 : 10 000 kresleny linií o šířce 0,13 bodu (zdůrazněné potom šířkou 0,3 bodu). Za nejnižší „tisknutelnou“ šířku linie je však považováno 0,12 bodu. Z tohoto porovnání plyne, že v případě digitální kartografie nelze Ullrichovo doporučení pro tloušťku tvarových čar dodržet. Z technického hlediska to sice možné je - rozdíl tloušťky linií tvoří 0,01 bodu, to ale lidské oko není schopné rozpoznat.

### **Vzdálenost tvarových čar**

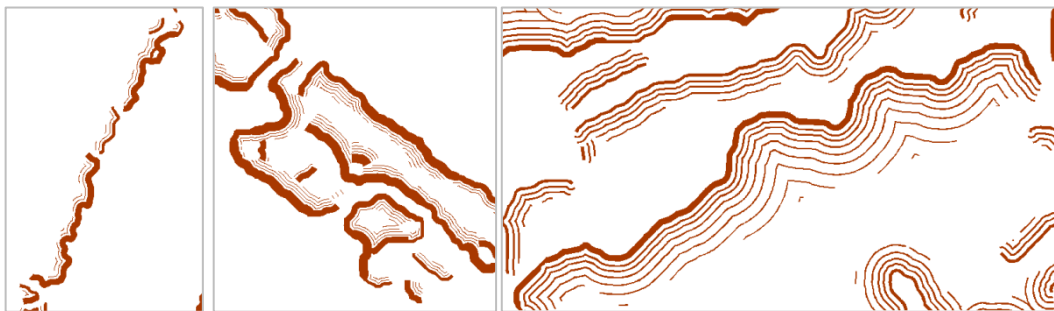
Vzdálenost tvarových čar je definována v milimetrech ve výsledném měřítku mapy. Pro demonstraci vlivu vzdálenosti tvarových čar byla reprezentace pro jednu oblast vytvořena s odlišnými hodnotami. Na obr. 67 vlevo je zvolen větší interval tvarových čar (0,5 mm), který umožňuje zobrazení tvarových čar silnější čarou. Na obr. 67 vpravo je zvolen interval mezi tvarovými čarami značně menší (0,2 mm) V tomto případě je posouzení „lepšího“ výsledku značně diskutabilní. Varianta s větší vzdáleností tvarových čar může být považována za přehlednější, ale při porovnání obou výstupů s analogovou mapou *Schrammsteingebiet* (viz obr. 6 nahoře), na níž byla konturová metoda použita, lze za podobnější shledat výstup s menší vzdáleností tvarových čar (viz obr. 67 vpravo).



*obr. 67 ilustrace k volbě základního intervalu tvarových čar  
vlevo - vzdálenost TC 0,5 mm (tloušťka linie 0,5 bodu),  
vpravo - vzdálenost TC 0,2 mm (tloušťka linie 0,12 bodu)  
oblast Maštálí, vytvořeno pro měřítko 1 : 5 000*

### **Rozestup tvarových čar**

Druhým parametrem ovlivňujícím podobu tvarových čar je koeficient jejich rozestupu. Princip proměnlivého rozestupu tvarových čar spočívá v násobení vzdáleností, v kterých budou tvarové čáry tvořeny. Tj. v případě zvolení hodnoty 1 mají tvarové čáry konstantní rozestup, při zvolení hodnoty větší než 1 budou tvarové čáry kresleny s rostoucím rozestupem směrem od kontury. Pro mapy menších měřítek je vhodné volit konstantní rozestup, neboť zvětšování rozestupů tvarových čar na malé vzdálenosti (ve smyslu malé zbývající plochy pro jejich kresbu) není příliš patrné a pouze zapříčiní menší počet vygenerovaných čar (viz obr. 68 vlevo). V případě map větších měřítek je možné tvarové čáry kreslit s rostoucím rozestupem a zároveň mohou být čáry s rostoucí vzdáleností od kontury znázorňovány slabší čarou (viz obr. 68 vpravo). V případě užití tohoto postupu pro mapy menších měřítek dochází ke zvyšování zaplněnosti mapové kresby a tím i snížení její přehlednosti - v některých případech může docházet i ke slévání jednotlivých tvarových čar.



*obr. 68 zvětšování rozestupů tvarových čar v různých měřítkách  
vlevo - reprezentace v měřítku 1 : 5 000 - rozestup TC 0,5 mm, koeficient rozestupu 1,2 (oblast Maštálí);  
uprostřed - reprezentace v měřítku 1 : 2 000 - rozestup TC 0,3 mm, koeficient rozestupu 1,1  
(oblast Suchých skal),  
vpravo - reprezentace v měřítku 1 : 1 000 - rozestup TC 0,5 mm, koeficient rozestupu 1,2  
(oblast Pravčické brány)*

Tvorba tvarových čar je, na základě zbývajícího prostoru pro jejich kresbu (viz obr. 66), doporučena pro měřítka 1 : 5 000 a menší. Na základě porovnání jednotlivých výstupů s mapou *Schrammsteingebiet* a dle doporučení Ullricha(1969) lze doporučit generování tvarových čar ve vzdálenosti 0,2-0,4 mm a zobrazení prostřednictvím linií o tloušťce 0,12 bodu (pro snazší rozlišení tvarových čar od vrstevnic je možné použít odlišných barev).

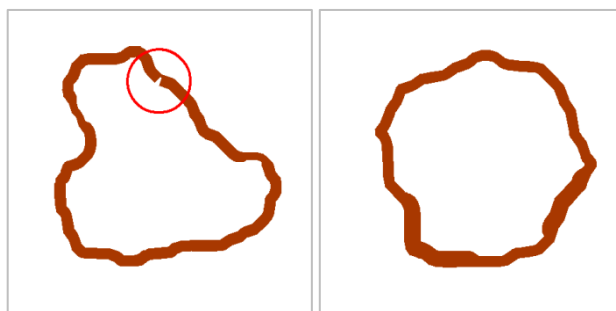
## 5.2 Problémy algoritmu

Výše bylo na příkladech uvedeno, jaký vliv má na výslednou podobu reprezentace nastavení jednotlivých vybraných parametrů. Nyní budou uvedeny příklady situací, které algoritmus neřeší zcela uspokojivým způsobem.

### **Problémy při tvorbě kontury**

Z důvodu geometrické komplikovanosti některých linií *dolní hrany* může docházet k problémovým situacím při tvorbě kontury. Ukázky těchto situací jsou znázorněny na obr. 69 vlevo a obr. 71 vlevo. Na první pohled se linie nezdají nijak tvarově komplikované, ale během jejich zpracování algoritmem se chovají odlišně od ostatních prvků. Vzhledem k tomu, že tyto tvary nevykazují žádnou viditelnou charakteristiku, která by mohla být nějakým způsobem definovatelná, je velmi těžké, spíše až nemožné, takové prvky detekovat.

V případě ukázky na obr. 69 vlevo se jedná o skalní věž, pro kterou je typické, že její *dolní hrana* je uzavřená, tj. začíná a končí ve stejném bodě. Z důvodů uvedených v kapitole 4.1.4 je při tvorbě kontury kolem krajních segmentů *dolní hrany* tvořen *buffer* se čtvercovým zakončením. U skalních objektů „liniového charakteru“ (počáteční a koncový bod linie *dolní hrany* není totožný), kterých byla v testovaných územích naprostá většina (s výjimkou Adršpašských skal), vykazuje tento typ zakončení požadovaný vizuální výsledek. Při zpracování skalních věží ale v některých případech dochází ke vzniku „klínu“ (viz obr. 69 vlevo), v jiných případech proběhne zpracování bez problému (viz obr. 69 vpravo). Možným řešením by mohlo být stanovení podmínky, že v případě, kdy se první a poslední segment jedné linie dotýkají, bude vytvořen *buffer* s kulatým zakončením i pro krajní segmenty.

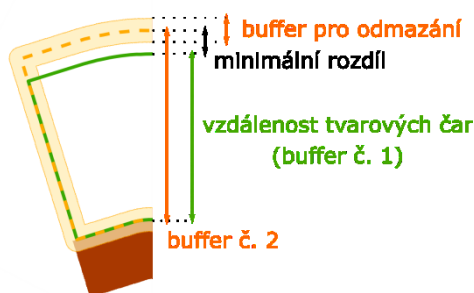


obr. 69 ukázka skalních věží

Tvarová komplikovanost *dolní hrany* může způsobovat problémy i při generování tvarových čar. Jak bylo uvedeno v kapitole 4.2.2, tvarové čáry vznikají odmazáváním obrysových linií jednotlivých *bufferů*. U některých linií může docházet k tomu, že vytvářené

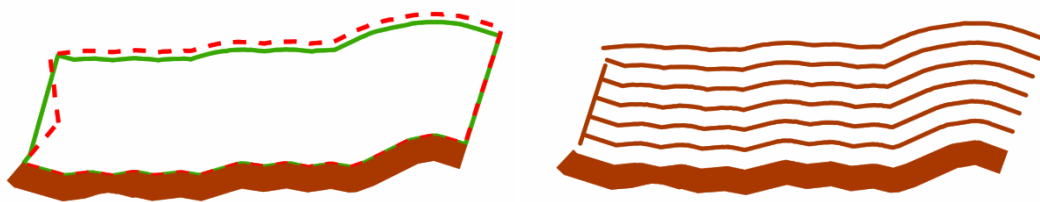
*buffery* nemají stále stejnou geometrii „bočních stěn“. Vlivem rostoucí velikosti *bufferu* (vzdálenosti od kontury) se v jistém bodě změní průběh „boční stěny“ *bufferu* a po následném odmazání zůstane i nežádoucí část „boční stěny“ (viz obr. 71 vpravo). Tato problematika souvisí se vzorkováním dolní hrany, kdy jsou problematické zejména úseky s krátkými konci, které svírají úhel menší než 180°.

K odmazání obrysu *bufferu*, ze kterého následně vzniká tvarová čára, se používá obrysová linie *bufferu*, který je o minimální možnou hodnotu větší. Vhodným řešením se tedy může zdát odmazání obrysu i *bufferem*, který je o minimální možnou hodnotu menší. Rozdíl velikosti *bufferů*, kdy může dojít k vytvoření odlišné geometrie „bočních stěn“ byl empiricky určen na hodnotu 10 cm (v jednotkách souřadnicového systému mapy). Minimální rozdíl velikostí generovaných *bufferů* (*buffer* č. 1 a *buffer* č. 2, terminologie viz kapitola 4.2.2) pro bezproblémovou tvorbu tvarových čar, vychází z velikosti *bufferu* okolo obrysové linie *bufferu* č. 2 (oranžová přerušovaná linie na obr. 70). V případě, kdy bude užitá minimální možná hodnota (za kterou je považováno 10 cm v jednotkách souřadnicového systému mapy) pro vytvoření *bufferu* okolo obrysové linie *bufferu* č. 2, bude minimální rozdíl pro vytvoření *bufferů* (č. 1 a č. 2) 20 cm (v jednotkách souřadnicového systému mapy). Tzn. *buffer* č. 2 bude vytvořen o 20 cm větší (než *buffer* č. 1 - zelená linie na obr. 70), ale kolem jeho obrysu bude po obou stranách vytvořen *buffer* o velikosti 10 cm. Mezi okrajem *bufferu* pro odmazání a *bufferem* č. 1 tedy zůstane mezera 10 cm. (Tato mezera je ponechána jako „pojistka“ pro nestandardní situace.)



obr. 70 ilustrace k minimálnímu rozdílu mezi generovanými *buffery* oranžově - „malý *buffer*“ (viz kapitola 4.2.2)

Odchycení těchto situací tedy nebylo uspokojivým způsobem vyřešeno, neboť je nutné generovat *buffery* s většími rozestupy, v kterých není možné změnu tvaru „bočních stěn“ odchytil. Možným řešením by mohlo být vytvoření vlastní funkce, která by vytvořila rovnoběžku s danou polylinií v dané vzdálenosti.



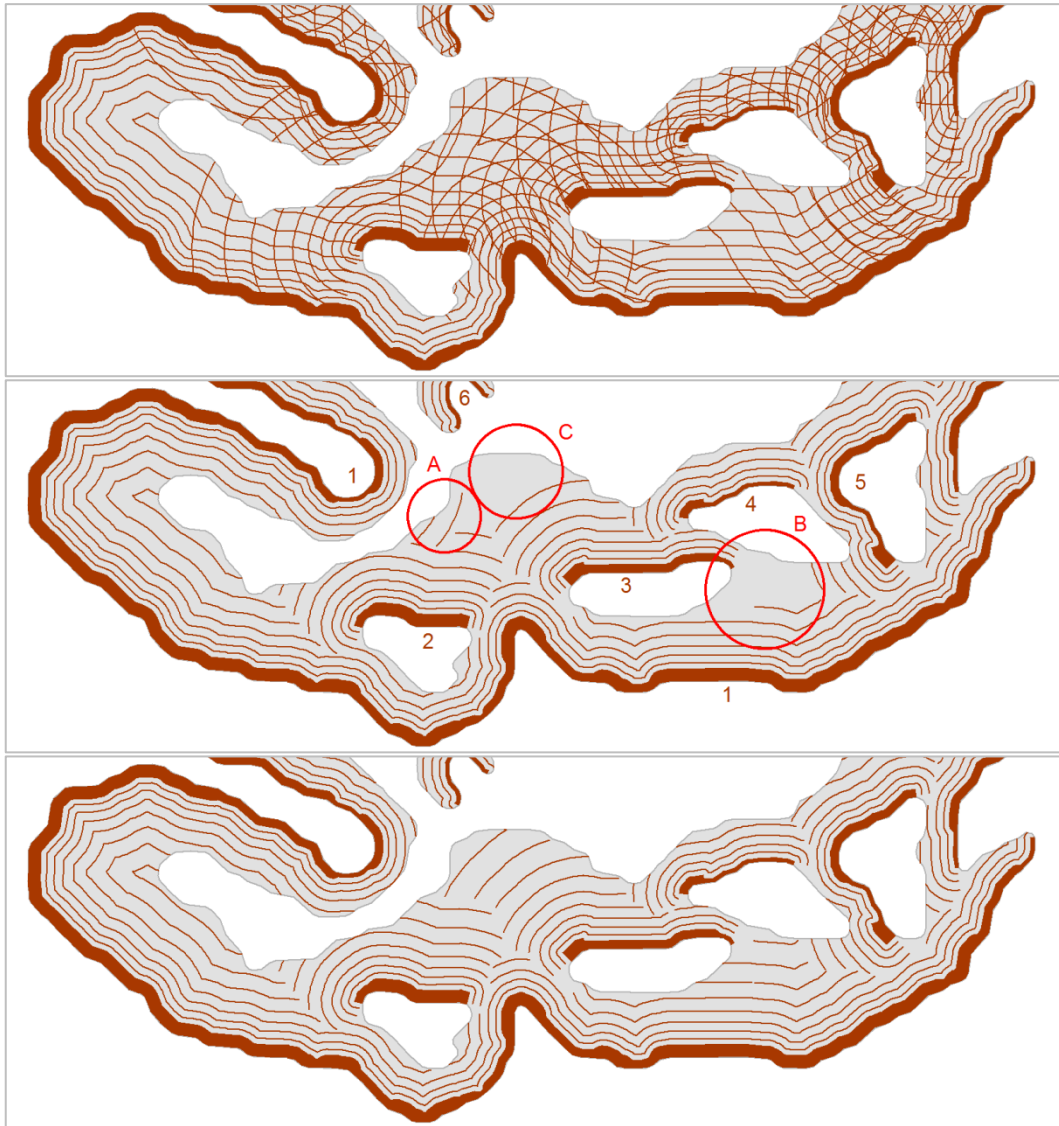
obr. 71 problémovost tvorby tvarových čar  
zeleně - obrys bufferu, jehož odmazáním vznikne tvarová čára, červeně - obrys bufferu pro odmazání

### **Problémy při řešení konfliktních míst tvarových čar**

V místech členitého skalního reliéfu může být výsledkem generování tvarových čar jejich nepřehledné křížení (viz obr. 72 nahoře). Pro zachování relevantních tvarových čar či jejich částí byl navržen postup viz kapitola 4.2.3. Tento postup vyřeší značnou část problematických míst s tvarovými čarami (viz obr. 72 uprostřed), ale v členitém terénu (skalní objekty se nachází v těsné blízkosti nebo různých výškových patrech, tj. terasách) lze mít k výsledné podobě jisté připomínky:

1. V situaci A na obr. 72 uprostřed jsou kresleny tvarové čáry odvozené od kontury 1. V daném místě by ale měly být kresleny tvarové čáry odvozené od kontury 2, případně kontury 3. Na základě definovaných pravidel je ale o zachování tvarové čáry rozhodováno na základě nejmenší vzdálenosti ke kontuře, což je v tomto případě skutečně kontura 1. Komplikací pro řešení tohoto problému je, že všechny zobrazené kontury jsou vytvořeny od *dolních hran*, které náleží jednomu objektu (polygonu) *skalního útvaru*. Nalezení řešení, které by mohlo tyto situace řešit je tedy značně komplikované a je mimo rámec předkládané práce.
2. V situaci B na obr. 72 uprostřed zákres tvarových čar chybí. V daném místě by měly být zakresleny tvarové čáry odvozené od kontury 1, případně kontury 5. V této oblasti je však nejbližší ke kontuře 3. Vzhledem k tomu, že v daném místě nejsou (a ani nemají být) zakresleny tvarové čáry odvozené od kontury 3, je výsledkem „prázdné místo“. Ze stejných důvodů zůstalo prázdné místo i na situaci C.

Požadovaný výstup by mohl mít podobu viz obr. 72 dole. Pro dosažení této podoby je ale nutný ruční zásah, který spočívá v doplnění/odmazání žádoucích/nežádoucích tvarových čar na základě vrstvy viz obr. 72 nahoře, která je výstupní vrstvou jednoho z kroků algoritmu (viz příloha 1).



obr. 72 ilustrace problematiky konfliktních míst tvarových čar  
hnědě - kontury a tvarové čáry, šedě - plocha skalních útvarů

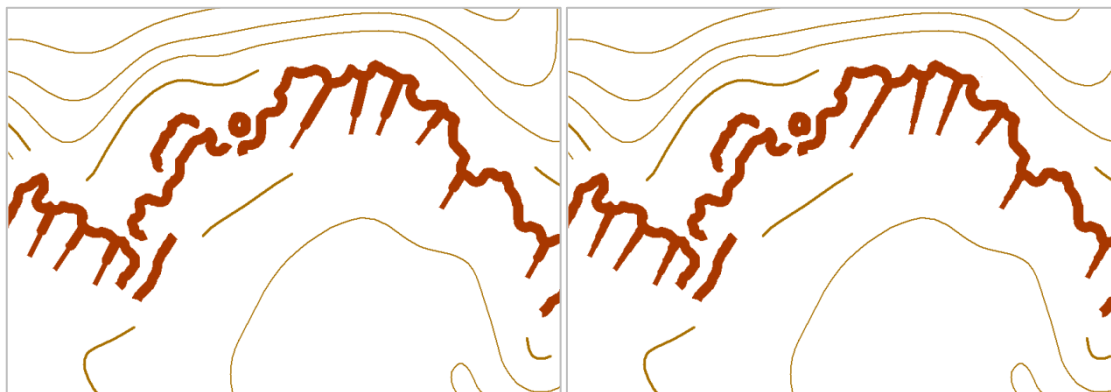
### 5.3 Alternativní řešení částí algoritmu

V této podkapitole jsou uvedena některá možná odlišná řešení určitých částí algoritmu. Tato řešení nebyla do předkládaného algoritmu začleněna, neboť jejich užití je z různých důvodů diskutabilní. Níže jsou jednotlivá řešení popsána a diskutovány jejich výstupy.

#### ***Kontura odvozená od údolnice***

Po přiblížení oblasti s výskytem údolnic (viz obr. 73 vlevo) si lze položit otázku, zda je takováto podoba zobrazení údolnic akceptovatelná. Výšky jednotlivých segmentů údolnic byly vypočítány lineární interpolací (viz kapitola 4.1.3), ale následně jim byla přiřazena šířka kontury dle přepočtové tabulky (viz tab. 3). Tímto krokem tedy došlo ke vzniku vizuálně patrných

přechodů mezi jednotlivými šířkami kontur. Jedním z důvodů pro užití lineární interpolace v případě údolnic však byl požadavek na jejich „vznívání“. Při dodržení klasifikace kontur do určeného počtu tří kategorií ale dochází k vznívání poněkud „neumělému“ (viz obr. 73 vlevo).



obr. 73 možné podoby kontury odvozené od údolnice  
vlevo - šířky kontur dle Ullricha, vpravo - lineární interpolace šířek kontur  
oblast Kokořínska, původně v měřítku 1 : 10 000, přibliženo

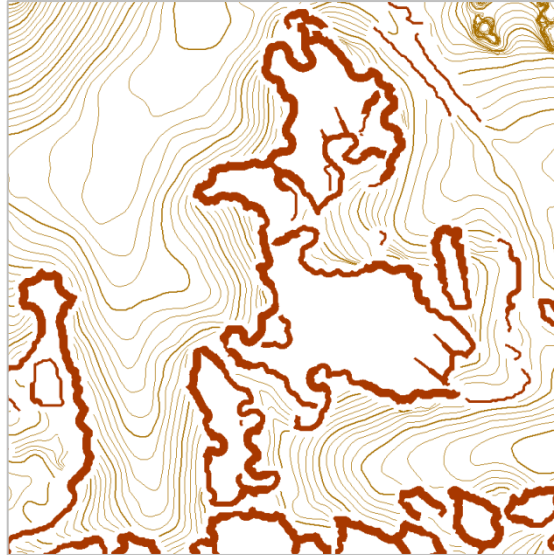
Za vizuálně akceptovatelnější řešení může být považována varianta, kdy se i šířka kontury odvozené od *údolnice* mění lineárně (nikoliv diskrétně jako v případě kontur odvozených od *dolní hrany*), viz obr. 73 vpravo a *příloha 2*. Tohoto výsledku bylo docíleno lineární interpolací mezi šířkou kontury v bodě dotyku *dolní hrany* a šířkou nejtenčí kontury. V bodě dotyku byla relativní výška *údolnice* určena stejným způsobem jako v kapitole 4.1.3, a následně byla danému segmentu určena šířka kontury dle přepočtové tabulky. Poslednímu segmentu byla namísto výšky stěny přiřazena hodnota nejtenčí kontury a pro mezilehlé segmenty byly hodnoty šířky kontur vypočteny lineární interpolací. V případě užití tohoto postupu je vhodné volit velmi jemnou segmentaci údolnic (až 1 mm), díky níž bude změna šířky linie působit plynule. Z takto vytvořených kontur odvozených od *údolnice* nelze přesně určit relativní výšky. Ty ale vzhledem k uvedenému způsobu jejich výpočtu stejně neodpovídají realitě a výsledek se z vizuálního hlediska jeví přijatelněji.

(viz *příloha 1* - skript: *calculation\_linear\_size\_of\_rock\_contour\_valley.py*)

### ***Plocha pro odmaskování okolní kresby***

V kapitole 3.2 byly uvedeny dva typy dat - *lomové hrany* a *rozčleněná skalní plošina*, které v navrženém algoritmu nebyly použity. *Lomové hrany* nebyly použity z důvodu, že se jedná pouze o návrh objektu, ale jejich zpracování by bylo totožné se zpracováním *dolní hrany*. *Rozčleněná skalní plošina* není přesně definovatelný objekt, a je tedy nemožné ho získávat

automatizovanou formou - v práci M. Tomkové byl vytvářen „ručně“ (viz kapitola 3.2). Tento typ objektu by mohl být využit pro odmaskování okolní kresby. Výsledek tohoto kroku je ale značně diskutabilní, neboť tím v mapě vzniká „prázdné místo“ (viz obr. 74).



obr. 74 ukázka odmazání kresby za využití rozčleněné skalní plošiny (porovnejte s obr. 64)

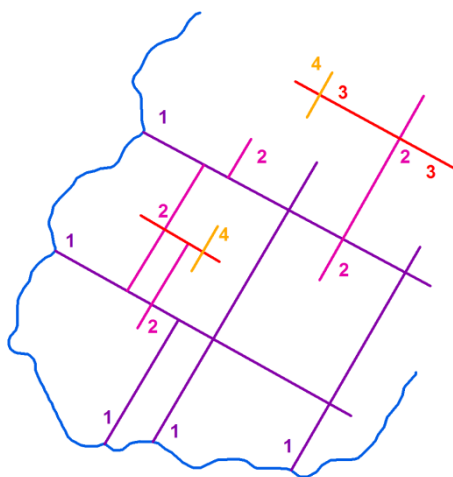
## 5.4 Možná rozšíření algoritmu

### ***Iterační zpracování údolnic***

V současném návrhu algoritmu jsou zpracovány údolnice, které začínají na *dolní hraně*, nebo danou *údolnici* protínají (viz obr. 38). Skalní terén může být ale mnohem členitější a být reprezentován celou „sítí“ *údolnic* (viz obr. 27 vpravo). V takovém případě by bylo vhodné iterační zpracování *údolnic*, následujícím způsobem (viz obr. 75):

1. Zpracování *údolnic*, které začínají na *dolní hraně*.
2. Zpracování *údolnic*, které protínají *údolnice* začínající na *dolní hraně*.
3. Zpracování *údolnic*, které byly zpracované v minulém kroku.
4. Opakování kroku 3, dokud nejsou zpracovány všechny *údolnice*.





obr. 75 ilustrace k iterativnímu zpracování „sítě“ údolnic  
(čísla označují pořadí zpracování jednotlivých údolnic)

Výpočet relativních výšek obecně propojených údolnic (resp. jejich částí), které nemají hierarchickou stromovou strukturu, je netriviální úkol. Jeho předpokladem by mohlo být rozdělení údolnic, v místě kontaktu s jinou údolnicí, na jednotlivé části. Výpočet relativních výšek jednotlivých částí údolnice by mohl vycházet z postupů uvedených v kapitole 4.1.3 a přizpůsobit je dále pro vzniklé komplikovanější situace.

Tento postup není v navrženém algoritmu implementován, neboť v užitých datech se takovéto situace vůbec nevyskytovaly a pro vyřešení všech situací v testovacích datech postačil předkládaný algoritmus.

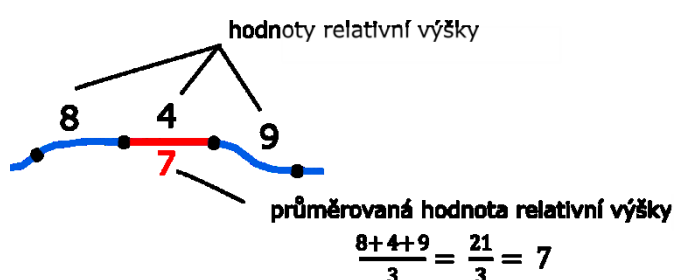
#### ***Snížení počtu generovaných tvarových čar***

Snížení počtu generovaných tvarových čar by mohlo značně přispět k urychlení výpočtu, neboť jejich tvorba patří z celého procesu vytváření konturové reprezentace k časově náročnějším. Vhodným řešením by mohlo být určení počtu generovaných tvarových čar pro každou jednotlivou konturu.

Možné řešení by mohlo spočívat ve „zpětné kontrole“, kdy po vygenerování tvarové čáry bude provedena kontrola, zda daná TC protíná plochu skalního útvaru. V případě, kdy se vytvořená TC (nebo alespoň její část) nachází v ploše daného skalního útvaru, bude se v generování tvarových čar pokračovat. V případě, kdy už byla TC nakreslena mimo plochu daného skalního útvaru, bude generování tvarových čar pro danou konturu ukončeno a přikročeno ke zpracování další kontury.

### Výškové průměrování sousedních kontur

V kapitole 5.1.3 bylo diskutováno, jaký vliv má na podobu výsledné reprezentace velikost segmentace (ve smyslu vzorkování dolní hrany za účelem výpočtu převýšení jednotlivých segmentů). Jedním z problémů jemné segmentace je, že může docházet k oscilaci hodnot relativních výšek mezi sousedními segmenty (viz vysvětlení v kapitole 4.1.3), což následně způsobí i oscilaci šířek kontur. Možným řešením, které by poskytovalo relativně hladkou konturu je průměrování relativní výšky konkrétního segmentu přes relativní výšky okolních segmentů (viz obr. 76). Následně by byla kontura vytvořena na základě těchto hodnot. Otázkou však zůstává míra výstižnosti terénu v případě užití tohoto postupu.



obr. 76 ilustrace k výškovému průměrování sousedních kontur

## 5.5 Testování na datech OpenStreetMap

Požadovaná podoba a struktura dat pro předkládaný algoritmus byla popsána v kapitole 3.2. Takováto data však nejsou dostupná pro širší území, vyjma těch, která byla zpracována v rámci bakalářské práce M. Tomkové (2015). Z tohoto důvodu byla hledána i další data, která by bylo možné pro konturovou metodu použít.

Podobnou strukturu mají volně dostupná data z mapového serveru OpenStreetMap v oblasti Labských pískovců (viz obr. 77 vlevo). Skály zde jsou reprezentovány orientovanou linií představující dolní hrany (OSM objekt *natural = cliff*). V některých případech jsou skály zakresleny i pomocí plošných prvků (OSM objekt *natural = bare\_rock*).

Pro možnost otestování předkládaného algoritmu na těchto datech bylo nutné provést následující předpřípravu dat:

1. změnit orientaci liniových objektů (v softwaru *ArcMap* funkce *Flip Line*)

Orientace objektů *cliff* je totiž opačná, než je uvedeno v kapitole 3.2.

2. vytvoření „pomocné stěny“ pro výpočet relativní výšky

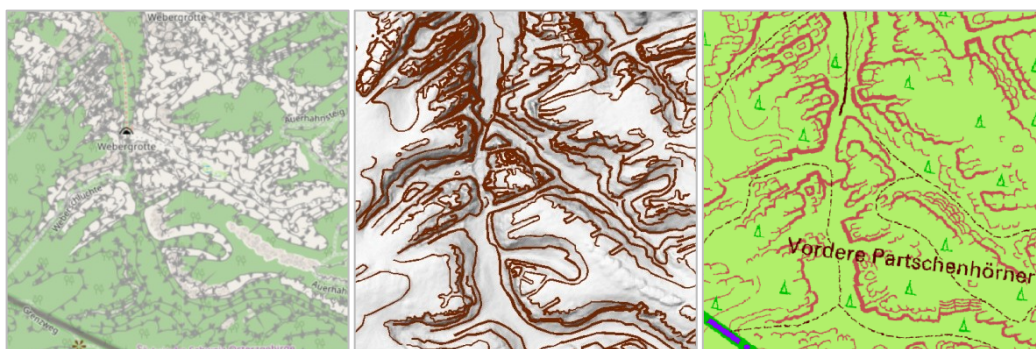
Plošné prvky (*bare\_rock*) nejsou pro vymezení oblasti výpočtu relativní výšky vhodné.

V naprosté většině případů platí vztah mezi objekty *bare\_rock* a *cliff* 1 : N. Lze říci, že tento

plošný prvek vymezuje oblasti se skalními objekty, ale nikoliv přímo jejich stěny. Pro výpočet relativních výšek byl tedy zvolen postup, kdy byly „pomocné stěny“ vytvořeny prostřednictvím jednostranného *bufferu* o konstantní velikosti. Tento postup může ovšem snižovat vypovídající schopnost o proměnlivých relativních výškách. (Za předpokladu velmi úzké geometrické shody dat OSM s DMR by bylo možným řešením určení ploch skalních stěn na základě sklonitosti reliéfu dat z DMR - např. by byly vybrány plochy se sklonem větším než 40°.)

Pro výpočet relativních výšek byl použit DMR z projektu *GeNeSiS*. Výsledná podoba reprezentace (bez tvarových čar) pro měřítko 1 : 10 000 za využití dat OSM je na obr. 77 uprostřed. Pro porovnání je předloženo znázornění stejného území (a ve stejném měřítku) na mapovém serveru OSM (viz obr. 77 vlevo) a mapě DTK 10 (viz obr. 77 vpravo).

Vzhledem k velké podrobnosti dat OSM v oblasti Labských pískovců (data jsou vhodnější pro užití na mapách větších měřítek) lze reprezentaci v měřítku 1 : 10 000 považovat za nepřehlednou. V porovnání s mapou DTK 10 je mezi reprezentacemi však značná podobnost.



*obr. 77 ilustrace k testování dat z OSM (pro měřítko 1 : 10 000)  
oblast Labských pískovců  
vlevo - mapa OSM,  
uprostřed - výstup algoritmu doplněný stínovaným modelem reliéfu,  
vpravo - mapa DTK 10  
Zdroje: © OSM (2019), GeNeSiS (2005), © GeoSN (2019)*

Data OSM lze považovat za možnou alternativu vstupních dat pro předkládaný algoritmus. Data je možné vizualizovat prostřednictvím kontur, ale užití tvarových čar je vzhledem k charakteru plošného prvku reprezentující skály nevhodné. Pro užití na mapách menších měřítek by pro zvýšení přehlednosti měla předcházet generalizace, v případě větších měřítek je podrobnost dat považována za výhodu (viz obr. 78). Vzhledem ke způsobu vymezení plochy pro výpočet relativních výšek ale nemusí jejich hodnoty a následná šířka kontury zcela

odpovídat realitě. Jisté omezení však představuje i dostupnost těchto dat, neboť pouze některé pískovcové oblasti jsou zpracovány v této podobě a podrobnosti (na našem území se jedná pouze o oblast Labských pískovců).



obr. 78 reprezentace dat OSM v měřítku 1 : 3 000  
Zdroje: © OSM (2019), GeNeSis (2005)

## 5.6 Závěr k testování navrženého algoritmu

Navržený algoritmus pro konturovou metodu je vhodný pro užití na mapách v měřítku 1 : 10 000 a větších. V menších měřítcích (1 : 25 000) již metoda ztrácí svoje výhody - jednotlivé šířky kontur jsou sice rozpoznatelné, ale informace o členitosti a průchodnosti terénem se vlivem měřítka vytratila.

Užití tvarových čar lze doporučit pro měřítka 1 : 5 000 a větší, protože v menších měřítcích pro jejich kresbu není dostatečný prostor. Navržený algoritmus umožňuje kresbu tvarových čar, jejichž rozestup se směrem od kontury zvětšuje a jejich šířka zmenšuje. Tato podoba tvarových čar přispívá k vyznívání stěny a z vizuálního hlediska ji lze považovat za zdařilou (viz obr. 68 vpravo). Naopak z praktického hlediska nenachází příliš velké uplatnění, neboť její „náзорnost“ se projeví až u velkých měřítek, kdy už užití konturové metody není vhodné. Na testovaných územích vytvořených v mapách v měřítku větším než 1 : 2 000 skalní objekty už nabývají spíše plošného (a nikoliv liniového) charakteru a užití této reprezentace je autorkou práce považováno za nevhodné (viz obr. 68 vpravo).

Při zpracování objektů *údolnic* vycházejícího z definice metody dle Ullricha mohou *údolnice* působit schematicky. Autorka práce považuje za vhodnější řešení lineární změnu šířek kontur (viz kapitola 5.3).

Parametry uvedené v kapitole 5.1 mohou značně ovlivnit výslednou podobu reprezentace. Při jejich doporučeném nastavení lze však dosáhnout výsledků, které mohou být považovány za uspokojivé ve smyslu vizuální shody s konturovou metodou užitou v mapách vytvořených prostředky analogové kartografie (viz následující kapitola).

## 6 DISKUZE

Pokud je autorce známo, je první, kdo se pokusil konturovou metodu podrobněji analyzovat a implementovat, tj. nejsou k dispozici výsledky jiného algoritmu řešícího tentýž problém. Z tohoto důvodu je možné výsledky předkládaného algoritmu porovnávat pouze s již existujícími mapami, které byly vytvořeny manuální interaktivní prací. Konkrétně se jedná o mapy *Schrammsteingebiet* (Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung, 2013), TK 10 a *DTK 10* (GeoSN, 2019), dále jen referenční mapy.

Porovnávání výsledků ztěžuje i fakt, že konturová metoda byla použita pro znázornění Labských pískovců pouze v Saské části, a dostupná data (ze studie M. Tomkové) se nachází pouze na území České republiky. Vzhledem k této skutečnosti byla snaha nalézt v dostupných datech podobný charakter reliéfu a porovnat ho s obdobným reliéfem na referenčních mapách, protože tvary pískovcového reliéfu jsou pochopitelně nezávislé na tom, na které straně státní hranice se nachází.

Níže následují ukázky porovnání reliéfu mezi výstupem algoritmu a výše uvedenými referenčními mapami. Výstup z algoritmu je vytvořen pro měřítko 1:3 000 a doplněn vrstevnicemi se základním intervalem 2 m. Mapy jsou zobrazeny ve svém originálním měřítku 1:10 000. Tento „nepoměrný“ měřítek byl zvolen s ohledem na to, že zvolená vstupní data algoritmu jsou primárně určena pro měřítko větší než 1:10 000. Jejich zobrazením ve větším měřítku tedy dosáhneme zhruba stejné podrobnosti topografického podkladu (ve smyslu zachycení detailů), jako na ručně vytvářených mapách.

První ukázka (viz obr. 79) zobrazuje „jednoduchou skalní stěnu“. Po porovnání jednotlivých reprezentací lze říci, že v případě znázornění kontury mezi nimi není zásadního rozdílu. V případě výstupu algoritmu a mapy *Schrammsteingebiet* je průběh stěny charakterizován prostřednictvím tvarových čar. V případě mapy *DTK 10* tomu posloužil zákres (v kontextu terminologie této práce) údolnic. Tento fakt může způsobovat rozdílné vnímání reprezentace kontury.



obr. 79 porovnání reprezentace při znázornění „jednoduché skalní stěny“  
 vlevo - výstup algoritmu, uprostřed - mapa Schrammsteingebiet, vpravo - DTK 10  
 Zdroj: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (2013), © GeoSN (2019)

Druhou ukázkou je „členitá skalní stěna“ (viz obr. 80). V případě mapy *Schrammsteingebiet* je členitost stěny zachycena pomocí jednotlivých souběžných pat (v kontextu práce *dolních hran*) objektů, které vstupují do stěny (skalní plochy). V případě vstupních dat algoritmu (získaných detekcí z DMR) je toto rozčlenění zachyceno prostřednictvím objektů *údolnic*. Tj. dvě souběžné linie (odpovídající dolní hraně) v mapě *Schrammsteingebiet* jsou nahrazeny jednou linií objektu *údolnice*. Až na tento fakt může být reprezentace z výstupu algoritmu považována za velmi podobnou reprezentaci z mapy *Schrammsteingebiet*.

V případě mapy *DTK 10* je zobrazení „členité skalní stěny“ (viz obr. 80 vpravo) a „jednoduché skalní stěny“ (viz obr. 79 vpravo) téměř totožný. V tomto případě však i výstup z algoritmu obsahuje *údolnice*, a tak jsou jednotlivé reprezentace srovnatelnější. V případě „odmyšlení sí“ tvarových čar (a případných kratších *údolnic*) by výstup z algoritmu mohl zhruba odpovídat reprezentaci z *DTK 10*.



obr. 80 porovnání reprezentace při znázornění „rozčleněné skalní stěny“  
 vlevo - výstup algoritmu, uprostřed - mapa Schrammsteingebiet, vpravo - DTK 10  
 Zdroj: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (2013), © GeoSN (2019)

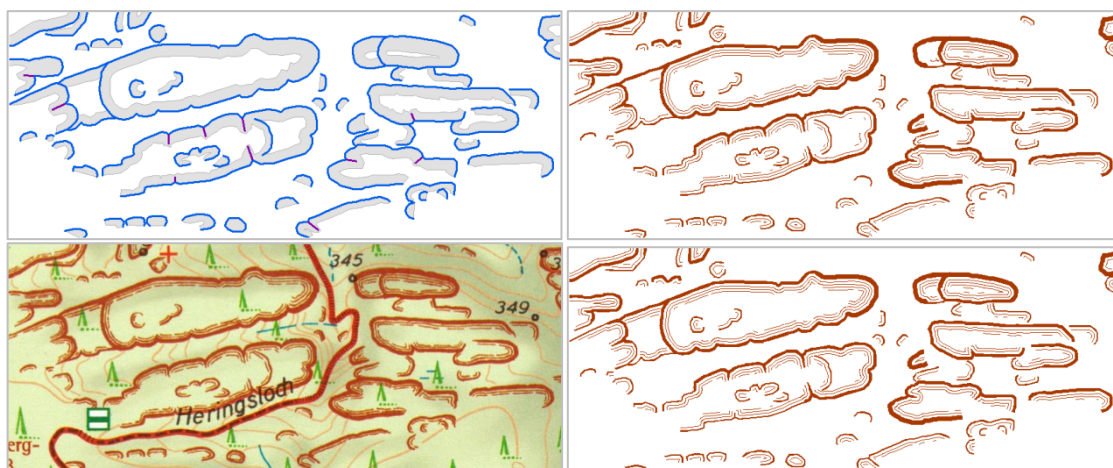
Poslední ukázkou je „členitý skalní reliéf“ (viz obr. 81). Skály se zde vyskytují v těsné blízkosti, a v některých případech dokonce v různých výškových stupních (terasách). Je zde také možné porovnat reprezentaci skalních věží. Na všech uvedených ukázkách je též dobře patrná průchodnost terénu. V případě této ukázky lze jednotlivé reprezentace hodnotit jako nejlépe si odpovídající.



obr. 81 porovnání reprezentace při znázornění „členitého skalního reliéfu“  
 vlevo - výstup algoritmu, uprostřed - mapa Schrammsteingebiet, vpravo - DTK 10  
 Zdroj: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (2013), © GeoSN (2019)

Výsledná podoba konturové reprezentace se značně odvíjí od vstupních dat, zejména jejich podrobnosti (viz obr. 77 a obr. 78). Jak již bylo zmíněno výše, pro oblasti zpracované konturovou metodou nejsou dostupná data odpovídající popisu v kapitole 3.2. Pro účely porovnání výsledků algoritmu s mapou *Schrammsteingebiet* byla její malá část zvektorizována. Pro vytvoření kontur odvozených od údolnic byl použit skript určující jejich šířku lineárně (viz kapitola 5.3).

Po porovnání výstupu algoritmu z takto vytvořených dat s mapou *Schrammsteingebiet* lze pozorovat značnou shodu (viz obr. 82). Ačkoliv automatizovaná tvorba reprezentace obecně nedosahuje kvalit analogové kartografie, je možné tento výsledek hodnotit jako akceptovatelné napodobení analogového zpracování.



obr. 82 ilustrace výstupu algoritmu z dat získaných z mapy Schrammsteingebiet  
 vlevo nahoře - vstupní data (modře - dolní hrany, fialově - údolnice, šedě - skalní stěny),  
 vpravo nahoře - výstup z algoritmu,  
 vlevo dole - mapa Schrammsteingebiet,  
 vpravo dole - výstup z algoritmu po ruční editaci  
 Zdroj: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (2013)



## 7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo prozkoumat možnosti automatizované tvorby konturové metody pro znázornění skal na topografických mapách velkých měřítek. Výchozím místem bylo podrobné studium pravidel z originálních pramenů, z nichž při tvorbě konturové metody vycházela analogová kartografie.

Hlavní částí práce je podrobný popis metodiky pro zpracování konturové metody v digitální kartografii včetně návrhu algoritmu. Diplomová práce svoji tematikou navazuje na bakalářskou práci *Pískovcová skalní města v GIS* M. Tomkové (2015) a dizertační práci *Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování* J. Lysáka (2016). Při návrhu metodiky se vycházelo z nástinu problematiky v práci J. Lysáka (2016), která byla dále podrobněji rozpracována a jako vstupní data předkládané práci sloužila výstupní data z práce M. Tomkové (2015).

Algoritmus na základě vymezení skalního útvaru prostřednictvím jeho hran, plochy a DMR vytvoří konturovou reprezentaci skal pro zadané měřítko. Algoritmus byl otestován na osmi různých pískovcových oblastech našeho území - celkem s 1 500 objekty a řádově více než na 20 000 cm<sup>2</sup> plochy vytvořené reprezentace (viz kapitola 5.1.1). Výstupy algoritmu z těchto oblastí lze v porovnání s referenčními mapami (viz kapitola 6) označit za uspokojivé. U některých velmi složitých tvarů reliéfu si však navržený algoritmus neporadí zcela akceptovatelným způsobem a je tedy vhodná manuální editace. Těchto situací však nenastává příliš mnoho a jejich množství, včetně tomu odpovídajících manuálních úprav, lze považovat za akceptovatelné. Na tyto situace je upozorněno v kapitole 5.2. To vcelku odpovídá zkušenosti, že pokusy o automatizaci znázorňování skal zatím málokdy vedou k plné automatizaci a interaktivní práce uživatele je s ohledem na kvalitu výstupu považována za přípustnou Lysák (2016). Dále byly uvedeny i alternativní možnosti řešení určitých částí algoritmu včetně návrhů na jeho rozpracování, která již byla nad rámec předkládané práce (viz kapitoly 5.3 a 5.4) a o které by bylo možné algoritmus v budoucnu rozšířit.

Pokud je autorce známo, je první, kdo se pokoušel tento problém nějak hlouběji uchopit. Z toho důvodu nebylo možné přímé porovnání s jinými algoritmy pro konturovou metodu a výstup z algoritmu byl posuzován na základě porovnání s existujícími mapami. Ačkoliv automatizovaná tvorba reprezentace obecně nedosahuje kvalit analogové kartografie, je možné výstup algoritmu hodnotit jako akceptovatelné napodobení analogového zpracování (viz kapitola 6).

Výsledná podoba reprezentace silně odráží podrobnost a strukturu (rozlišení objektů *dolních hran a údolnic*) vstupních dat. S rozvojem nových technologií a zpřesňováním dat

digitálních topografických databázích se lze domnívat, že s rostoucí podrobností dat se i výstup algoritmu ještě více přiblíží podobě v analogových mapách.

Výstup algoritmu je možné využít pro znázornění skal pískovcového reliéfu v topografických mapách velkých měřítek. Kromě podrobných map pískovcových skalních měst může být jeho užití považováno za vhodné i pro Základní mapy ČR 1 : 10 000 (viz obr. 83) či chystané Základní topografické mapy v měřítku 1 : 5000 (ZTM 5) a 1 : 10 000 (ZTM 10).



obr. 83 porovnání výstupu algoritmu se Základní mapou 1 : 10 000  
Zdroj: © ČÚZK, 2019

## ZDROJE

ACD 12 (1989): *Zeichenvorschrift, Instruktion und Redaktionsanweisung für die Bearbeitung der Topographischen Karte 1:10 000 ACD 12*. Berlin : Ministerium des Innern, Verwaltung Vermessungs- und Kartenwesen. 5. Ausg.

BRÁZDIL, K. (2016a): *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G)*. Pardubice : Zeměměřický úřad, 2012. [cit. 23. 3. 2019]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA\\_ZPRAVA\\_DMR\\_4G.pdf](https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G.pdf)

BRÁZDIL, K. (2016b): *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G)*. Pardubice : Zeměměřický úřad, 2012. [cit. 23. 3. 2019]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA\\_ZPRAVA\\_DMR\\_5G.pdf](https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf)

BÖHM, R. (2009): *Großer Zschand. 1 : 10 000*, 63 x 42 cm, 3. vydání.

ČAPEK, R. (1973): *Znázorňování skal* [rukopis]. Rigorózní práce. Katedra kartografie a fyzické geografie PŘF UK, Praha, 184 s.

ČAPEK, R. (1985): *Československé topografické mapy*. AUC Geographica, roč. 20, č. 2, s. 33-47.

ČAPEK, R., MIKŠOVSKÝ, M., MUCHA, L. (1992): *Geografická kartografie*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 373 s.

ČÚZK (2018): *Návrh značkového klíče Základních topografických map ČR*. Materiál k semináři modernizace státního mapového díla.

LYSÁK, J. (2008): *Znázorňování skal v digitální kartografii a GIS*. Diplomová práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF UK, Praha, 97 s.

LYSÁK, J., BLÁHA, J. D. (2008): *Znázorňování skal v digitální kartografii*. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF UK, Praha. Geodny.

LYSÁK, J. (2010): *Skalní útvary v kartografii a GIS*. Geografické rozhledy, roč. 56, č. 3, s. 52-58.

LYSÁK, J. (2016): *Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování*. Dizertační práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF UK, Praha, 248 s.

STAATSBETRIEB GEOBASISINFORMATION UND VERMESSUNG (2013): *Schrammsteingebiet*. Schrammsteine, Affensteine, Schmilkaer Gebiet. 1 : 10 000. 4.vydání.

ŠÍMA, J. (2016): *Základní báze geografických dat (ZABAGED®) - dílo jedné generace českých zeměměřičů*. Geografické rozhledy, roč. 62, č. 4, s. 73-84.

TOMKOVÁ, M. (2015): *Pískovcová skalní města v GIS*. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF UK, Praha, 95 s.

TROMMLER, M., CSAPLOVICS, E. (2007): *Geoinformationsnetzwerke für die grenzüberschreitende Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz*. Projektbericht. Dresden: Technische Universität Dresden, s.72.

ULLRICH, K. (1956): *Die Bearbeitung einer touristischen Spezialkarte des Schrammsteingebirges*. Vermessungstechnik, 4, s. 221-228.

ULLRICH, K. (1969): *Die kartographische Darstellung der Felsen des Elbsandsteingebirges*. Vermessungstechnik, 17, 10, s. 388-395

ULLRICH, K. (1975): *Vorschlag zur kartographischen Darstellung der Felsen des Elbsandsteingebirges*. Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der DDR, Band 11, Leipzig, s.113-126.

## ZDROJE DAT

ČÚZK – *DMR 4G*. Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky. Produkt: Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G). Sběr dat: 2009 – 2013.

ČÚZK – *DMR 5G*. Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky. Produkt: Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). Sběr dat: 2009 – 2013.

ČÚZK (2019): Základní mapa ČR 1 : 10 000 [online]. [cit 10. 1. 2019]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ZM10\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx)

GEOSN (2019): *Geoportal Sachsen* [online]. [cit. 10. 1. 2019]. Dostupné z: <http://geoportal.sachsen.de/>

TUD – GeNeSiS. *Geoinformationsnetwerke für die grenzüberschreitende Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz*. Produkt: DTM. Vlastník: Technische Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo, Hydrowissenschaften, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Professur Geofernerkundung. Sběr dat: duben 2005. Spolufinancování: EU INTERREG IIIA.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 - Přehled skriptů a schéma.....	I
Příloha 2 - Ukázky vytvořené reprezentace .....	VI
Příloha 3 - Obsah přiloženého DVD.....	XV

## **Příloha 1 - Přehled skriptů a schéma**

- pořadí, v jakém jsou skripty uvedeny, odpovídá pořadí jejich spuštění
- v případě více výstupů je hlavním výstupem první uvedená vrstva, a ostatní slouží jako pomocné vrstvy pro další skripty

### ***parametres.py***

Konfigurační soubor obsahující všechny vstupní parametry následujících skriptů.

- *autor*: Petra Lněničková
- *parametry*:
  - měřítko mapy
  - název a hodnota atributu určující ve vrstvě hran dolní hranu
  - velikost segmentu dolní hrany
  - maximální šířka polygonu skalní stěny (vzdálenost mezi horní a dolní hranou)
  - minimální vzdálenost polygonů pro výpočet *Zonal Statistics*
  - velikost segmentu údolnice
  - velikost okolí průsečíku údolnice a dolní hrany pro výpočet maximální hodnoty relativní výšky údolnice
  - minimální výška stěny v nejvyšším bodě údolnice
  - šířka kontury 1
  - šířka kontury 2
  - šířka kontury 3 (3 = nejširší kontura)
  - velikost *bufferu* pro shlazení výsledné kontury
  - vzdálenost tvarových čar
  - koeficient rozestupu tvarových čar
  - velikost *bufferu* pro shlazení
  - velikost *bufferu* okolo kontur odvozených od údolnice pro tvorbu základní linie
  - nejmenší šířka tvarové čáry
  - největší šířka tvarové čáry
  - procentuální velikost segmentů údolnice pro tvorbu doplňkové plochy okolo údolnic
  - minimální šířka doplňkové stěny okolo údolnic
  - maximální šířka doplňkové stěny okolo údolnic
  - velikost *bufferu* pro vytvoření polygonové vrstvy pro odmaskování okolní mapové kresby
  - vzdálenost pro odmazání tvarových čar v případě sporných míst

### ***utils.py***

Modul použitý ve skriptu *calculation\_relative\_height\_lower\_edges.py*

- autor: Jakub Lysák

### ***my\_utils.py***

Modul používaný v následujících skriptech

– autor: Petra Lněničková

### ***calculation\_relative\_height\_lower\_edges.py***

Linie dolních hran rozdělí na segmenty a přiřadí jim informaci o relativní výšce skalní stěny nad daným segmentem (atribut *relative\_height*).

– autor: Petra Lněničková

– *vstupy*: liniiová vrstva hran (všech), polygonový vrstva skalních útvarů, DMR

– *výstupy*: liniiová vrstva segmentů dolních hran s určenou relativní výškou, liniiová vrstva dolních hran

– *parametry*: měřítko mapy, název a hodnota atributu určující ve vrstvě hran dolní hranu, velikost segmentu dolní hrany, maximální šířka polygonu skalní stěny (vzdálenost mezi horní a dolní hranou), minimální vzdálenost polygonů pro výpočet Zonal Statistics

### ***calculation\_relative\_height\_valley.py***

Linie údolnice rozdělí na segmenty a prostřednictvím lineární interpolace vypočte relativní převýšení (atribut *relative\_height*). Maximální relativní převýšení je vypočítáno z okolí průsečíku údolnice s dolní hranou a minimální relativní převýšení je dáno parametrem.

– autor: Petra Lněničková

– *vstupy*: liniiová vrstva údolnic, liniiová vrstva segmentů dolních hran s určenou relativní výškou (výstup předešlého skriptu)

– *výstupy*: liniiová vrstva segmentů údolnic s určenou relativní výškou

– *parametry*: měřítko mapy, velikost segmentu údolnice, velikost okolí průsečíku údolnice a dolní hrany pro výpočet maximální hodnoty relativní výšky údolnice, minimální výška stěny v nejvyšším bodě údolnice

### ***creating\_rock\_contour.py***

Segmentům dolních hran a údolnic na základě hodnoty relativní výšky určí šířku kontury. Na základě této hodnoty jsou segmenty následně převedeny na polygony.

– autor: Petra Lněničková

– *vstupy*: liniiová vrstva dolních hran, liniiová vrstva údolnic, liniiová vrstva segmentů dolních hran s určenou relativní výškou, liniiová vrstva segmentů údolnic s určenou relativní výškou

– *výstupy*: polygonová vrstva kontur (odvozených od dolních hran i údolnic), polygonová vrstva kontur odvozených od údolnic, polygonová vrstva levostranného bufferu odvozená od dolních hran

– *parametry*: měřítko mapy, šířka kontury 1, šířka kontury 2, šířka kontury 3 (3 = nejširší kontura), velikost bufferu pro shlazení výsledné kontury



### ***creating\_form\_lines.py***

Z polygonové vrstvy kontur (odvozených od dolních hrany i údolnic) nejdříve vytvoří liniovou vrstvu základních linií, na jejichž základě jsou následně vygenerovány tvarové čáry.

– *autor*: Petra Lněničková

– *vstupy*: polygonová vrstva kontur (odvozených od dolních hran i údolnic), polygonová vrstva kontur odvozených od údolnic, polygonová vrstva levostranného bufferu odvozená od dolních hran, liniová vrstva dolních hran

– *výstupy*: liniová vrstva všech tvarových čar, liniová vrstva základních čar

– *parametry*: měřítko mapy, vzdálenost tvarových čar, koeficient rozestupu tvarových čar, maximální šířka polygonu skalní stěny (vzdálenost mezi horní a dolní hranou), velikost bufferu pro shlazení, velikost bufferu okolo kontur odvozených od údolnice pro tvorbu základní linie, nejmenší šířka tvarové čáry, největší šířka tvarové čáry, šířka kontury 1, šířka kontury 3

### ***clipping\_form\_lines\_and\_creating\_mask.py***

Liniovou vrstvu všech tvarových čar ořízne podle polygonové vrstvy skalních útvarů a plochy doplňkové stěny okolo údolnic. Vytvoří polygonovou vrstvu pro odmaskování okolní mapové kresby prostřednictvím vytvoření bufferu o parametrizované velikosti okolo polygonové vrstvy skalních útvarů a plochy doplňkových stěn okolo údolnic.

– *autor*: Petra Lněničková

– *vstupy*: polygonová vrstva skalních útvarů, polygonová vrstva kontur (odvozených od dolních hrany i údolnic), liniová vrstva údolnic, liniová vrstva dolních hran, polygonová vrstva levostranného bufferu odvozená od dolních hran

– *výstupy*: polygonová vrstva pro odmaskování okolní mapové kresby, liniová vrstva tvarových čar nacházejících se v ploše skalních útvarů

– *parametry*: měřítko mapy, procentuální velikost segmentů údolnice pro tvorbu doplňkové plochy okolo údolnic, minimální šířka doplňkové stěny okolo údolnic, maximální šířka doplňkové stěny okolo údolnic, šířka kontury 3, velikost bufferu pro vytvoření polygonové vrstvy pro odmaskování okolní mapové kresby

### ***solving\_form\_lines\_conflict.py***

V místech, kde se tvarové čáry protínají, jsou vybrány a zachovány pouze ty tvarové čáry, které jsou vytvořeny od nejbližší kontury.

– *autor*: Petra Lněničková

– *vstupy*: liniová vrstva tvarových čar nacházejících se v ploše skalních útvarů, polygonová vrstva kontur (odvozených od dolních hran i údolnic), liniová vrstva základních linií

– *výstup*: liniová vrstva výsledných tvarových čar

– *parametry*: měřítko mapy, vzdálenost pro odmazání tvarových čar v případě sporných míst

### ***polygonize\_form\_lines.py***

Liniovou vrstvu výsledných tvarových čar převede na základě jejich vypočtené šířky (atribut *fl\_size*) na polygony.

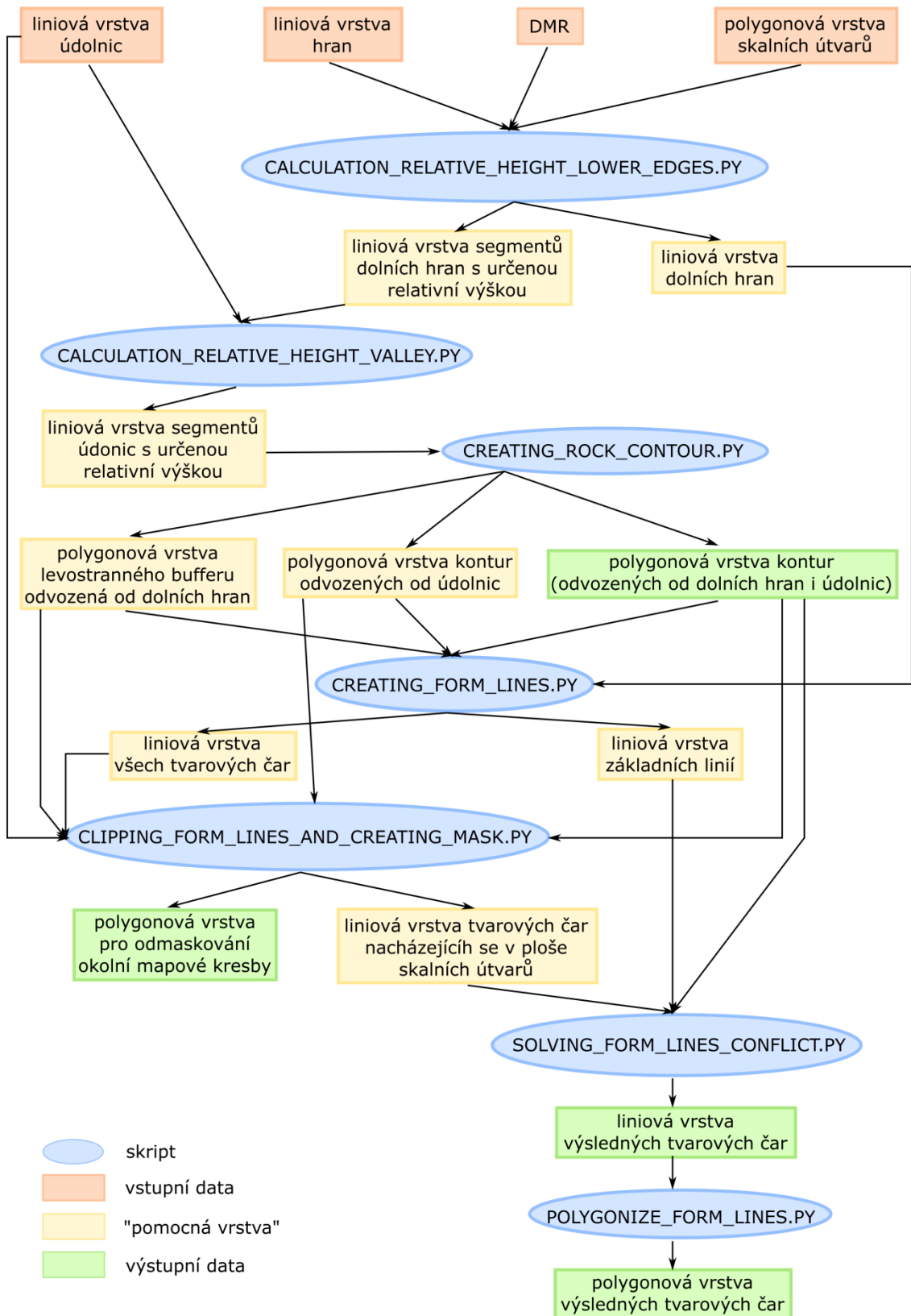
- *autor*: Petra Lněničková
- *vstupy*: liniová vrstva výsledných tvarových čar
- *výstupy*: polygonová vrstva výsledných tvarových čar
- *parametry*: –

–

### ***calculation\_linear\_size\_of\_rock\_contour\_valley.py***

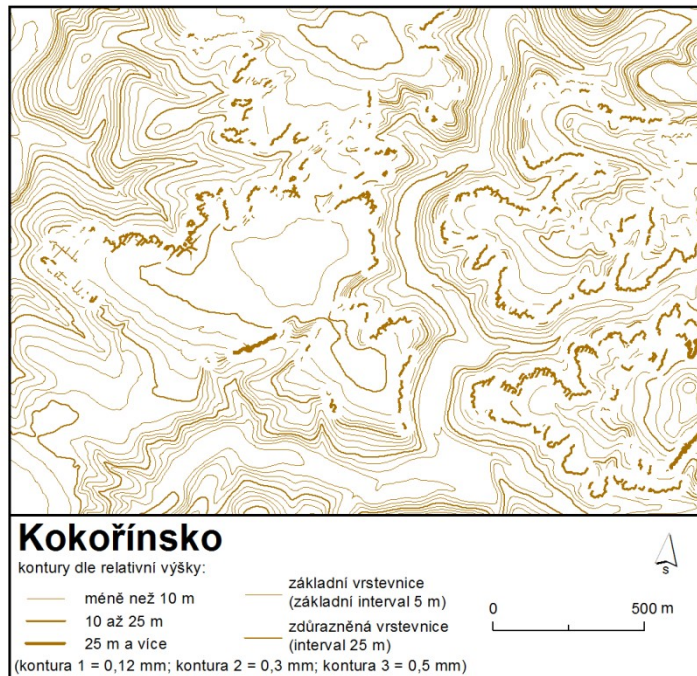
Linie údolnice rozdělí na segmenty a prostřednictvím lineární interpolace vypočte šířky kontur jednotlivých segmentů (atribut *contour\_size*). Nejvyšší hodnota šířky kontury odpovídá šířce kontury v místě průsečíku údolnice s dolní hranou. Nejnižší hodnota šířky kontury odpovídá šířce kontury 1.

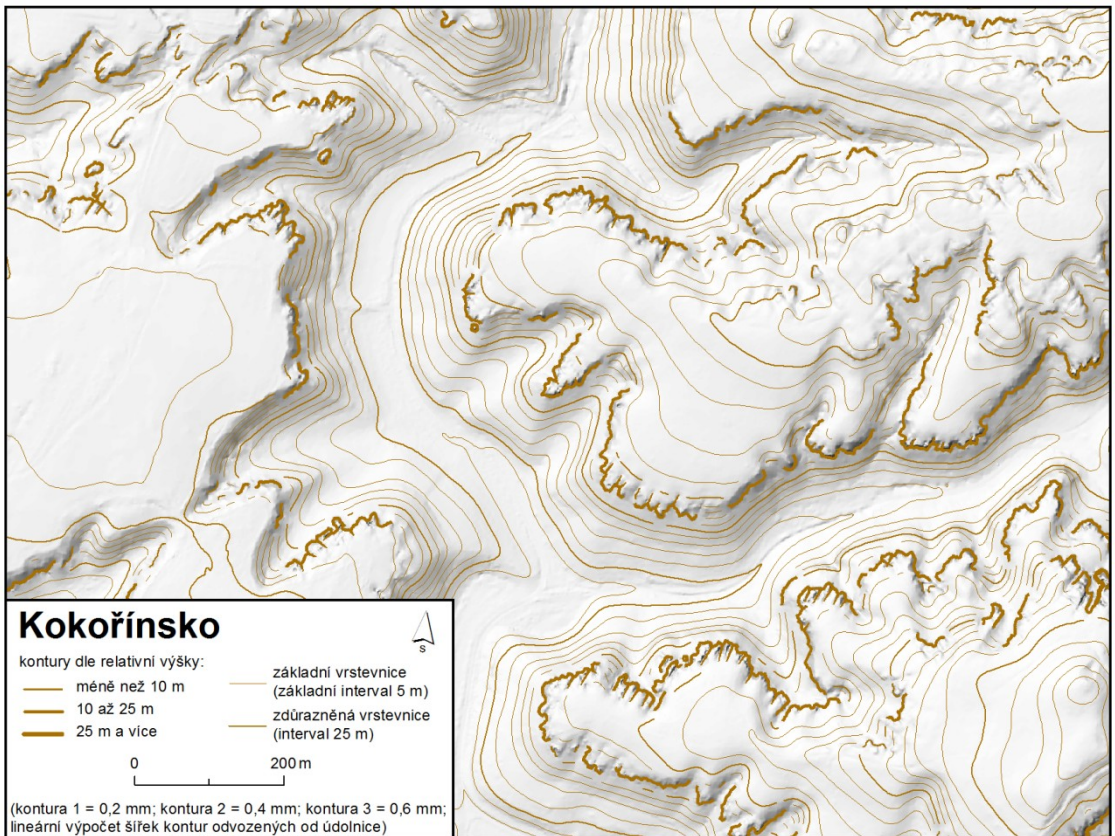
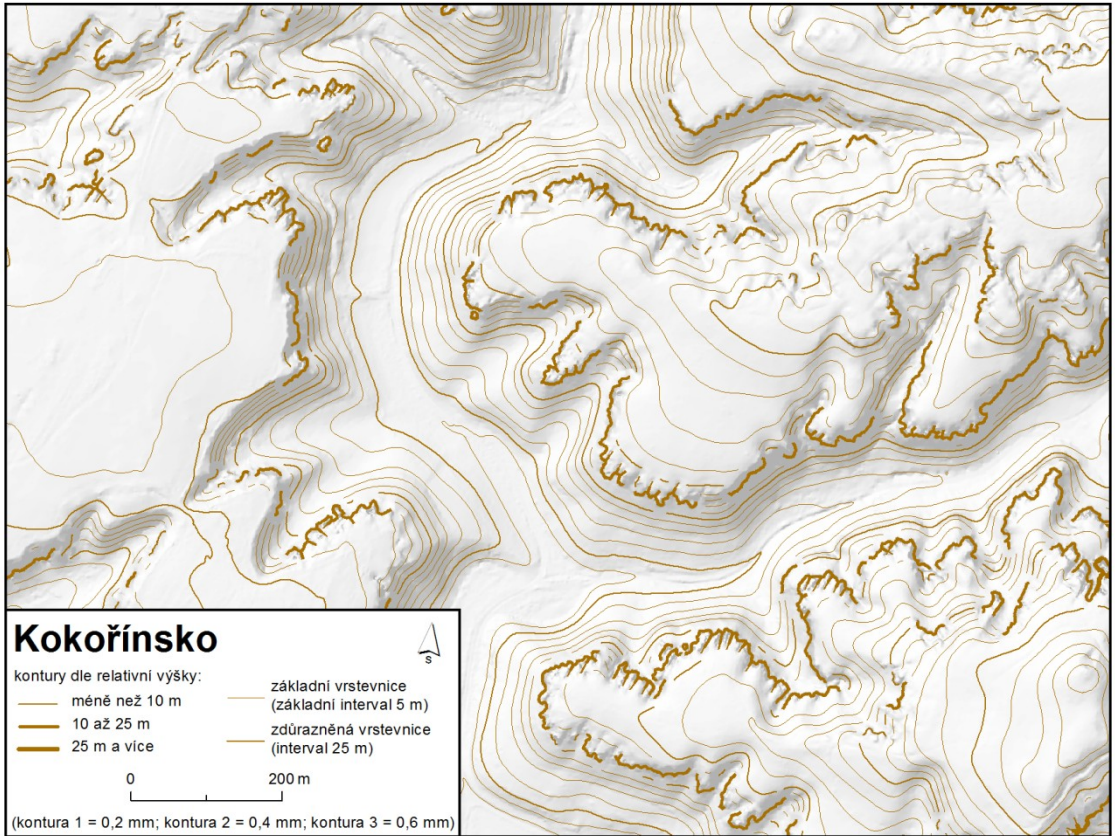
- alternativa skriptu *calculation\_relative\_height\_valley.py*
- *autor*: Petra Lněničková
- *vstupy*: liniová vrstva údolnic, liniová vrstva segmentů dolních hran s určenou relativní výškou
- *výstupy*: liniová vrstva segmentů údolnic s určenou relativní výškou
- *parametry*: měřítko mapy, velikost segmentu údolnice, velikost okolí průsečíku údolnice a dolní hrany pro výpočet maximální hodnoty relativní výšky údolnice, šířka kontury 1, šířka kontury 2, šířka kontury 3 (3 = nejširší kontura)

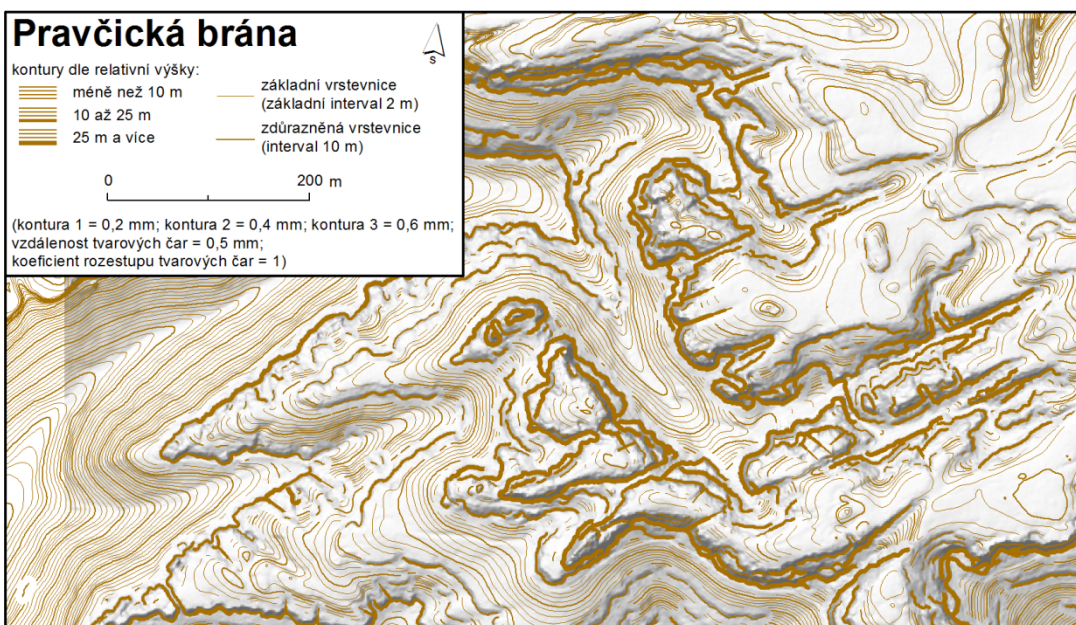
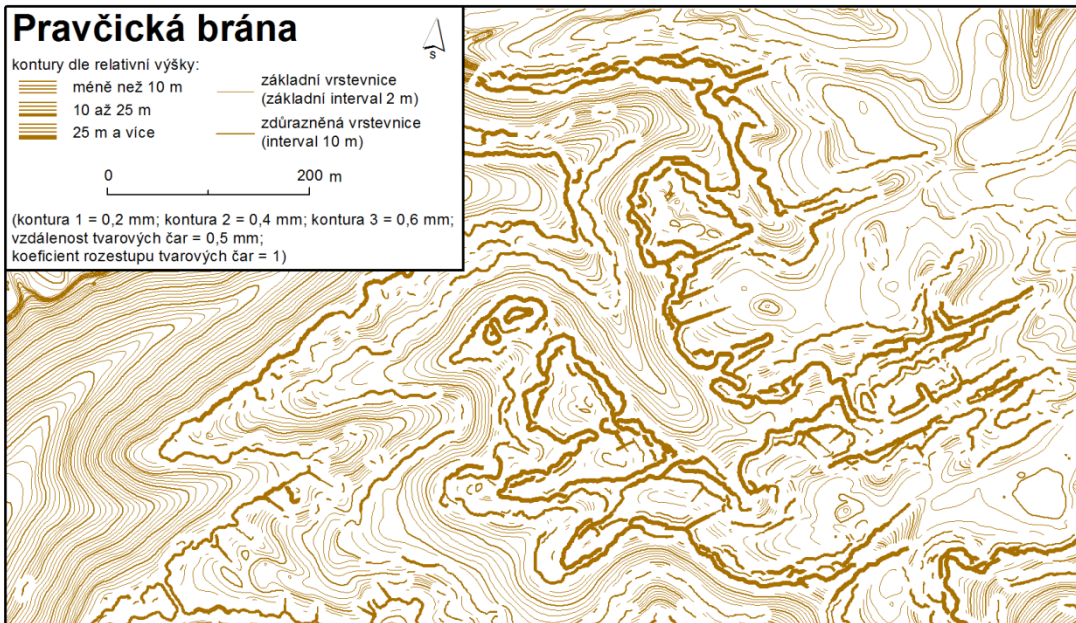


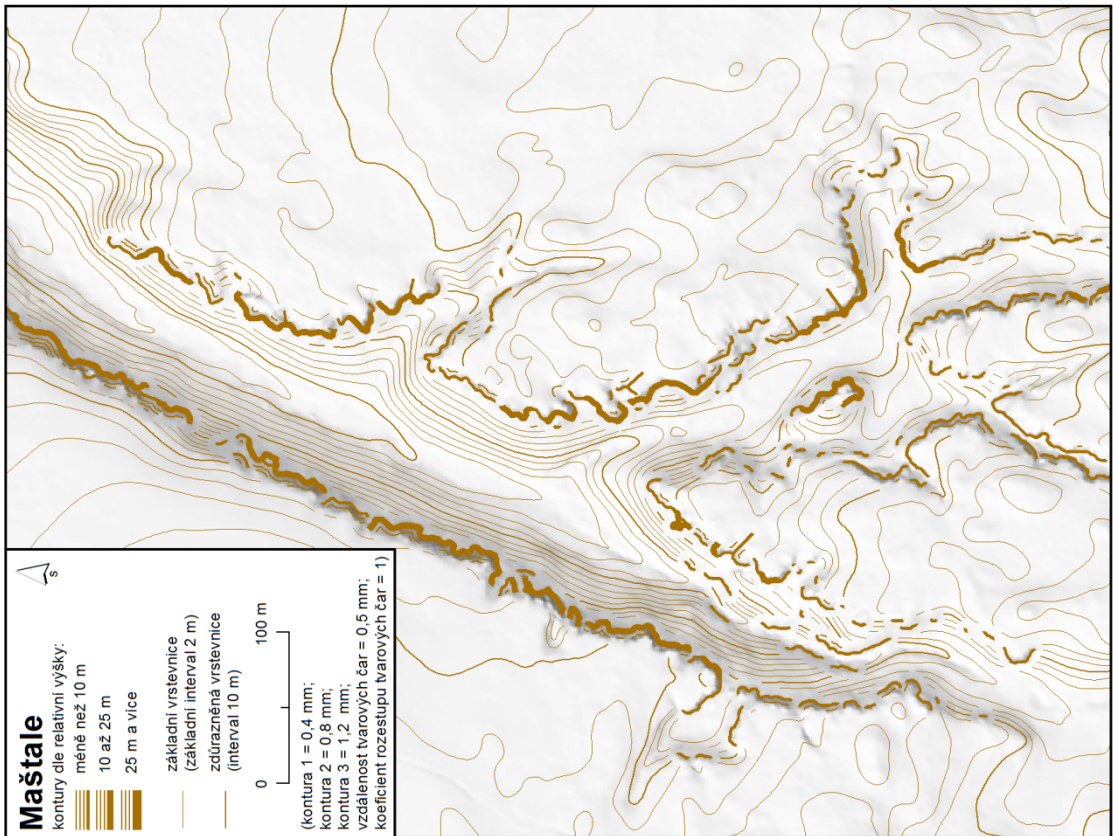
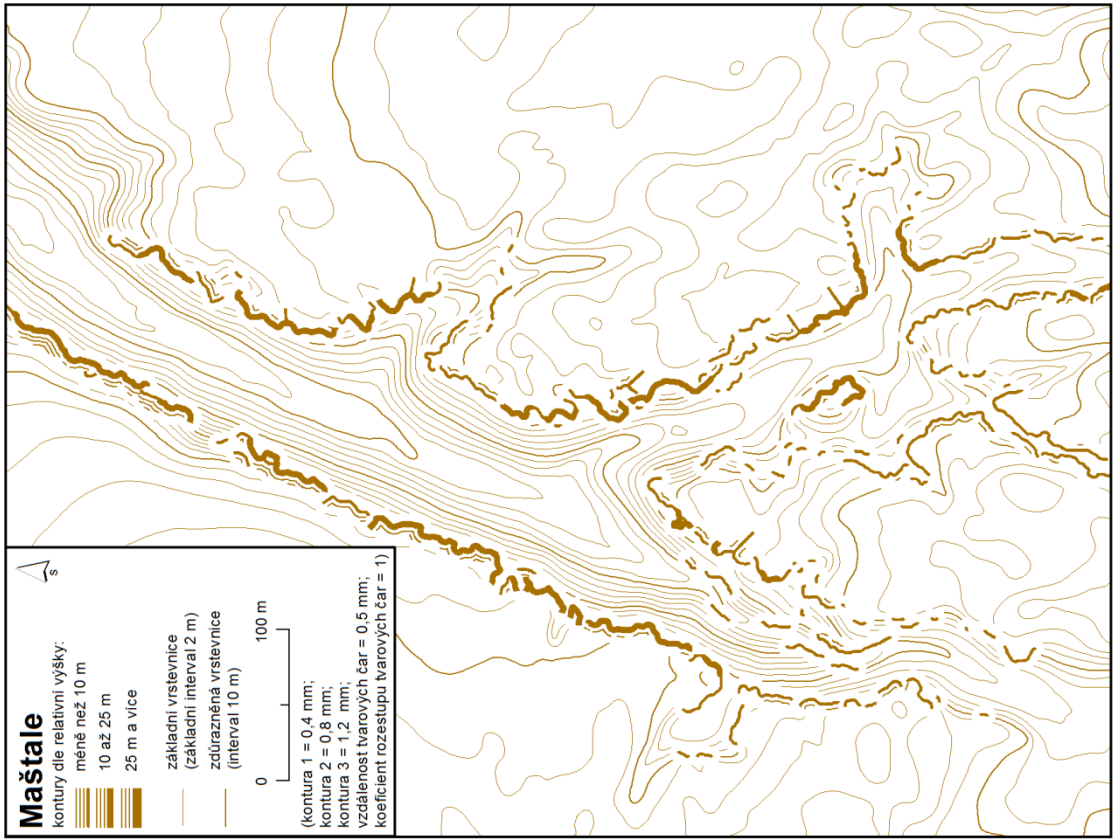
## Příloha 2 - Ukázky vytvořené reprezentace

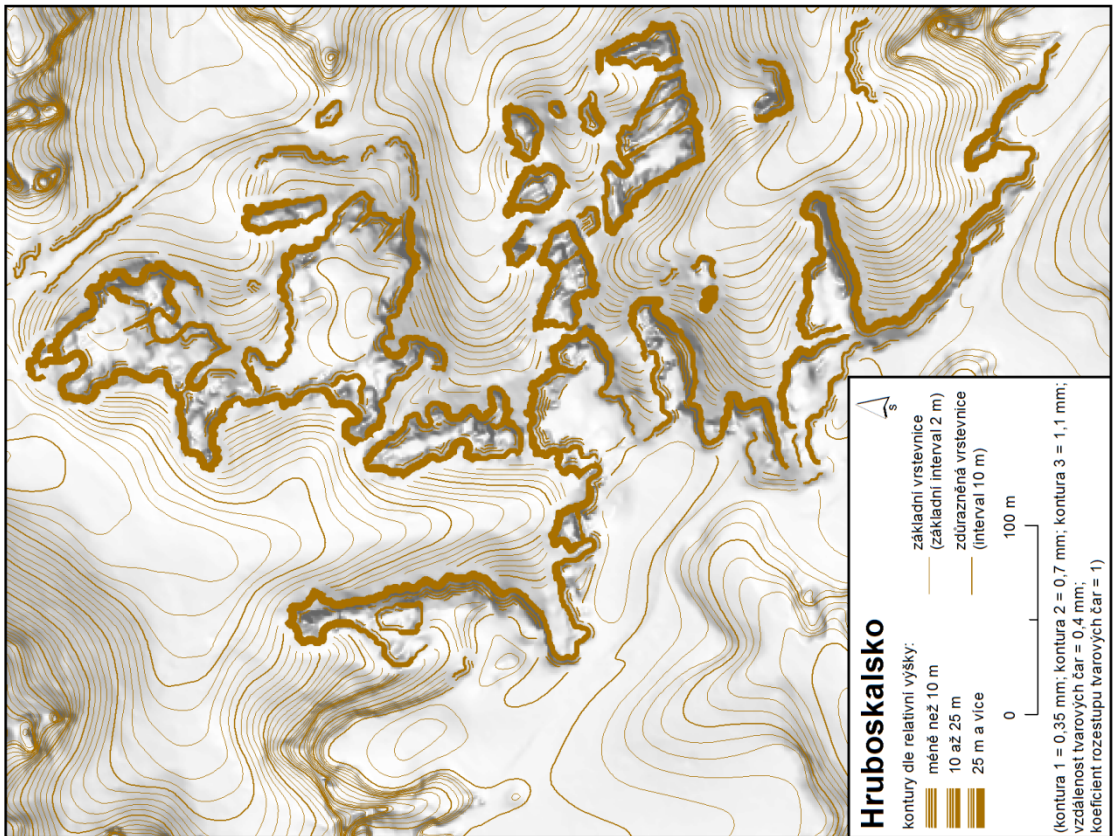
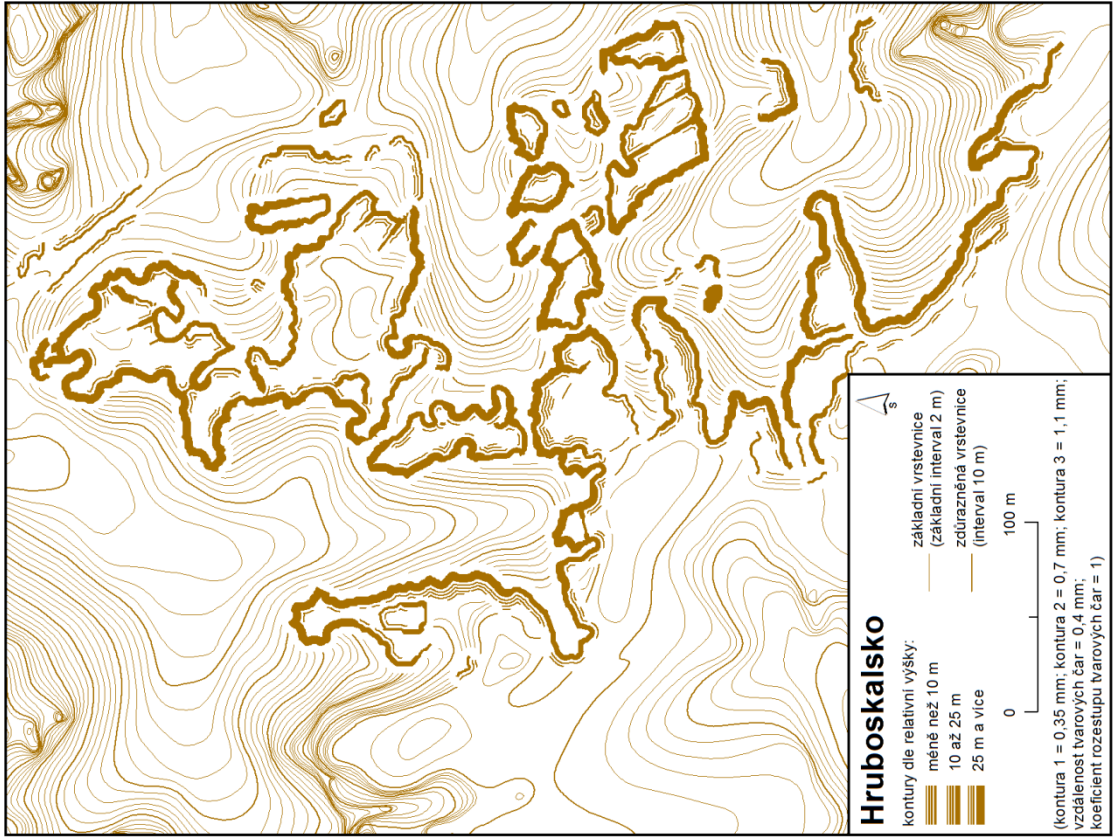
- ukázky jsou seřazeny od nejmenšího měřítka po největší



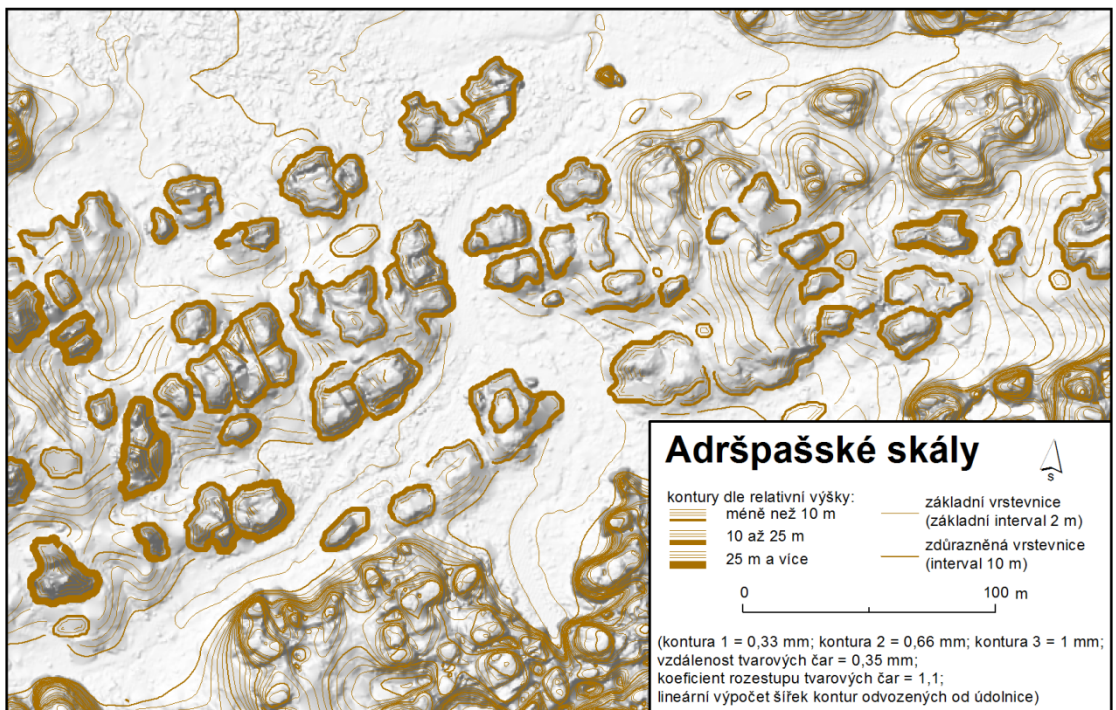
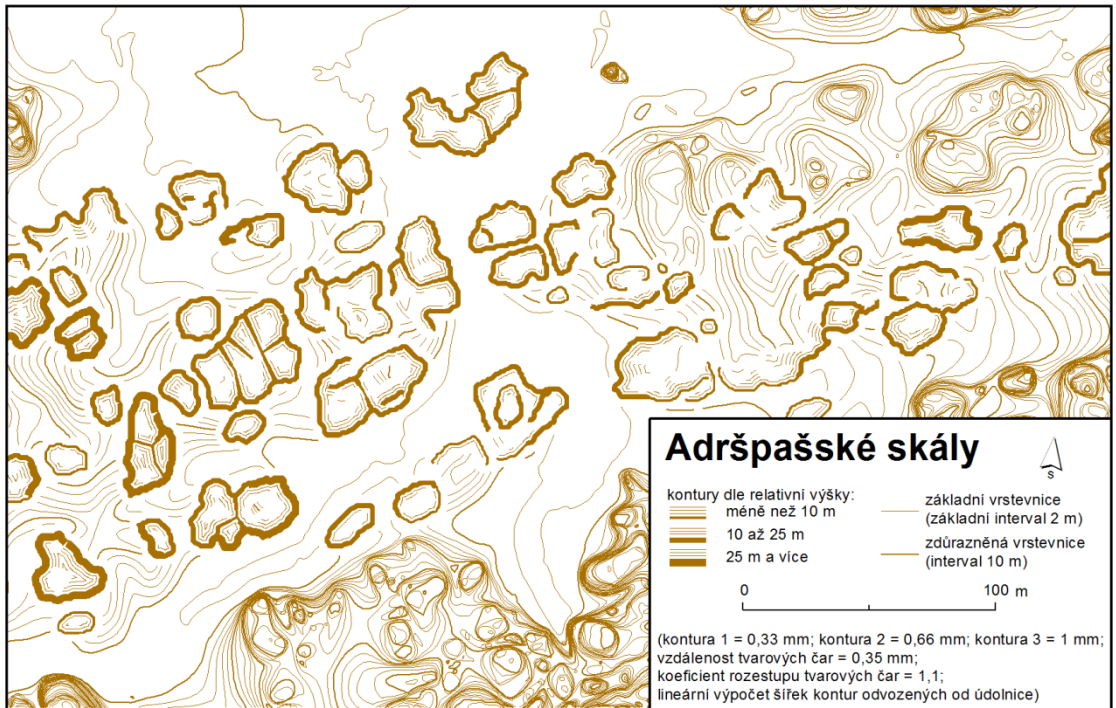




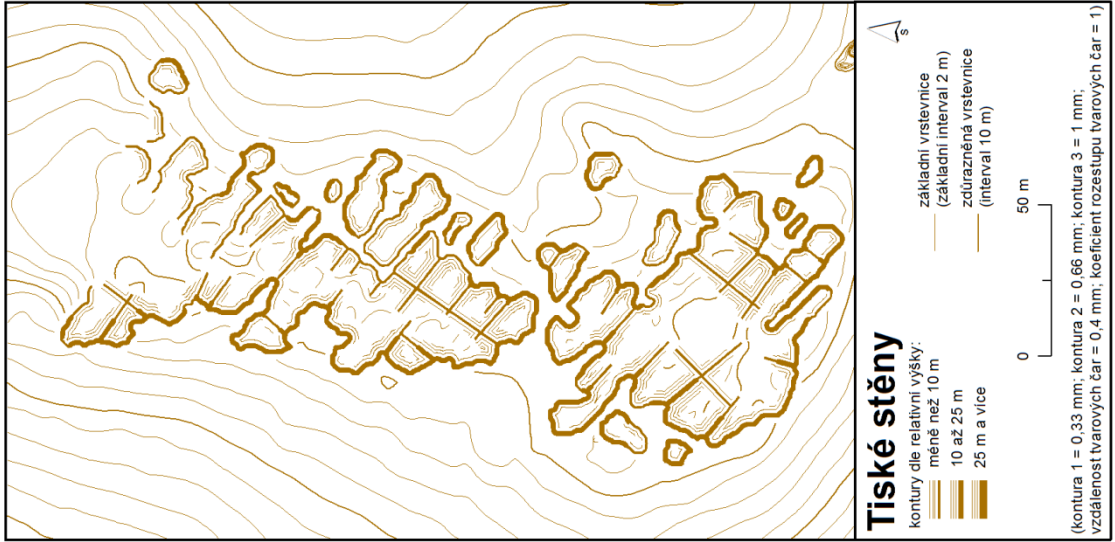
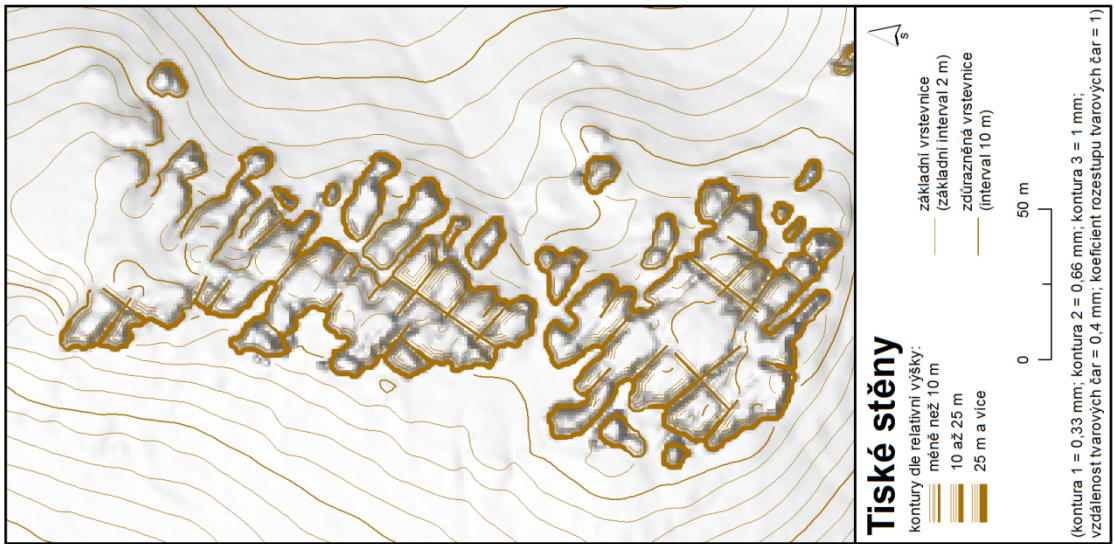


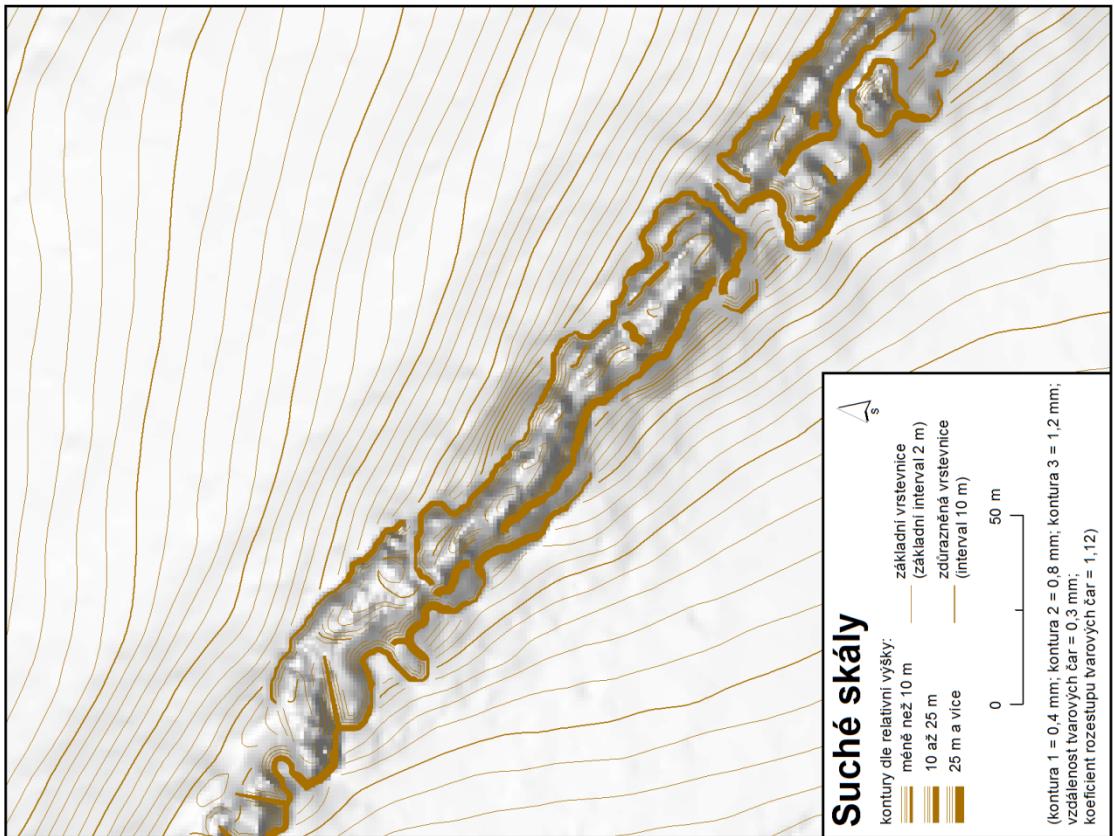
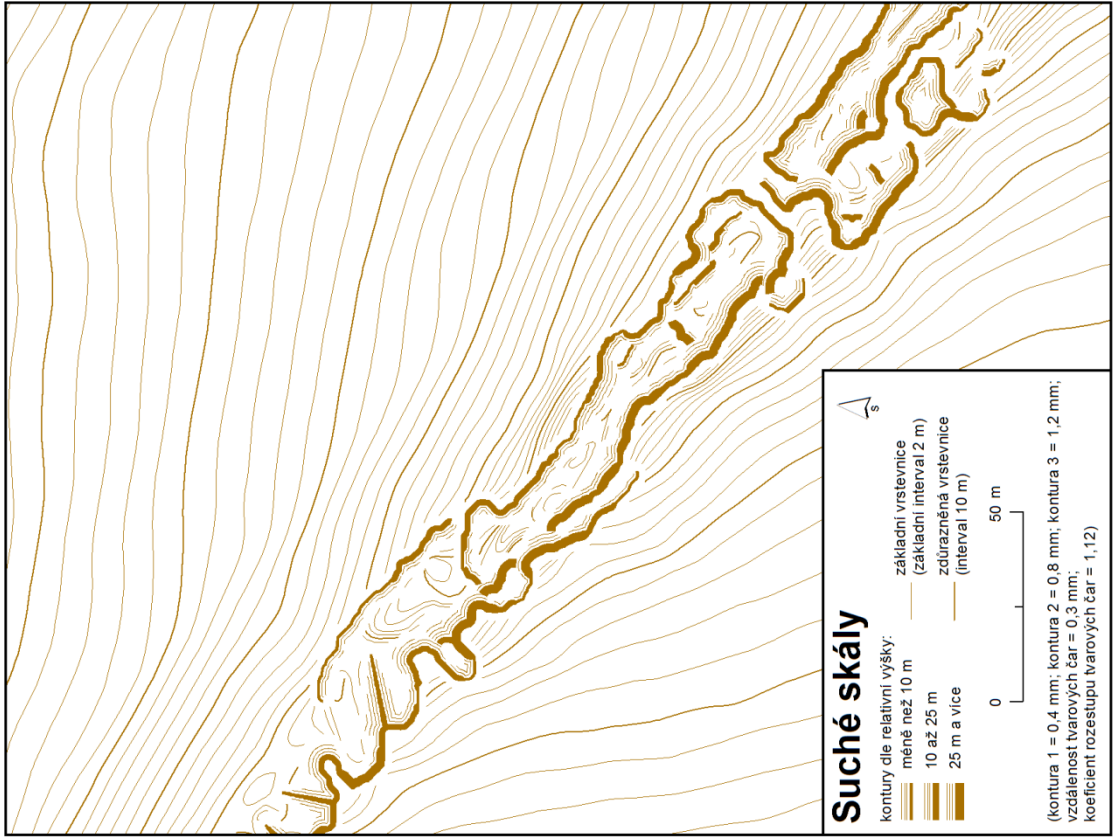












### Příloha 3 - Obsah přiloženého DVD

- *prilohy*
  - *priloha1\_skripty*
    - skripty
      - *parametres.py*
      - *utils.py*
      - *my\_utils.py*
      - *calculation\_relative\_height\_lower\_edges.py*
      - *calculation\_relative\_height\_valley.py*
      - *creating\_rock\_contour.py*
      - *creating\_form\_lines.py*
      - *clipping\_form\_lines\_and\_creating\_mask.py*
      - *solving\_form\_lines\_conflict.py*
      - *polygonize\_form\_lines.py*
      - *calculation\_linear\_size\_of\_rock\_contour\_valley.py*
    - *ukazkova\_data.gdb*
      - vstupní data
        - *stena* – polygonová vrstva skalních stěn
        - *hrana* – liniová vrstva všech skalních hran
        - *udolnice* – liniová vrstva údolnic
        - *dmr* – DMR oblasti
      - vrstvy vytvořené reprezentace
        - *rocks\_contours*
          - polygonová vrstva kontur (odvozených od dolních hran i údolnic) ,  
výstup skriptu *creating\_rock\_contour.py*
        - *form\_lines\_line*
          - liniová vrstva výsledných tvarových čar, výstup skriptu  
*solving\_form\_lines\_conflict.py*
        - *form\_lines\_polygon*
          - polygonová vrstva výsledných tvarových čar, výstup skriptu  
*polygonize\_form\_lines.py*
        - *mask*
          - polygonová vrstva pro odmaskování okolní mapové kresby, výstup  
skriptu *clipping\_form\_lines\_and\_creating\_mask.py*
      - vzniklé pomocné vrstvy
        - *lower\_edges*
          - liniová vrstva dolních hran, výstup skriptu  
*calculation\_relative\_height\_lower\_edges.py*
        - *lower\_edges\_segments\_relative\_height*
          - liniová vrstva segmentů dolních hran s určenou relativní výškou, výstup  
skriptu *calculation\_relative\_height\_lower\_edges.py*
        - *valley\_segments\_relative\_height*
          - liniová vrstva segmentů údolnic s určenou relativní výškou, výstup  
skriptu *calculation\_relative\_height\_valley.py*
        - *rock\_contours\_V*
          - polygonová vrstva kontur odvozených od údolnic, výstup skriptu  
*creating\_rock\_contour.py*
        - *left\_LE\_buffer\_to\_erase*
          - polygonová vrstva levostranného bufferu odvozená od dolních hran,  
výstup skriptu *creating\_rock\_contour.py*

- *basic\_line*
  - liniová vrstva základních čar, výstup skriptu *creating\_form\_lines.py*
- *form\_lines\_all*
  - liniová vrstva všech tvarových čar, výstup skriptu *creating\_form\_lines.py*
- *form\_lines\_clipped*
  - liniová vrstva tvarových čar nacházejících se v ploše skalních útvarů, výstup skriptu *clipping\_form\_lines\_and\_creating\_mask.py*
- *priloha2\_ukazky\_reprezentace*
  - ukázky vytvořené reprezentace skal s názvem oblasti a měřítkovým číslem
  - *kokorinsko\_25000.pdf*
  - *kokorinsko\_10000.pdf*
  - *pravcicka\_brana\_7500.pdf*
  - *mastale\_5000.pdf*
  - *hruboskalsko\_4000.pdf*
  - *adrspasske\_skaly\_3000.pdf*
  - *prachovske\_skaly\_3000pdf*
  - *tiske\_steny\_2500.pdf*
  - *suche\_skaly\_2000.pdf*
- *text\_prace*
  - *text\_dp.pdf*