

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

Diplomová práce

**Průzkum vlastností digitálního modelu
reliéfu Základní báze geografických dat**

Plzeň, 2004

Lenka Egrmajerová

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a následné obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci zpracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí diplomové práce.

V Plzni dne 14. května 2004

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Šímovi, CSc., za metodické vedení, připomínky a rady při zpracování diplomové práce.

Děkuji rovněž Ing. Lidmile Penížkové ze Zeměměřického úřadu za poskytnutí dat a veškerých informací o ZABAGED, Ing. Vladislavu Grösslovi z Katastrálního úřadu pro Plzeňský kraj se sídlem v Plzni za poskytnutí dat THM a za zapůjčení instrukcí a návodů na tvorbu ZM10, THM, ZABAGED a Ing. Příbylovi z firmy ATLAS, spol s r.o., za konzultace při práci se SW ATLAS DMT.

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce bylo posouzení vlastností digitálního modelu reliéfu Základní báze geografických dat (ZABAGED). Ve vybraných 7 zkušebních lokalitách na území Plzeňského a Karlovarského kraje byly zjištěny výškové rozdíly digitálního modelu reliéfu ZABAGED a vrstevnicového modelu Technickohospodářské mapy v měřítku 1:2000 a 1:1000. Získané údaje poskytly obraz o geometrické přesnosti a podrobnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED a umožnily definovat některá rizika jeho použití.

Klíčová slova

Základní mapa ČR 1:10 000, vrstevnicový model, Základní báze geografických dat (ZABAGED), Technickohospodářská mapa 1:2000 a 1:1000, digitální model reliéfu (DMR), přesnost výškopisu.

Abstract

Target of this diploma thesis was the evaluation of properties of digital terrain model of the Fundamental Base of Geographic Data (ZABAGED). Height differences between ZABAGED digital terrain model and contour model of the Technical-economic map at scale 1:2000 and 1:1000 have been found in 7 test areas in Plzeň and Karlovy Vary regions. The obtained data illustrate geometric accuracy and particulars of the ZABAGED digital terrain model as well as some risks of its use.

Keywords

The Basic Map of the Czech Republic 1:10 000, contour model, Fundamental Base of Geographic Data (ZABAGED), Technical-economic map 1:2000 and 1:1000, digital terrain model, accuracy of altimetry.

Obsah

1. Úvod	8
2. Předpokládané parametry vrstevnicového modelu Základní mapy ČR 1:10 000	9
2.1 Mapa v měřítku 1:10 000 jako prvotní zdroj pro vytvoření vrstevnicového modelu Základní mapy ČR 1:10 000	9
2.2 Příčiny vzniku a postup tvorby Základní mapy ČR 1:10 000	14
2.2.1 Geodetické a kartografické základy	15
2.2.2 Tvorba mapy	16
2.3 Předpokládané vlastnosti vrstevnicového modelu Základní mapy ČR 1:10 000	16
3. Předpokládané parametry digitálního modelu reliéfu ZABAGED	18
3.1 Základní charakteristika ZABAGED	18
3.2 Prvotní naplňování ZABAGED (1994 – 2001)	19
3.3 Vlastnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED	20
4. Předpokládané parametry vrstevnicového modelu Technickohospodářské mapy 1:2000 (1:1000)	22
4.1 Základní charakteristiky Technickohospodářské mapy	22
4.2 Tvorba a zobrazení výškopisu	23
4.3 Technickohospodářské mapování v letech 1961 – 1969	23
4.3.1 Geodetické a kartografické základy	23
4.3.2 Měření výškopisu	24
4.3.3 Číselná přesnost výškopisu THM	24
4.3.4 Grafická přesnost výškopisu THM	25
4.4 Technickohospodářské mapování v letech 1969 – 1981	25
4.4.1 Geodetické a kartografické základy	25
4.4.2 Měření výškopisu	26
4.4.3 Číselná přesnost výškopisu THM	26
5. Výběr zkušebních lokalit na území Plzeňského a Karlovarského kraje	28
6. Digitalizace výškopisné složky Technickohospodářské mapy 1 : 2000 (1 : 1000)	31

7. Metodika a technologie odvození a porovnání výšek kontrolních bodů na digitálním modelu reliéfu ZABAGED a na digitalizované THM	33
7.1 Využití SW ArcGIS pro porovnání výšek na digitálních modelech ZABAGED a THM.....	33
7.2 Využití SW ATLAS DMT pro porovnání výšek na digitálních modelech ZABAGED a THM.....	35
7.3 Vyjmutí oblastí nevhodných k posouzení vlastností DMR ZABAGED	37
7.4 Porovnání obou použitých metodik	38
8. Komentář k dosaženým výsledkům	40
8.1 Tabulka 12 – SW ArcGIS	40
8.2 Tabulka 13 – SW ATLAS DMT	42
8.3 Tabulka 14 – porovnání výsledků aplikace obou SW	43
8.4 Tabulka 15a, 15b, 15c – rozbor výškových rozdílů nad mezní chyby	44
8.5 Tabulka 16 – úplná střední chyba podle sklonu terénu.....	48
9. Závěry	49
Literatura	51
PŘÍLOHY.....	53
Přehled zkušebních lokalit	54
Ukázka vrstevnic DMR ZABAGED	55
Ukázka vrstevnic THM	56
Ukázka trojúhelníkové sítě ZABAGED	57
Ukázka trojúhelníkové sítě THM.....	58
Legenda pro barevné vyjádření výškových rozdílů v závislosti na použitém SW	59
AŠ 5-8/21	60
AŠ 5-8/24	63
AŠ 5-8/23	66
BLOVICE 5-4/32	70
BLOVICE 5-4/43	78
CHEB 1-2/3	82
CHEB 2-2/4	85
CHEB 2-2/2	88
HOŘOVICE 7-2/2.....	91
PLZEŇ 8-0/43.....	94
PLZEŇ 8-0/3.....	97

PLZEŇ 9-0/1.....	101
PŘEŠTICE 9-7/4.....	104
PŘEŠTICE 8-7/3.....	108
PŘEŠTICE 9-8/2.....	111
SOKOLOV 0-4/1	114
SOKOLOV 1-2/4	118

1. Úvod

Mohutný rozvoj informačních technologií a jejich stále širší uplatnění se projevuje také v oblasti geografických informačních systémů (dále jen GIS). Současně jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu produktů GIS a tedy i na použitá geografická data, mezi něž patří i digitální model reliéfu. Tento model lze využít například pro tvorbu ortofotomap, v poznávacích a rozhodovacích aktivitách orgánů veřejné správy, pro potřeby krizového řízení nebo pro hydrologické výpočty.

V civilním sektoru pokrývá souvisle celé území státu pouze vrstevnicový model Základní mapy ČR 1:10 000. Jiné modely vyšší přesnosti a podrobnosti jsou k dispozici jen v menších lokalitách mapovaných ve velkých měřítkách (např. Technicko-hospodářská mapa 1:2000 nebo 1:1000 z let 1961-1981 nebo jako součást účelového mapování lokalit pro potřeby výstavby, případně lokální digitální modely reliéfu jako podklad pro tvorbu ortofotomap).

Vrstevnicový model Základní mapy ČR 1:10 000 byl v letech 1994-2000 digitalizován do formy 3D modelu reliéfu v rámci tvorby Základní báze geografických dat (ZABAGED) a je jako jedna složka ZABAGED poskytován uživatelům. Ti často nejsou plně informováni o vlastnostech (zejména o přesnosti) tohoto modelu, takže může docházet k jeho přeceňování nebo naopak podceňování.

Cílem diplomové práce je získat další věrohodné informace o přesnosti výškopisné složky DMR ZABAGED cestou porovnání modelu, vzniklého digitalizací vrstevnic Základní mapy ČR 1:10 000, s digitálním vrstevnicovým modelem výškopisu Technickohospodářské mapy v měřítku 1:2000 a 1:1000 s evidentně vyšší přesností, vytvořeném v blízkém navazujícím časovém období (šedesátá a sedmdesátá léta minulého století). V Plzeňském a Karlovarském kraji bylo nalezeno 7 vhodných lokalit s různými kategoriemi sklonu terénního reliéfu, vyšetřeny výškové rozdíly několika desítek tisíc identických bodů na obou modelech a provedeno jejich statistické hodnocení.

2. Předpokládané parametry vrstevnicového modelu Základní mapy ČR 1:10 000

2.1 Mapa v měřítku 1:10 000 jako prvotní zdroj pro vytvoření vrstevnicového modelu Základní mapy ČR 1:10 000

Základní mapa ČR 1:10 000 vznikla přepracováním **Mapy v měřítku 1:10 000**, která byla vyhotovena původním mapováním (převážně fotogrammetrickými metodami) v letech 1957-1971 podle *Instrukce pro mapování v měřítkách 1:10 000 a 1:5000* (Ústřední správa geodesie a kartografie – *topografická instrukce 1957* [1], *fotogrammetrická instrukce 1959* [2], *kartografická instrukce 1964* [3]).

Mapa v měřítku 1:10 000 navazovala kladem listů, použitým geodetickým referenčním systémem (Krasovského elipsoid, Souřadnicový systém 1952), kartografickým zobrazením (Gauss-Krügerovo zobrazení v 6° pásech) i svým obsahem a jeho kartografickým vyjádřením na sérii vojenských topografických map 1:25 000, 1:50 000 a dalších menších měřítek vytvářených podle jednotných zásad v celém tehdejší komunistickém bloku států zúčastněných na Varšavské smlouvě. Klad a značení mapových listů Gauss-Krügerova zobrazení vychází z Mezinárodní mapy světa 1:1 000 000. Rozměry jejího mapového listu jsou 6° zeměpisné délky a 4° zeměpisné šířky, značení podle vrstvy od rovníku (A-V) a podle poledníkového pásu (1-60) od poledníku 180° (pro území ČR M-33, M-34). Nomenklatura mapy 1:100 000 vznikne rozdělením mapy 1:1 000 000 na 12 vrstev a 12 sloupců s označením 1-144. Následující mapy měřítek 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000 se získají postupným čtvrcením mapy předchozího měřítko s označením kvadrantu (A-D pro 1:50 000, a-d pro 1:25 000, 1-4 pro 1:10 000). Mapa v měřítku 1:10 000 byla jako víceúčelová určena pro potřeby plánování, národního hospodaření a speciální úkoly obrany státu. Dostupná byla pouze státním orgánům a socialistickým organizacím, nikoliv veřejnosti.

Obsah polohopisu tvořily topografické objekty, které byly zobrazeny kartografickými značkami a pro něž platilo, že u liniových objektů měla správnou polohu jejich osa, u objektů znázorněných bodovými značkami jejich střed. Mezní chyba v poloze zobrazených důležitých a dobře identifikovatelných objektů vzhledem k nejbližším bodům polohového bodového pole byla 1,0 mm na mapě, u ostatních 1,5 mm (tj. 10m resp. 15 m ve skutečnosti).

Výškopis na Mapě v měřítku 1:10 000 byl vyjádřen graficky pomocí vrstevnic se základním intervalem 2 m (v území o sklonu menším než 1 % = 0,6° také doplňujícími vrstevnicemi o intervalu 1 m), dále číselně nadmořskými výškami charakteristických bodů terénu a relativními výškami (resp. hloubkami) menších přirozených a umělých tvarů terénu, jejichž výškové rozdíly nebyly patrné z vrstevnic. Nadmořské výšky byly vztaženy k nulovému horizontu Kronštadtského vodočtu (Výškový systém baltský – v té době ještě před vyrovnáním základních nivelačních sítí). Výšky v tomto systému se odvozovaly od dříve používaných výšek v jadranském systému odečtením -0,46 m.

Instrukce [1] stanovila **mezní chyby** (tabulka 1) v určení výšky vrstevnic vzhledem k nejbližším bodům geodetických základů, které závisely na základním intervalu vrstevnic (2 m), na sklonu terénu a jsou definovány jako dvojnásobky základních středních chyb.

Tabulka 1 Mezní chyby v určení výšky vrstevnic na Mapě v měřítku 1:10 000

Základní interval vrstevnic [m]	terén			
	sklon		přehledný	nepřehledný
	[%]	[°]		
2	0 - 5	0 - 2,9	1,5	2,0
	5 - 10	2,9 - 5,7	2,0	3,0
	10 - 20	5,7 - 11,3	2,5	4,0
	20 - 40	11,3 - 21,8	3,0	5,0
	40 - 60	21,8 - 31	4,0	6,0
	přes 60	přes 31	5,0	7,0

K vyhotovení výškopisu Mapy v měřítku 1:10 000 byly použity následující metody mapování:

- **univerzální fotogrammetrická metoda**, která byla použita na více než 80 % státního území. Touto metodou se přímo vyhodnocovaly ze stereoskopických dvojic leteckých měřických snímků na stereoplanigrafu nebo autografu vrstevnice, nadmořské výšky kótovaných bodů a relativní výšky některých terénních tvarů,
- **kombinovaná metoda**, při níž se z jednotlivých leteckých měřických snímků vytvořil překreslením a montáží fotoplán (jako přesný polohopisný grafický podklad), na kterém se zaměřil výškopis metodou stolové tachymetrie. Tato metoda byla použita v rovinnatých územích, což představovalo cca 10 % státního území,
- **metoda číselné tachymetrie**, při které se měřily současně prvky polohopisu i výškopisu tachymetrickým teodolitem a mapa se pak vytvořila v kanceláři z vypočtených souřadnic a výšek zaměřených podrobných bodů. Tato metoda byla použita k domapování území se souvislými lesními porosty, ve kterých byla využitelnost fotogrammetrické univerzální metody problematická.

Při převážné aplikaci **univerzální fotogrammetrické metody** byly vrstevnice vyhodnocovány graficky plynulým vedením prostorové měřické značky po stereoskopickém modelu území, kde byla vyhodnocena každá vrstevnice o základním intervalu, jestliže byla od sousední vrstevnice v mapě vzdálena alespoň o 0,5 mm. V souvisle zarostlém členitém území byly vrstevnice vyhodnocovány schematicky a to pouze vrstevnice zesílené. Zpřesnění a doplnění výškopisu proběhlo v rámci topografické revize na základě doměření výškopisu tachymetrickou metodou.

Nadmořské výšky charakteristických bodů terénního reliéfu byly zjištěny průměrem alespoň z dvojího nastavení měřické značky na stereoskopický model terénu, přičemž rozdíly neměly v nezarostlém území přesáhnout hodnotu 0,2 ‰ výšky letu, tj. 0,54 m a v zarostlém území 0,4 ‰, tj. 1,08 m při používané průměrné relativní výšce letu 2730 m nad střední nadmořskou výškou území. V žádném případě však nesměly odchylky ve výšce charakteristického bodu vzhledem k nejbližším bodům geodetických základů překročit 2/3 mezní odchylky pro určení vrstevnic, uvedené v tabulce 1. Nadmořské výšky byly uváděny s přesností na 0,1 m. Po relativní a absolutní orientaci stereodvojice leteckých měřických snímků byly graficky vyhodnoceny vrstevnice, většinou od nejvyšších míst k nejnižším. V rovinném území byla vyhodnocena hustší síť výškových kót a vrstevnice interpolovány mezi jejich nadmořskými výškami. V zarostlém či hustě zastavěném území se měřická značka nastavila v místech viditelného terénního reliéfu a poznamenala nadmořská výška těchto bodů (na ulicích, dvorech, mýtinách, průsecích apod.) Na stycích mapových listů, které byly vyhodnoceny s větším časovým odstupem, byla kontrolována návaznost vrstevnic. Zjištěné odchylky nesměly překročit 2/3 mezních odchylek uvedených v tabulce 1.

Při použití *kombinované metody* v rovinném území se výškové měření připojovalo především na body jednotné nivelační sítě. Vertikální úhly byly měřeny eklimetrem umístěným na měřickém stole v jedné poloze dalekohledu (přednostně pod vodorovnou záměrou), přičemž délka záměr mohla být za příznivých podmínek až 600 m. Vzdálenosti od stanoviska byly určovány odměřením z fotoplánu s přesností na 1,0 m (0,1 mm na mapě). Proto byly polohové body voleny především na detailech fotografického obrazu fotoplánu a v takové hustotě, aby bylo možné interpolovat vrstevnice (často i doplňující v intervalu 1 m).

Při *metodě číselné tachymetrie* byly zavedeny polygonové pořady do souvisle pokrytých lesních celků. Vrcholy pořadů (často tachymetrická stanoviska) byly polohově určeny s mezní chybou 2 m a výškově s mezní chybou 0,40 m (v případě určení geometrickou nivelací pouze 0,10 m). Podrobné body pro konstrukci vrstevnic se volily především na charakteristických čarách a bodech terénní kostry (hřbetnicích, údolnicích, vrcholech kup, sedel apod.). Někdy bylo třeba i polohově zaměřit objekty polohopisu, které byly zčásti nebo zcela zakryté vegetací (lesní cesty, průseky, vedení, stavby). Tato metoda byla též používána pro kontrolu fotogrammetricky vyhodnocených vrstevnic ze snímků pořízených ve vrcholném vegetačním období, a to na plochách souvisle porostlých vyšší vegetací (zejména vzrostlým obilím).

Z výsledků zkušebních tachymetrických měření odvodil Kučera [4] **mezní chyby** vrstevnic, interpolovaných z tachymetricky určených podrobných bodů, uvedené v závislosti na sklonu terénu a pro měřítko mapy 1:10 000 v tabulce 2. Jde o vrstevnice zobrazené na nesrážlivých tiskových podkladech. Mezní chyba byla považována za dvojnásobek chyby střední.

Tabulka 2 Mezní chyby vrstevnic z tachymetricky určených podrobných bodů

sklon terénu [°]	mezní chyby [m]	
	přehledné území	nepřehledné území
	$m_v = \sqrt{(0,69)^2 + (4,2tge)^2}$	$m_v = \sqrt{(0,95)^2 + (8,4tge)^2}$
0	1,4	1,9
5	1,6	2,4
10	2,0	3,5
15	2,6	1,9
20	3,4	6,4
25	4,2	8,1
30	5,0	9,9

Z bohatých materiálů topografické revize **fotogrammetricky** vyhodnocovaného výškopisu na nesrážlivých tiskových podkladech Mapy v měřítku 1:10 000 byla Kučerou [4] odvozena střední chyba $m_v = \sqrt{(0,88)^2 + (4,2tge)^2}$ a z ní mezní chyby pro různý sklon terénu (jako dvojnásobky chyby střední) v tabulce 3.

Tabulka 3 Mezní chyby fotogrammetricky vyhodnoceného výškopisu na Mapě v měřítku 1:10 000

sklon terénu [°]	0	5	10	15	20	25	30
mezní chyba [m]	1,8	1,9	2,6	2,9	3,5	4,3	5,2

Výslednou polohu fotogrammetricky vyhodnocených vrstevnic, které se na topografickém originálu jeví jako „roztřesené“, ovlivnilo též jejich zhlazování při vykreslení kartografického originálu výškopisu. Instrukce [3] doslovně uvádí, že „je třeba dbát na dodržování ladnosti vrstevnic... a za tím účelem je povoleno provést drobné úpravy terénních tvarů oproti topografickému originálu, a to až do **poloviny** základního vrstevnicového intervalu u mírně svažitého terénu a do **třetiny** intervalu mezi **zesílenými** vrstevnicemi u silně svažitého terénu (sklon přes 40 %).“

„Roztřesenost“ fotogrammetricky vyhodnocených vrstevnic vznikla reakcí zkušených vyhodnocovatelů na tvary mikroreliefu nebo zčásti i v důsledku nahodilých chyb v dynamickém vedení měřické značky po stereoskopickém modelu území („vznášení“ značky nad terénem nebo její „ponoření“ do modelu při příliš rychlém pohybu značky nebo při menších zkušenostech vyhodnocovatele). Zhlazování terénních tvarů v extravilánu bylo zdůvodněno tím, že zemědělským obděláváním dochází k likvidaci drobných anomálií terénních tvarů.

Možným zdrojem hrubých chyb bylo vyrovnání styků (kresby vrstevnic) se sousedními mapovými listy. Dovolená odchylka ve styku vrstevnic byla 1½ násobkem mezních chyb uvedených v tabulce 1, nastaly však i případy nesprávného propojení vrstevnic o různé nadmořské výšce a chybné opravy výškopisu v okolí propojení. Jde i o hrubé chyby přenášené do Základní mapy 1:10 000 a odhalené až v průběhu aktualizace Základní báze geografických dat (ZABAGED) [6].

Z mnoha výsledků zkoušek přesnosti vyhodnocení výškopisu univerzální fotogrammetrickou metodou na analogových přístrojích typu stereoplanigraf a autograf [5] vyplývá základní střední chyba σ , charakterizující **vnitřní přesnost** fotogrammetrického určení výšky podrobného bodu. Hodnota této chyby se určí z následujícího vztahu [6]:

$$\sigma = 0,15 \text{ ‰ } h, \text{ kde } h \dots\dots \text{ relativní výška letu (} h = f \cdot m_s \text{)}$$

$$f \dots\dots \text{ konstanta letecké měřické komory}$$

$$m_s \dots\dots \text{ měřítkové číslo leteckého měřického snímkování}$$

$$(M_S = 1:m_s)$$

Pro vyhotovení Mapy v měřítku 1:10 000 byly používány parametry leteckého měřického snímkování uvedené v tabulce 4.

Tabulka 4 Parametry leteckého měřického snímkování pro Mapu v měřítku 1:10 000

f [mm]	m_s	h [m]	formát snímku [cm]	typ území
210	13 000	2730	18x18	horský terén a rozsáhlá souvislá zástavba, zalesněné území
152	18 000	2736	23x23	extravilán i svažité terén bez vysokého vegetačního pokryvu

V obou případech je základní střední chyba, charakterizující **vnitřní přesnost** fotogrammetrického určení výšky jednotlivých bodů (výškových kót), $s = 0,41 \text{ m}$.

Přesnost geodetického nebo fotogrammetrického určení (aerotriangulace) vlíčovacích bodů σ_{VB} a přesnost nastavení měřické značky na vlíčovací body v rámci absolutní orientace σ_{AO} také ovlivňují fotogrammetrické určování výšek. Podle [2] byla $\sigma_{VB} = 0,25 \text{ m}$ a $\sigma_{AO} = 0,41 \text{ m}$. Za předpokladu, že všechny chyby měly náhodný charakter, lze vyvodit apriorní základní střední chybu fotogrammetrického určení výšky jednotlivých bodů podle zákona o přenášení chyb

$$s_z = \sqrt{s^2 + s_{VB}^2 + s_{AO}^2} = 0,63 \text{ m}.$$

Vrstevnice byly fotogrammetricky vyhodnoceny kontinuálním vedením stereoskopické měřické značky po prostorovém modelu terénu, takže je třeba vzít v úvahu i náhodné polohové chyby ve vedení této měřické značky, jejichž účinek na přesnost určení výšky vrstevnic závisí na sklonu terénu ε podle vzorce odvozeného Kučerou [4] ve tvaru

$$s_v = \sqrt{s_z^2 + (4,2tge)^2}.$$

Úplná základní střední chyba, charakterizující **reálnou přesnost** fotogrammetrického určení výšek terénního reliéfu z vrstevnic, zahrnuje ještě **systematickou složku**, představující např. osobní chybu vyhodnocovatelů při kontaktu měřické značky s modelem reliéfu nebo účinek vzrostlé polní vegetace (obilí před sklizní). Na vyhodnocení vrstevnic se však podílelo několik desítek vyhodnocovatelů a letecké měřické snímky byly pořizovány v různých ročních obdobích, takže tyto chyby (pokud

nebyly opraveny při následné topografické revizi) se vyskytly lokálně a z hlediska výškopisu na celém státním území mají náhodný charakter.

Zvláštní hlediska je třeba uplatnit při posuzování přesnosti fotogrammetricky vyhodnocených vrstevnic v souvisle zalesněných částech území. Zde byly vrstevnice vyhodnoceny vesměs vedením měřické značky po korunách stromů a redukovány přihlédnutím ke střední výšce porostu vyšetřené při klasifikaci leteckých měřických snímků v terénu. V místech průhledu na zemský povrch (mýtiny, průseky, komunikace) byly vyhodnoceny výškové kóty a pomocí nich upravena poloha vrstevnic, jinak tvarově dobře kopírujících terénní reliéf. V zalesněných částech byla systematicky aplikována topografická revize výškopisu metodou číselné tachymetrie. Přesto je třeba považovat průběh vrstevnic v těchto částech území obecně za méně přesný než v terénu bez souvislého zalesnění, což nebylo v rozporu s původními cíli výškopisu na Mapě v měřítku 1:10 000 (viz terén nepřehledný v tabulce 1).

Instrukce [1] definuje **mezní chybu** měření výškopisu jako dvojnásobek základní střední chyby s rizikem, že 5 % chyb přesáhne tuto hodnotu. Její velikost, vycházející z apriorních úvah a výše uvedených parametrů [6] fotogrammetrického vyhodnocení výškopisu na Mapě v měřítku 1:10 000 a v závislosti na sklonu terénního reliéfu, uvádí tabulka 5.

Tabulka 5 Mezní chyby měření výškopisu odvozené z parametrů fotogrammetrického vyhodnocení

Sklon terénu [°]	0	5	10	15	20	25	30
mezní chyba [m]	1,3	1,5	1,9	2,6	3,3	4,1	5,0

Z porovnání s údaji v tabulce 3 lze usoudit, že technický pokrok po roce 1960 (zejména nesrážlivé filmy, dokonalejší letecké měřické komory o formátu 23x23 cm s konstantou $f = 152$ mm a menší distorzí, větší zkušenosti vyhodnocovatelů) měl příznivý vliv na přesnost fotogrammetrického vyhodnocení vrstevnic na Mapě v měřítku 1:10 000, která tak dosáhla parametrů metody číselné tachymetrie (viz tabulku 2).

2.2 Příčiny vzniku a postup tvorby Základní mapy ČR 1:10 000

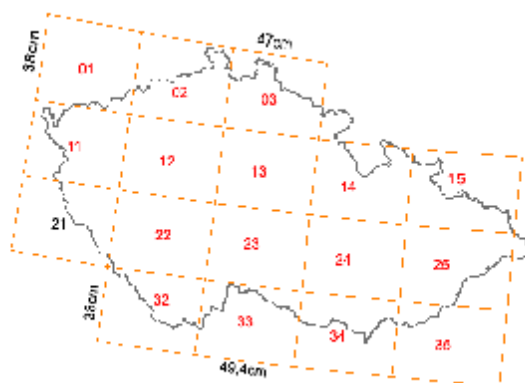
Po invazi vojsk Varšavské smlouvy do ČSSR v roce 1968 byla Mapa v měřítku 1:10 000 spolu s celou sérií vojenských topografických map určena výhradně pro potřeby obrany státu a usnesením vlády č. 327 ze dne 18.9.1968 bylo rozhodnuto o vytvoření soustavy neutajovaných základních map středních měřítek v jiném kladu listů, jiném kartografickém zobrazení (Křovákově), bez evidentního vztahu ke geodetickému referenčnímu systému (S-JTSK) a s redukováným polohopisným obsahem. Proto byla civilní zeměměřická služba (dříve Český úřad geodetický a kartografický, nyní Český úřad zeměměřický a katastrální – ČÚZK) nucena vytvořit nové státní mapové dílo – Základní mapy středního měřítko. Tyto mapy pokrývají celé území státu v měřítkové řadě 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000 (dále ZM10, ZM25, ZM50, ZM100, ZM200).

Základní mapa ČR 1:10 000 je podle nařízení vlády č. 116/1995 Sb. základním státním mapovým dílem závazným na celém území státu. ČÚZK zabezpečuje tvorbu, obnovu a vydávání tohoto díla prostřednictvím Zeměměřického úřadu a jeho územních pracovišť. ZM10 slouží pro potřeby plánování a výstavby, jako mapový podklad pro tvorbu celostátních tematických map a pro tvorbu map menších měřítek. V letech 1994 - 2000 byla ZM10 využita jako podklad pro tvorbu Základní báze geografických dat (ZABAGED).

2.2.1 Geodetické a kartografické základy

Mapa je vyhotovena v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), s použitím Besselova elipsoidu, Křovákova konformního kuželového zobrazení v obecné poloze a výškového systému Balt - po vyrovnání. Výškopis je znázorněn vrstevnicemi s intervalem 1 m, 2 m nebo 5 m. Interval vrstevnic je závislý na typu terénu, v rovinném území jsou použity vrstevnice s intervalem 1 m a naopak, ve strmém terénu je interval vrstevnic 5 m. Pro znázornění charakteristických bodů terénu je využito číselné vyjádření nadmořských výšek, menší přirozené nebo umělé tvary terénu jsou popsány pomocí relativních výšek (resp. hloubek).

Klad, rozměry a označení mapových listů ZM10 vycházejí z kladu mapových listů Základní mapy ČR 1:200 000 jejich dělením. Mapové listy jsou pravidelné lichoběžníky o konstantní výšce 38 cm a proměnlivé délce základny, která se mění s krokem 0,3 mm od 47 cm na severu do 50 cm na jihu území tehdejšího území ČSSR (viz obrázek 1 pro území ČR).



Obr. 1 Klad listů ZM200 na území ČR

Z mapového listu ZM200 vznikají čtvrcením 4 mapové listy ZM100, z jednoho mapového listu ZM100 opětovným čtvrcením vzniknou 4 mapové listy ZM50, přičemž ZM10 vznikne rozdělením mapového listu ZM50 do 5 sloupců a 5 vrstev (tj. 25 mapových listů ZM10). Číselné označení ZM200 je složeno z čísla vrstvy (0-4 pro území ČSSR) a čísla sloupce (1-8 pro území ČSSR), k listům map větších měřítek se postupně přidává číslo kvadrantu (1-4) mapy předcházejícího měřítko. Označení ZM10 se skládá z označení ZM50, kde je za pomlčkou uvedeno dvojčíslí, které představuje číselné označení (1-25) mapového listu podle polohy na příslušné ZM50 (viz obrázek 2).



Obr. 2 Klad a značení ZM200, ZM100, ZM50, ZM10

2.2.2 Tvorba mapy

ZM10 postupně vydávaná v letech 1971 – 1988, vznikala reambulací a kartografickým přepracováním tiskových podkladů Mapy v měřítku 1:10 000, výjimečně vznikla novým mapováním. Doplnkovými grafickými podklady byly letecké měřické snímky, Státní mapa 1:5000 odvozená, mapy velkých měřítek, Základní mapa 1:50 000 a jiné. Číselným polohopisným podkladem pro účely transformace a montáže byly pravoúhlé rovinné souřadnice bodů geodetických základů a rohů vnitřních rámců mapových listů ZM10 a Mapy v měřítku 1:10 000. Číselným výškopisným podkladem byly nadmořské výšky bodů Československé jednotné nivelační sítě, Československé trigonometrické sítě a nadmořské výšky pevných bodů podrobného polohového bodového pole 1. třídy přesnosti.

2.3 Předpokládané vlastnosti vrstevnicového modelu Základní mapy ČR 1:10 000

Jelikož byl výškopis v podobě vrstevnic a výškových kót převzat z Mapy v měřítku 1:10 000 do Základní mapy (ČSSR, ČSFR, nyní ČR) 1:10 000 na velkých částech území prakticky beze změn, platí pro mezní odchylky ve výšce vrstevnic vzhledem k nejbližším bodům geodetických sítí v závislosti na sklonu terénu a daném základním intervalu vrstevnic hodnoty z tabulky 1 [8]. Pouze způsob a kvalita montáže grafických podkladů výškopisu Mapy 1:10 000 do jiného kladu listů ZM10 mohla lokálně ovlivnit změnu parametrů výškopisu.

Kresba na styku mapových listů byla podle [8] vyrovnána, jestliže rozdíl kresby nebyl větší než:

- 1,5 mm v poloze všech čar kromě výškopisu,
- hodnota odpovídající $1\frac{1}{2}$ násobku mezních odchylek z tabulky 1 v poloze vrstevnic.

Při údržbě ZM10 mohly vzniknout další chyby:

- vynechání vrstevnic v místech výrazných terénních úprav nebo jejich kancelářská úprava bez měření,
- přílišné kartografické zhlazení vrstevnic.

3. Předpokládané parametry digitálního modelu reliéfu ZABAGED

Na počátku 90. let se v ČR začala využívat technologie geografických informačních systémů (GIS), která zohledňuje prostorové vlastnosti objektů při různých poznávacích rozhodovacích činnostech. GIS lze využívat v mnoha oborech, jako je např. veřejná správa, správa územní infrastruktury, oblast civilní obrany, využívání přírodních zdrojů a ochrany životního prostředí. Aby výsledky dosažené využíváním technologií GIS byly na požadované úrovni, je třeba mít kvalitní geografická data. Protože jejich sběr byl ještě na počátku 90.let minulého století nestandardní a data různé kvality, podmínky a povinnosti spojené s využíváním geografických dat nebyly právně stanoveny, bylo usnesením Komise vlády České republiky pro státní informační systém č.4/92 ze dne 28. května 1992 uloženo tehdejšímu ČÚGK (později ČÚZK) zpracovat projekt Základní báze geografických dat ČR (dále ZABAGED), která by se později stala součástí státního informačního systému ČR. Na základě usnesení vlády č.492 z 8. září 1993 byla zpracována „*Koncepce Základní báze geografických dat (ZABAGED)*“ [12], podle které se řídila realizace a naplňování ZABAGED v první etapě (1994-2000). Druhá etapa vývoje ZABAGED (2001-2005) se řídí dokumentem „*Koncepce 2. etapy vývoje Základní báze geografických dat (ZABAGED)*“ [13].

3.1 Základní charakteristika ZABAGED

ZABAGED je topologickovektorový topografický model územní reality na úrovni podrobnosti Základní mapy ČR 1:10 000 (ZM10). Základním zdrojem dat pro vytvoření polohopisné a výškopisné složky (digitálního modelu reliéfu - DMR) ZABAGED jsou aktualizované tiskové podklady Základní mapy ČR 1:10 000.

ZABAGED byla koncipována pro využití ve 2 základních oblastech:

- 1) jako základní vrstva pro GIS na regionální úrovni (okresy, kraje, stát),
- 2) pro automatizovanou nebo poloautomatizovanou tvorbu Základní mapy ČR 1:10 000 nové generace a dalších středních měřítek. ZABAGED zde má plnit funkci *master databáze*, z níž lze počítačovou generalizací odvodit geografická data nižší podrobnosti a měřítko.

Prostorová složka ZABAGED, která vznikla digitalizací ZM10, je vedena v závazném referenčním souřadnicovém systému S-JTSK (s použitím Besselova elipsoidu) a ve výškovém systému Balt - po vyrovnání. Tato prostorová data určují polohu zobrazovaných jevů a pomocí topologie jsou definovány relace těchto jevů vůči okolí.

Atributová složka (popisná data) je převážně přejímána z různých oborových databází správců jednotlivých kategorií územních jevů (např. silniční databáze od Ředitelství silnic a dálnic ČR, a pod.). Tato data evidují kvalitativní a kvantitativní charakteristiky daných územních jevů. Popisná data tvoří pětimístný kód typu objektu a jeden nebo více vlastních atributů každého objektu. Prostorové složky ZABAGED (tvořené vektorovými soubory) a popisné informace územních jevů (kódy objektů,

atributy) v relačních databázích jsou navzájem propojeny. Správcem a poskytovatelem ZABAGED je Zeměměřický úřad.

Obsah ZABAGED je strukturován do třech úrovní:

- 8 kategorií typů objektů, které jsou tematicky rozděleny na:
 1. Sídla, hospodářské a kulturní objekty
 2. Komunikace
 3. Rozvodné sítě a produktovody
 4. Vodstvo
 5. Územní jednotky
 6. Vegetace a povrchy
 - 7. Terénní reliéf**
 8. Geodetické body
- 106 typů objektů v 60 tematických vrstvách (3 vrstvy jsou rezervní)
- atributy objektů, které podrobněji charakterizují daný objekt.

Rozdělení typů objektů do jednotlivých kategorií stanovuje *Katalog objektů ZABAGED* [14]. Do kategorie **Terénní reliéf** patří 13 typů objektů:

- 7.01 hranice geomorfologické jednotky
- 7.02 vrstevnice základní
- 7.03 vrstevnice zdůrazněná
- 7.04 vrstevnice doplňková
- 7.05 kótovaný bod
- 7.06 skalní útvary
- 7.07 rokle, výmol
- 7.08 sesuv půdy, suť
- 7.09 vstup do jeskyně
- 7.10 osamělý balvan, skála, skalní suk
- 7.11 skupina balvanů
- 7.12 stupeň, sráz
- 7.13 pata terénního útvaru

ZABAGED byla tvořena a je realizována v grafickém prostředí MicroStation v programovém prostředí Intergraph MGE. Atributová data jsou připojena prostřednictvím databáze ORACLE. Výstupem prostorové složky ZABAGED jsou dva vektorové soubory formátu DGN nebo DXF - polohopis a výškopis. Popisná data jsou uložena v tabelární formě ASCII souborů.

3.2 Prvotní naplňování ZABAGED (1994 – 2001)

V letech 1994-1995 proběhla nejprve realizace ZABAGED/2 (nyní Rastrová reprezentace ZMČR 1:10 000), což je rastrový kartografický model disponibilní verze ZM10 georeferencovaný do souřadnicového systému S-JTSK. Z takto získaných dat se poté vytvořila barevná bežešvá rastrová mapa celého území státu. ZABAGED/2 je strukturována do čtverců 2x2km, které též obsahují metadata o poloze a aktuálnosti

obsahu. Tento model, v barevné i černobílé variantě (po mapových listech), sloužil zejména jako dočasná náhrada postupně vznikajícího topologickovektorového topografického modelu ZABAGED/1 (nyní ZABAGED) a jako jeho doplněk pro dočasné zobrazení detailů intravilánu.

ZABAGED byla v první etapě (1994-2001) naplňována výškopisnými a polohopisnými daty. Z kapacitních důvodů nebyly vektorizovány detaily intravilánu (pouze průjezdní komunikace a vodní toky), jejichž obraz byl ponechán v rastrové formě. Zdrojem pro naplňování ZABAGED byly aktualizované tiskové podklady ZM10 (polohopisu, výškopisu, vodstva a areálů vybraných porostů a druhů využití půdy), které byly skenovány na velmi přesném skeneru s hustotou 1016 dpi a střední polohovou chybou $\leq 0,10$ mm. Naskenované rastrové záznamy byly afinně transformovány ze systému skeneru do souřadnicového systému S-JTSK a poté byl vytvořen vektorový model území ČR (jako prostorová složka ZABAGED) automatickou nebo poloautomatickou vektorizací.

3.3 Vlastnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED

Zdrojem výškopisu ZABAGED jsou tiskové podklady Základní mapy ČR 1:10 000 (obraz vrstevnic). Grafický podklad ZM10 na nesrážlivých fóliích byl naskenován a poté transformován do S-JTSK afinní transformací na 4 rohy mapového listu, přičemž průměrná hodnota středních chyb transformace byla 1-2 m, což je vzhledem k měřítku a vlastnostem ZM10 zanedbatelné.

Vrstevnice byly vektorizovány v Zeměměřickém úřadě poloautomaticky programem *GEOVEC* z nadstavby nad *MicroStation*. Operátor zadal výchozí bod vrstevnice a směr, kterým se má daná vrstevnice podle rastru vektorizovat. V místech, kde nebylo zřejmé, kam vrstevnice pokračuje (spádovky, slití rastru v husté kresbě vrstevnic), rozhodl ručně nastavením směru o pokračování vrstevnice. Při tvorbě vektorového 2D modelu vrstevnic nesměla žádná vrstevnice vybočit ze stopy podkladového rastru. Z důvodu hustého rozložení bodů na jednotlivých vrstevnicích proběhl po vektorizaci proces filtrace, při němž byly odstraněny body nadbytečné pro vyjádření křivosti vrstevnic (takové, které byly od spojnice sousedních bodů vzdáleny o méně než polovinu šířky rastru). Vektorový 2D model vrstevnic pak získal třetí rozměr připojením nadmořské výšky v prostředí *Terrain Analyst*, což je nadstavba programového prostředí MGE.

Při zpracování výškopisných podkladů ZM10 nebylo vždy možné jednoznačně určit výšku vrstevnice (např. v rovinatých oblastech, kde nebylo zřejmé, zda je daný útvar vyjádřený pomocnou vrstevnicí bez spádovek o 0,5 m výše než okolí nebo naopak). Proto platila zásada, že nelze-li jednoznačně určit výšku vrstevnice, pak se raději vypustí. Vrstevnice se ani nepropojovaly v místech, kde byly kartografické vrstevnice na ZM10 vynechány (terénní stupně, skály, koryta vodních toků, zářezy, násypy, zdi apod.), což pro uživatele signalizuje, že v daném místě je vyjádření terénního tvaru nejisté a příčinu lze obvykle dohledat v polohopisné složce ZABAGED. Programy na tvorbu 3D modelů totiž dokáží generovat 3D model terénu i v oblastech s vynechanými vrstevnicemi. Je však třeba počítat s tím, že v těchto místech nebude model zcela věrohodný.

Kontrola 3D modelu vrstevnic byla pouze vizuální, čímž bylo možno odhalit jen hrubé chyby vzniklé chybným zadáním výšky, které se daly rozpoznat při pohledu na barevný model trojúhelníkové sítě. Vrstevnice na styku mapových listů byly systematicky kontrolovány, přičemž byly odhaleny některé chyby, které byly obsaženy již ve zdrojovém podkladu ZM10. Jde například o situaci, kdy vrstevnice na jednom mapovém listě měla výšku odlišnou i o několik desítek metrů než její pokračování na sousedním listě. V současné době jsou kontrolovány styky výškopisu bloku mapových listů ZM10 v rámci celé příslušné Základní mapy ČR 1:50 000.

V rámci 1. aktualizace ZABAGED (2000-2005) dochází pouze k nápravě polohopisu, nikoliv k systematické aktualizaci výškopisu. Ten se zpravidla aktualizuje pouze v oblastech, kde došlo k rozsáhlým zemním pracím (stavba dálnic, sídlišť, vlivy povrchové těžby).

Lze tedy konstatovat, že vrstevnice digitálního modelu reliéfu ZABAGED jsou totožné s vrstevnicemi ZM10 (pouze nejistě označené vrstevnice byly vypuštěny) a vrstevnicový 3D model odpovídá přesností a stupněm generalizace výškopisnému podkladu Základní mapy ČR 1:10 000. Mezní odchylky ve výšce vrstevnic v závislosti na sklonu terénu a základním intervalu vrstevnic, které uvádí *Metodický návod pro tvorbu a vydávání Základní mapy ČSSR 1:10 000* [8], jsou totožné s mezními odchylkami v tabulce 1, uvedenými původně v *Instrukci pro mapování v měřítkách 1:10 000 a 1:5000* [1].

4. Předpokládané parametry vrstevnicového modelu Technickohospodářské mapy 1:2000 (1:1000)

Vzhledem k vývoji po 2. světové válce, kdy politická situace si vynutila překotné změny v technické a hospodářské sféře, vyvstala potřeba vypracování nové koncepce mapování, která by tyto změny akceptovala. V průběhu 50tých let došlo k masivnímu rozvoji těžby všech dostupných surovin, zejména k povrchové těžbě uhlí. Dále došlo k výstavbě průmyslových závodů, tepelných elektráren včetně komunikací k těmto objektům. K tomuto trendu se zejména v 60tých letech připojila výstavba řady vodních děl. Nelze opomenout změny v zemědělské oblasti, kde došlo též k masivnímu formování krajiny, např. slučováním pozemků do větších celků, k melioracím a regulaci vodních toků. Nejen tyto rozsáhlé zásahy do krajiny, ale především direktivní plánování rozvoje národního hospodářství vyvolalo potřebu nového mapování ve velkých měřítkách. Na základě vládního usnesení č. 43 ze dne 17. ledna 1962 pod názvem „*Návrh usnesení vlády o technickohospodářském mapování pro potřeby národního hospodářství*“ byla zpracována koncepce technickohospodářského mapování. Technické podmínky vyhotovení Technickohospodářské mapy (dále jen THM) stanovila „*Instrukce pro technickohospodářské mapování v měřítkách 1:500, 1:1000, 1:2000 a 1:5000*“ [9], vydaná Ústřední správou geodesie a kartografie (ÚSGK) v roce 1961.

Vědeckotechnický a politický vývoj koncem 60tých let pak přispěl nejen ke změnám technologického procesu zpracovávání THM, ale také ke změně základních charakteristik THM. Dne 1. srpna 1969 nabyla účinnosti „*Směrnice pro technickohospodářské mapování*“ [10]. Nejvýznamnější změnou byl návrat ke kartografickému zobrazení (Křovákovo konformní kuželové zobrazení v obecné poloze) a souřadnicovému systému S-JTSK.

4.1 Základní charakteristiky Technickohospodářské mapy

Technickohospodářské mapy byly mapy velkých měřítek (1: 5000 a větších), pořizované pro technické a hospodářské účely v letech 1961-1981. Zobrazují na podkladě přesného bodového pole předměty měření a výškové poměry zemského povrchu s přesností stanovenou metodou mapování, aby vyhovovaly podle potřeby i k účelům technického projektování.

Technickohospodářské mapy se dělí podle obsahu na:

- **Základní mapy** – obsahem jsou body základního a podrobného bodového pole polohopisného a výškového (geodetické základy), pozemky, budovy a technická zařízení trvalého rázu. Výškové poměry jsou vyjádřeny kótami, vrstevnicemi a šrafami.
- **Účelové mapy** – vyhotovené na podkladě základní mapy, na kterých jsou navíc zobrazeny ještě další předměty měření a šetření. Podle účelu, pro který byly mapy použity, jsou zde vyobrazeny speciální účelové předměty (pro potřeby územního plánování, investiční výstavby, sídlišť).

Měřítko základní mapy se volilo podle hospodářského významu a typu území. Měřítko 1:1000 byla převážně použita pro místní tratě a jejich okolí, zahrnující oblasti investiční a bytové výstavby, průmyslové obvody a území s hustým polohopisem. Měřítko 1:2000 byla použita pro ostatní místní tratě a pro polní tratě s hustým a středně hustým polohopisem. Mapy v měřítku 1:5000 (méně časté) zobrazují členité a zalesněné území s řídkým polohopisným obsahem.

4.2 Tvorba a zobrazení výškopisu

Výškopis je v základních THM zobrazen vrstevnicemi, výškovými kótami a šrafami s uvedením relativních výšek. Základní vrstevnice mají interval 1 m a jsou podle potřeby zahuštěny doplňujícími vrstevnicemi 0,5 m nebo 0,25 m. Tímto způsobem byl vyhotoven výškopis na všech THM z let 1961-1981 a výběrově na Základní mapě ČSSR velkého měřítko (ZMVM) po roce 1982, pokud jeho tvorbu financoval mimoresortní uživatel (obce, ministerstva), nebo kde se předpokládala plošná náhrada SMO-5 novou mapou v měřítku 1:5000. V lesních komplexech větších než 25 ha byl výškopis přejímán z Mapy v měřítku 1:10 000 (po roce 1969 ze Základní mapy ČSSR 1:10 000), přičemž byl zachován původní vrstevnicový interval 2 m. Z tohoto důvodu nelze lesní komplexy považovat za srovnávací soubor pro tuto studii.

V místních tratích městského typu, mapovaných v měřítku 1:1000, kde by vyjádření výškopisu vrstevnicemi neposkytlo výstižný obraz, jsou výškové poměry vyjádřeny kótovanými body na zpevněném povrchu. V polních tratích jsou výškové poměry vyjádřeny vrstevnicemi doplněnými kótovanými body, jejichž hustota byla 5-10 bodů na 1 dm² na mapě v místní trati a 1-5 bodů na 1 dm² na mapě v polní trati [9]. Vrstevnice nebyly kartograficky zhlazovány a dobře vystihují i průběh terénních hran u náspů, výkopů, příkopů a břehovek. Tvary zemského povrchu vzniklé lidskou činností, které nebylo možno uspokojivě vyjádřit vrstevnicemi, byly znázorněny technickými šrafami. Šrafování bylo též použito pro znázornění stupňů probíhajících souběžně s vrstevnicemi (břehy, meze, atd.).

4.3 Technickohospodářské mapování v letech 1961 – 1969

4.3.1 Geodetické a kartografické základy

Geodetickým polohovým základem byla Československá trigonometrická síť a body podrobného polohového bodového pole. THM byly původně vyhotovovány v souřadnicovém systému S-42 a v Gauss-Krügerově konformním zobrazení ve 3stupňových poledníkových pásech na referenčním elipsoidu Krasovského. Každý pás měl vlastní systém rovinných pravoúhlých souřadnic. Na území tehdejšího Československa bylo 5 takových systémů. Výškopis byl zpracován ve výškovém systému Balt - po vyrovnání, který byl pro základní THM povinný. Jako výškový základ byla použita Československá jednotná nivelační síť I. – IV. řádu.

4.3.2 Měření výškopisu

Instrukce [9] stanovila použití měřických metod podle typu území, tzn. podle hustoty zastavění, členitosti terénu a podle požadované přesnosti a efektivnosti.

Pro určení nadmořských výšek podrobného bodového pole byly použity metody:

- přesná nivelace pro pořady IV. řádu,
- technická nivelace v rovinném území,
- trigonometrická nivelace – pro území s průměrným sklonem přes 5 %,
- trigonometrické měření výšek.

Pro podrobné výškopisné měření byly použity měřické metody:

- 1) **geodetické** – v hustěji zastavěném území
 - *plošná nivelace* – předpokladem je existence dostatečného počtu polohopisně určených bodů v zastavěném území,
 - *polární metoda* ve spojení s polohopisným měřením,
 - *číselná tachymetrie* – body pro sestavení vrstevnic,
- 2) **fotogrammetrické** – pro přehledná území s řídkou zástavbou s minimální rozlohou 500 ha,
 - *univerzální letecká fotogrammetrická metoda* – pro přehledný, členitý terén,
 - *pozemní fotogrammetrická metoda* (zcela výjimečně).

Přesnost základní mapy v polohopisu a výškopisu je dána číselnou přesností bodového pole a číselnou a grafickou přesností podrobného měření.

4.3.3 Číselná přesnost výškopisu THM

Přesnost výškového bodového pole je závislá na použité měřické metodě [9]:

- pro body nivelačních pořadů I. – IV. řádu platí přesnost stanovená nivelační instrukcí a nivelačním návodem,
- pro body stabilizované nivelačními značkami a určené technickou nivelací je mezní odchylka v uzávěru pořadu $\Delta[mm] = \pm 20\sqrt{r}$ pro $r_{\max} = 6$ km,
- pro body stabilizované kameny a určené pořady technické nivelace je přípustná odchylka v uzávěru pořadu $\Delta[mm] = \pm 30\sqrt{r}$ pro $r_{\max} = 6$ km,
- pro body bodového pole stabilizované kameny a určeny trigonometrickou nivelací je přípustná odchylka v uzávěru pořadu $\Delta[mm] = \pm 80\sqrt{r}$ pro $r_{\max} = 3$ km,
- pro body bodového pole stabilizované kameny a určené trigonometrickým měřením výšek nejméně ze tří směrů maximální délky 3 km, je přípustná střední chyba ± 10 cm.

Přesnost nadmořských výšek bodů podrobného měření ve vztahu k nadmořským výškám nejbližších bodů bodového pole vyplývá z podmínek stanovených pro jednotlivé metody měření. V případě fotogrammetrického vyhodnocování polohopisu a výškopisu nesměl být rozdíl mezi kontrolním a původním polohovým vyhodnocením jednoznačně identifikovatelných bodů větší než 0,04 mm na snímku a rozdíl ve výškách nesměl být větší než 0,35 m.

4.3.4 Grafická přesnost výškopisu THM

Přesnost vrstevnic byla kontrolována bodovou zkouškou nebo profily vedenými kolmo k vrstevnicím. Výškové odchylky vrstevnic nesměly překročit mezní odchylky uvedené v tabulce 6 [10].

Tabulka 6 Mezní odchylky výškových odchylek vrstevnic na THM

Měřítko mapy	mezní odchylka	
	přehledný terén	nepřehledný terén
1 : 1000	$\pm \sqrt{0,26^2 + (2,6 \tan a)^2}$	$\pm \sqrt{0,40^2 + (5 \tan a)^2}$
1 : 2000	$\pm \sqrt{0,40^2 + (4 \tan a)^2}$	$\pm \sqrt{0,50^2 + (7 \tan a)^2}$
<i>a</i> je úhel sklonu terénu ve zkoušeném místě		

Přesnost určení nadmořských výšek kótovaných bodů polohopisu a charakteristických bodů výškopisu se posuzovala obdobně jako výškové odchylky vrstevnic. Dopustné meze se snížily o třetinu. Jestliže byly výšky učeny geometrickou nivelací, nesměla odchylka ve výšce bodu přesáhnout 0,05 m na zpevněném povrchu a 0,15 m v ostatních případech.

4.4 Technickohospodářské mapování v letech 1969 – 1981

4.4.1 Geodetické a kartografické základy

Geodetickými polohovými a výškovými základy byla opět Československá trigonometrická síť a body podrobného polohového bodového pole a Československá jednotná nivelační síť I. – IV. řádu. Výškopis byl zpracován ve výškovém systému Balt - po vyrovnání. Změna oproti THM podle instrukce z roku 1961 [9] byla v souřadnicovém systému a použitím kartografického zobrazení. Výpočty byly prováděny v souřadnicovém systému S-JTSK a v Křovákově konformním kuželovém zobrazení v obecné poloze s použitím referenčního Besselova elipsoidu. Tato změna přinesla výhody jednotného souřadnicového systému, konstantní velikost mapového rámu a další. Souvislý klad mapových listů základních map navazoval na dělení triangulačních listů v S-JTSK. Klad byl pravoúhlý, daný rovnoběžkami s osami Y a X zobrazovací soustavy.

4.4.2 Měření výškopisu

Ve všech důležitých místních tratích mapovaných v měřítku 1:1000 byla vybudována plošná nivelační síť. Nadmořské výšky podrobného bodového polohového pole byly určovány, pokud to bylo účelné pro podrobné výškové měření. Podle požadavků na přesnost výšky byla použita metoda technické nivelace nebo trigonometrické měření výšek. Přesnost bodů určených v pořadech technické nivelace byla stanovena mezní odchylkou $40\sqrt{r}$ v uzávěrech pořadů pro $r_{\max} = 5$ km [10].

Metody podrobného měření výškopisu se oproti instrukci z roku 1961 téměř nezměnily, volba použité metody opět závisela na charakteru území:

- **Plošná nivelace** se použila v místech se zvýšenými požadavky na přesnost, v zastavěném území na zpevněném povrchu, kde již byl k dispozici polohopisný podklad.
- **Číselná tachymetrie** byla použita k určení bodů na přirozeném nebo zemědělsky obdělávaném povrchu, na nezpevněných cestách, vodních tocích, lomech apod. Výsledky byly využity zejména pro následné řešení průběhu vrstevnic.
- **Přesná tachymetrie** byla využita ve spojení se současným měřením polohopisu.
- **Trigonometrické metody** byly využity pro členitá území většinou pro určení nadmořských výšek vrcholů polygonových pořadů připojených na výškové bodové pole.
- **Univerzální fotogrammetrická metoda** se signalizací vlíčovacích bodů a značné části podrobných bodů polohopisu byla hojně využita též pro vyhodnocování vrstevnic, výškových kót a k vyznačení terénních stupňů. Vlícovací body byly určeny geodeticky nebo (zejména v případě ZMVM) fotogrammetricky (blokovou analytickou aerotriangulací) se základní střední chybou $\sigma_{VB} = 0,05$ m pro THM v měřítku 1:1000 a $\sigma_{VB} = 0,10$ m pro THM (resp. ZMVM) v měřítku 1:2000.

4.4.3 Číselná přesnost výškopisu THM

Přesnost podrobných bodů výškopisu (výškové kóty) byla určena střední výškovou chybou podle použité metody a měřítka mapy. Pro nezpevněný povrch platily tyto hodnoty základní střední chyby σ_z [10]:

měřítko	fotogrammetrická metoda		geodetické metody
	THM	ZMVM	
1 : 1000	0,15 m	0,12 m	} 0,12 m
1 : 2000	0,20 m	0,18 m	

Mezní chyba ve výšce vrstevnice na THM (jako dvojnásobek základní střední chyby σ_v) je pro různé podmínky mapování (ϵ = sklon terénu) uvedena v tabulce 7.

Tabulka 7 Mezní chyby ve výšce vrstevnic na THM podle podmínek mapování

Měřítko	terén	mezní chyba	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
1 : 1000	přehledný	$\sqrt{0,40^2 + (1,4 \tan e)^2}$ [m]	0,40	0,42	0,47	0,55	0,65	0,77	0,90
1 : 1000	zarostlý	$\sqrt{0,52^2 + (2,7 \tan e)^2}$ [m]	0,52	0,57	0,70	0,89	1,11	1,36	1,64
1 : 2000	přehledný	$\sqrt{0,50^2 + (2,4 \tan e)^2}$ [m]	0,50	0,54	0,66	0,81	1,00	1,23	1,47
1 : 2000	zarostlý	$\sqrt{0,66^2 + (4,5 \tan e)^2}$ [m]	0,66	0,77	1,03	1,37	1,77	2,20	2,68

Pro fotogrammetrické vyhotovení technickohospodářské mapy po roce 1969 a Základní mapy ČSSR velkého měřítka (ZMVM) byly voleny základní parametry leteckého měřického snímkování tak, aby mapový list byl pokryt vždy dvěma stereodvojicemi snímků o formátu 23x23 cm resp. 18x18 cm se 60procentním podélným překrytem [6]. Pro základní měřítka mapování 1:2000 a 1:1000 pak platí následující parametry (h je relativní výška letu, $\sigma = 0,15 \%$ h je vnitřní přesnost fotogrammetrického určení výšky jednotlivých bodů):

Tabulka 8 Parametry leteckého měřického snímkování THM

Měřítko mapy	formát snímku [cm]	měřítko snímku	f [mm]	h [m]	s [m]
1 : 2000	23x23	1 : 6800	152	1032	0,15
1 : 2000	18x18	1 : 8680	115	998	0,15
1 : 1000	18x18	1 : 4340	210	911	0,14

Apriorní základní střední chyba v odvození výšky z fotogrammetricky vyhodnocených vrstevnic při sklonu 0° je podle vzorce

$$s_v = \sqrt{s^2 + s_{VB}^2 + s_{AO}^2}$$

pro měřítko 1 : 2000 $\sigma_v = 0,23$ m a tedy mezní chyba $2\sigma_v = 0,46$ m. Pro měřítko 1 : 1000 je $\sigma_v = 0,20$ m a mezní chyba $2\sigma_v = 0,40$ m, což je v dobrém souladu s požadavky Směrnice [10] v tabulce 7.

V letech 1961-1981 byly technickohospodářské mapy vyhotoveny na cca 8,5 % území současné České republiky.

5. Výběr zkušebních lokalit na území Plzeňského a Karlovarského kraje

S odstupem téměř 50 let od vytvoření základního zdroje dat pro tvorbu digitálního modelu reliéfu Základní báze geografických dat (DMR ZABAGED) – Mapy v měřítku 1:10 000 s výškopisem ve formě vrstevnic o základním intervalu 2 m, výškových kót a relativních výšek menších přirozených i umělých terénních tvarů, je třeba posuzovat 2 aspekty hodnocení jeho kvality:

- geometrickou přesnost výškopisu
- aktuálnost výškopisu.

Předmětem diplomové práce je první hledisko, které může být posouzeno porovnáním s výrazně přesnějším výškopisem, pořízeným na vybraných 7 zkušebních lokalitách v rámci technickohospodářského mapování (zčásti i při vyhotovení Základní mapy velkého měřítka) v letech 1962-1986 na území dnešního Plzeňského a Karlovarského kraje. Výrazný rozdíl v přesnosti výškopisu, který je původním zdrojem dat pro vytvoření digitálního modelu reliéfu ZABAGED a který byl znovu a podrobněji zobrazen v časovém odstupu 5-18 let na Technickohospodářské mapě (THM) a Základní mapě ČSSR velkého měřítka (ZMVM), je patrný z porovnání mezních chyb uvedených pro přehledný a nepřehledný typ území v tabulkách 2 a 7.

V případě THM v měřítku 1:1000 je hodnota mezní chyby ve výšce vrstevnic v rozsahu 16-28 % obdobné chyby DMR ZABAGED. Výškopis na THM a ZMVM v měřítku 1:2000 vykazuje mezní chybu ve výšce vrstevnic v rozsahu 27-35 % obdobné chyby DMR ZABAGED. Poměr přesnosti výškopisů 1:3 nebo menší a přiměřený časový odstup potvrzuje oprávněnost využití těchto dat k ověření přesnosti (nikoliv aktuálnosti) digitálního modelu reliéfu ZABAGED s výjimkou souvislých lesních porostů o ploše větší než 25 ha. Přehled zkušebních lokalit uvádí tabulka 9 a příloha 1. Lokality byly zvoleny tak, aby zdrojová data byla vytvořena více vyhodnocovateli a tak byl vyloučen vliv osobních chyb.

S výjimkou lokality Koloveč, která byla mapována geodetickými metodami v roce 1962 podle *Instrukce pro technickohospodářské mapování v měřítkách 1:1000, 1:2000 a 1:5000* (ÚSGK, 1961) [9] v kladu mapových listů odvozených z Gauss-Krügerova zobrazení ve třístupňových poledníkových pásech, ostatní zkušební lokality byly mapovány geodeticky nebo fotogrammetricky v letech 1970-1981 podle *Směrnice pro technickohospodářské mapování* (ČÚGK, 1969) [10] nebo v letech 1982-1986 podle *Směrnice pro tvorbu Základní mapy ČSSR velkého měřítka* (ČÚGK, 1981) [11] v kladu mapových listů v měřítku 1:1000 nebo 1:2000 Křovákova zobrazení. Ve všech případech byl použit výškový systém Balt - po vyrovnání (Bpv), jehož výšky jsou v průměru o 40 cm menší než výšky jadranské. Nejde však o konstantní rozdíl na celém státním území vzhledem k rozdílnému způsobu zavedení redukce z tíže a postupu mezinárodního vyrovnání nivelačních sítí bývalých socialistických států střední a východní Evropy v letech 1957-1960. Vzniklé rozdíly oproti výškovému systému užívanému na Mapě v měřítku 1:10 000 (Jadran –46 cm) jsou vzhledem k očekávaným nesouladům obou výškopisů (1 m i více) nepodstatné.

Tabulka 9 Přehled zkušebních lokalit

Lokalita		mapování	měřická metoda	období	mapové listy	měřítko	list ZM10 (ZABAGED)
Františkovy Lázně	AŠ	THM	číselná tachymetrie	1971	5-8/21	1 : 1000	11-14-11
					5-8/23		
					5-5/24		
Jesenice	CHEB	THM	fotogrammetrie	1983	1-2/3	1 : 2000	11-14-23
					2-2/4		
					2-2/2		
Třemošná	PLZEŇ	THM	čís. tachymetrie	1970	8-0/43	1 : 1000	12-33-06
			fotogrammetrie	1981-1982	8-0/3	1 : 2000	
					9-0/1		
Kařez	HOŘOVICE	ZMVM	fotogrammetrie	1986	7-2/2	1 : 2000	12-34-07
Blovice	BLOVICE	THM	číselná tachymetrie	1972	5-4/32	1 : 1000	22-11-19
					5-4/41		
					5-4/43		
Koloveč	PŘEŠTICE	THM	číselná tachymetrie	1962	8-7/3	1 : 2000	21-24-07
					9-7/4		
					9-8/2		
Nová Role	SOKOLOV	THM	fotogrammetrie	1980-1983	0-4/1	1 : 2000	11-21-18
					1-2/4		

Rozsah zkoušek uvádí následující přehled:

- 18 mapových listů vesměs plně pokrytých kresbou vrstevnic se základním intervalem 1m, z toho:
 - Ø 7 listů THM 1:1000
 - Ø 11 listů THM nebo ZMVM 1:2000
- celková porovnávaná plocha 7 zkušebních lokalit 1493,5 ha se sklonovými poměry uvedenými v tabulce 10.

Tabulka 10 Sklonové poměry ve zkušebních lokalitách

Sklon terénu		0 – 5 %	5 – 10 %	10 – 20 %	20 – 40 %	40 – 60 %	> 60 %
lokality	ha	0 – 2,9 °	2,9 – 5,7 °	5,7 – 11,3 °	11,3 – 21,8 °	21,8 – 31 °	> 31 °
AŠ	82,29	87,9 %	9,0 %	1,9 %	0,7 %	0,3 %	0,2 %
BLOVICE	91,50	64,7	23,7	7,6	2,7	0,8	0,5
CHEB	351,56	72,0	20,1	6,4	1,2	0,2	0,1
HOŘOVICE	121,77	47,9	47,7	4,0	0,3	0,06	0,04
PLZEŇ	275,02	53,5	30,7	12,4	2,4	0,7	0,3
PŘEŠTICE	365,78	25,9	48,4	21,8	2,9	0,6	0,4
SOKOLOV	205,58	57,6	30,3	9,4	1,8	0,5	0,4
Experiment celkem	1493,50	47,3 %	28,4 %	9,9 %	1,7 %	0,4 %	0,3 %

Podíl jednotlivých kategorií přibližně odpovídá sklonovým poměrům v typické zemědělsky obhospodařované a průmyslové krajině, v nesouvisle zastavěném území a mimo lesní komplexy. Systematický výskyt svažitého a strmého terénu je charakteristický pro horské a podhorské oblasti s větším podílem zalesnění. V takových lokalitách však byl dosud vyhotovován výškopis na mapách v měřítku 1:1000 nebo 1:2000 jen výjimečně.

Výškopisná data THM a ZMVM ze zkušebních lokalit poskytl Katastrální úřad pro Plzeňský kraj v Plzni, data výškopisné složky ZABAGED, polohopis ZABAGED a ortofotomapy zkušebních lokalit poskytl Zeměměřický úřad.

6. Digitalizace výškopisné složky Technickohospodářské mapy 1 : 2000 (1 : 1000)

Tiskové podklady výškopisné složky THM resp. ZMVM vybraných lokalit v grafické podobě na nesrážlivých fóliích byly převedeny do digitální rastrové podoby v Zeměměřickém úřadě pomocí plochého skeneru KARTOSCAN FBIII s maximální skenovací plochou 100 x 90 cm a střední polohovou chybou skeneru 0,06 mm. Naskenované mapové listy v černobílé podobě, původně ve formátu *.tiff, byly převedeny do formátu *.cit v místních souřadnicích skeneru. Afinní transformací na 4 rohy mapového listu byla tato data transformována do geodetického referenčního systému S-JTSK. Hodnoty střední polohové chyby transformace jednotlivých mapových listů m_{xy} jsou uvedeny v tabulce 11. Nad takto připravenými soubory rastrových dat ve formátu *.cit, byla realizována vlastní digitalizace.

Tabulka 11 Střední polohové chyby afinní transformace tiskových podkladů

mapový list THM/ZMVM	m_{xy} [m]	mapový list THM	m_{xy} [m]
Aš 5-8/21	0,07	Cheb 2-2/4	0,10
Aš 5-8/23	0,04	Plzeň 8-0/3	0,22
Aš 5-8/24	0,06	Plzeň 8-0/43	0,04
Blovice 5-4/32	0,04	Plzeň 9-0/1	0,09
Blovice 5-4/41	0,04	Přeštice 8-7/3	0,34 *
Blovice 5-4/43	0,0	Přeštice 9-7/4	0,70 *
Hořovice 7-2/2	0,20	Přeštice 9-8/2	0,44 *
Cheb 1-2/3	0,16	Sokolov 0-4/1	0,07
Cheb 2-2/2	0,17	Sokolov 1-2/4	0,04

* montáž z kladu listů v Gauss-Krügerově zobrazení

12 mapových listů bylo digitalizováno pomocí SW *Kokeš* (v laboratoři fotogrammetrie na ZČU v Plzni) manuální vektorizací, při které byl brán zřetel na hustotu vkládaných bodů vrstevnic tak, aby následný trojúhelníkový model (TIN) byl částečně „optimalizován“, tj. aby v síti vzniklo co nejvíce trojúhelníků blížících se trojúhelníkům rovnostranným. V některých oblastech byl tento požadavek snadno realizovatelný (např. v pravidelném terénu s přímými vrstevnicemi a pravidelným rozstupem), ale v jiných případech ztěžil proveditelný (např. v rovinnatém území, kde jsou vrstevnice situovány daleko od sebe, ale jejich průběh je často velmi zakřivený). Zde byly body vrstevnic voleny tak, aby jejich spojnice (polyline) co nejlépe vystihovala křivost dané vrstevnice. Lomové body vrstevnic (ve vrstvě *Vrstevnice*) a samostatné výškové kóty (ve vrstvě *Body*) byly definovány v souřadnicích $[x,y,z]$. Poloha bodů $[x,y]$ byla určena grafickým vložením výškového bodu nebo lomového bodu vrstevnice a výška z těchto bodů byla zadána číselnou hodnotou v editačním poli. Data byla vektorizována ve formátu SW *Kokeš* (*.vyk), přičemž každý mapový list byl vytvořen jako samostatný soubor se 3 vrstvami (*Vrstevnice*, *Body*, *Lomové linie*).

Rozdělení do těchto vrstev bylo voleno z důvodu dalšího využití při editaci nebo tvorbě samotných digitálních modelů. Lomové linie (terénní hrany) byly vytvořeny v místech s výraznými zlomy terénu. Jelikož byla tato data dále používána i v jiných SW, byl formát *.vyk exportován v prostředí *Kokeš* do formátu *.dxf. S tímto formátem mohou pracovat oba programy (viz [kapitulu 7](#)), které byly dále využity pro zjištění výškových rozdílů vrstevnicových modelů ZABAGED a THM. K identifikaci hrubých chyb z přiřazení chybné výšky vrstevnic nebo výškové kóty v procesu digitalizace byla využita pohledová metoda na 3D zobrazení vrstevnic.

6 mapových listů bylo digitalizováno pracovníky Zeměměřického úřadu, aby byl vyloučen případný vliv použitého SW a lidského faktoru na postup digitalizace výškopisu. Vrstevnice byly v ZÚ vektorizovány poloautomaticky s následnou filtrací nevýznamných lomových bodů. Body byly vypouštěny za podmínky, že od spojnice sousedních bodů byly vzdáleny o méně než polovinu šířky rastru. Takto získané 2D lomené čáry (polyline) byly pomocí nadstavby MGE *Terrain Analyst* opatřeny výškou z. Tentýž postup byl použit při původní vektorizaci vrstevnic pro ZABAGED. Výškové kóty nebyly v ZÚ digitalizovány. Výsledné vektorizované soubory byly dodány ve formátu *.dgn, který pak byl v prostředí *MicroStation* exportován do formátu *.dxf.

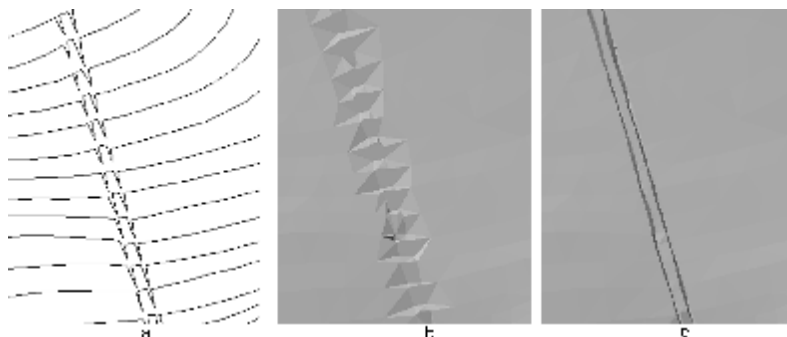
7. Metodika a technologie odvození a porovnání výšek kontrolních bodů na digitálním modelu reliéfu ZABAGED a na digitalizované THM

Pro účely této diplomové práce byly využity dva obdobné postupy realizované odlišnými softwarovými produkty. Prvním byl software ArcGIS 8.2 ESRI, druhým ATLAS DMT 3.8 firmy ATLAS, spol. s r.o. Porovnání obou modelů reliéfu bylo realizováno odečtením výškového modelu THM resp. ZMVM od DMR ZABAGED. V závislosti na použitém produktu byly získány výškové rozdíly v podobě rastrových dat nebo 3D vektorového modelu. Při zpracování získaných dat byly využity přednosti a možnosti jednotlivých programů, v nichž byly použity různé funkce vhodné pro daný úkol.

Použité geodetické metody či technické parametry fotogrammetrického mapování THM a ZMVM umožnily dosáhnout výrazně vyšší přesnosti výškopisu než v případě Mapy v měřítku 1:10 000 (později transformované do Základní mapy ČSSR, ČSFR, ČR 1:10 000), takže výškové rozdíly na identických bodech (ve tvaru ZABAGED *minus* THM resp. ZMVM) mají charakter pseudoskutečných chyb.

7.1 Využití SW ArcGIS pro porovnání výšek na digitálních modelech ZABAGED a THM

Pro jednotlivé mapové listy THM nebo ZMVM a větší mapové listy ZABAGED, zahrnující uvnitř zkušební lokalitu, byly triangulací vytvořeny digitální vektorové modely terénu (TIN - Triangular Irregular Network = nepravidelná trojúhelníková síť) z vektorových dat formátu *.dxf (digitalizovaná data THM a poskytnutá data ZABAGED), a to prostřednictvím funkce *3D Analyst @ Create/Modify TIN @ Create TIN from features*. Pro vytvoření těchto trojúhelníkových sítí byly využity bodové vrstvy (výškové kóty) a liniové vrstvy (vrstevnice v podobě polyline). Síť vznikla tak, že vrcholy trojúhelníků jsou lomové body vrstevnic nebo jednotlivé výškové body. Pro doplnění a zpřesnění vzniklého TIN byly využity významné terénní hrany (breaklines) zejména pro výkopy a násypy komunikací nebo významné terénní stupně a ostré zářezy v terénu. Takto definované linie zajistí, že žádná strana trojúhelníku sítě nebude křížit tuto linii a tak v modelu vzniknou tvary bližší skutečnosti (zářez bude zářezem, u komunikací dojde ke zvýraznění koruny komunikace – viz obrázek 3).



Obr. 3 Použití terénních hran: a - vrstevnice, b - TIN bez breaklines, c - TIN s breaklines

Pro další práce bylo nutno mít k dispozici digitální rastrový model terénu (GRID), který byl vytvořen převodem z TIN pomocí funkce *3D Analyst* ® *Convert* ® *TIN to Raster*. Velikost buněk rastru byla zvolena 5 x 5 m, parametry GRID byly nastaveny z atributu *elevation* vstupního TIN. Převod mezi TIN a GRID se označuje jako *interpolace*, v použitých programech se využívá *lineární* nebo *kvintické interpolace*.

Z takto připravených dat (GRID ZABAGED a GRID příslušného mapového listu THM) byly vypočteny výškové rozdíly pomocí funkce *Spatial Analyst* ® *Raster Calculator* zadáním výrazu

$$[\text{GRID_ZABAGED}] - [\text{GRID_THM}].$$

Výsledný rastr (GRID_DIFERENCE), který vznikl **odečtením** hodnot v jednotlivých buňkách rastrů, znázorňuje výškové rozdíly mezi oběma digitálními modely. Intervaly a příslušná barevná stupnice byly voleny pro všechny mapové listy shodně, aby byly pohledově porovnatelné (viz přílohu 6). Velikost intervalu je 50 cm od 0 do ±3 m. Hodnoty výškových rozdílů nad ±3 m jsou obsaženy v krajních intervalech.

Dvě ze základních veličin, které ArcGIS automaticky vyhodnocuje nad daným rastrem, jsou **Mean** a **Standard Deviation**. *Mean* představuje aritmetický průměr všech hodnot buněk v rastru a v daném případě vyjadřuje hodnotu systematické chyby ($\bar{c} = \bar{x}$). *Standard Deviation* je zde míněna jako **výběrová směrodatná odchylka** *s*, která je definována jako druhá odmocnina **výběrového rozptylu** s^2 . Pro tyto veličiny platí následující vztahy:

$$s = \sqrt{s^2} \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Konkrétní číselné hodnoty pro jednotlivé lokality a mapové listy jsou uvedeny v tabulce 14 ([kapitola 8](#)).

Digitální model reliéfu ZABAGED by měl podle předpokládaných vlastností splňovat podmínku, že 95 % výškových rozdílů bude menší než mezní chyba v určení výškopisu, což je dvojnásobek chyby střední. Pro zjištění míst, kde byla v přehledném terénu překročena mezní odchylka podle tabulky 1 pro daný interval sklonu terénu, bylo třeba vytvořit rastr sklonů pomocí funkce *3D Analyst* ® *Surface Analysis* ® *Slope* s velikostí buňky 5 m. Pro rozložení sklonů do 6 intervalů (viz tabulku 1) byla použita funkce *3D Analyst* ® *Reclassify*, která vytvořila nový rastr SLOPE s hodnotami buněk 1-6 podle pořadí intervalů v tabulce 1. Z tabulky rastru byly v dalších výpočtech využity informace o celkovém počtu buněk v daném intervalu. S využitím vlastností mapové algebry a funkce *Spatial Analyst* ® *Raster Calculator* byly určeny oblasti s překročenými mezními odchylkami v daném sklonovém intervalu. Následujícími výrazy v *Raster Calculator* byly vytvořeny nové rastrové vrstvy, s hodnotami buněk 0 nebo 1.

```
[ SLOPE ]== 1 & Abs([ GRID_DIFERENCE ]) > 1,5
[ SLOPE ]== 2 & Abs([ GRID_DIFERENCE ]) > 2,0
[ SLOPE ]== 3 & Abs([ GRID_DIFERENCE ]) > 2,5
[ SLOPE ]== 4 & Abs([ GRID_DIFERENCE ]) > 3,0
[ SLOPE ]== 5 & Abs([ GRID_DIFERENCE ]) > 4,0
[ SLOPE ]== 6 & Abs([ GRID_DIFERENCE ]) > 5,0.
```

Buňky s nulovou hodnotou splňují podmínky v tabulce 1. V oblastech s hodnotou 1 byly mezní chyby překročeny. Číselné hodnoty zjištěné podle tohoto postupu a jejich zhodnocení jsou uvedeny v tabulkách 15a, 15b, 15c ([kapitola 8](#)).

Základní střední chyba charakterizuje soubor ze zkušební lokality vzhledem k metodě měření a při standardních podmínkách. V případě dostatečně velkého souboru a při působení jen nahodilých chyb se základní střední chyba rovná *směrodatné odchylce*. Náhodné chyby jsou nevyhnutelné chyby s nulovou střední hodnotou a jejich výskyt se řídí Gaussovým normálním rozložením. Mezní chyba souboru (největší přípustná chyba) se stanoví jako dvojnásobek až trojnásobek základní střední chyby (resp. směrodatné odchylky) podle významnosti měření.

Pro posouzení normálního rozdělení byly využity hodnoty *Standard Deviation* (σ_z), přičemž by mělo platit následující rozložení chyb:

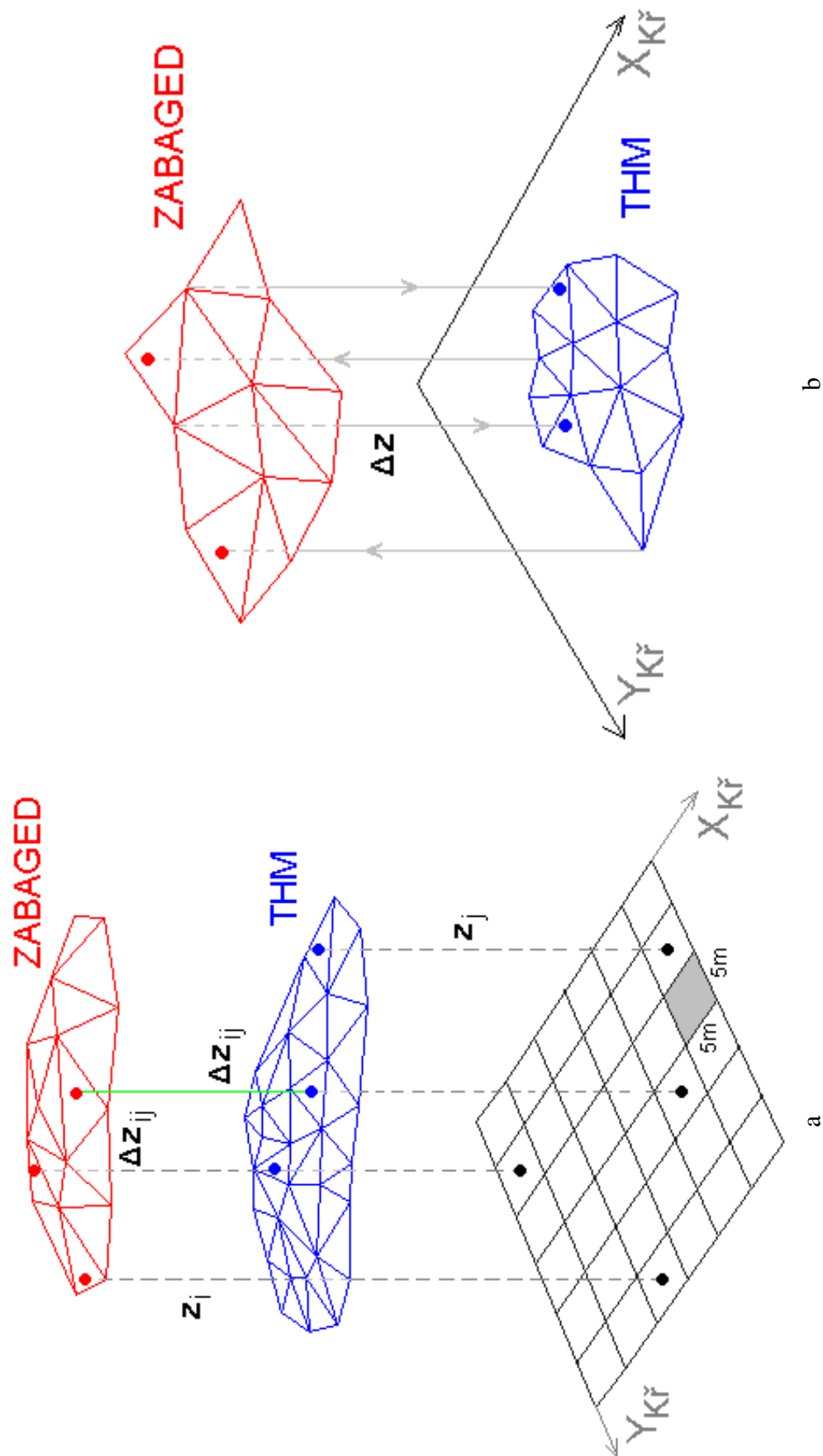
$|0..s_z|$	68,27 %
$|0..2s_z|$	95,45 %
$|0..3s_z|$	99,73%
nad $|3s_z|$	evidentní hrubé chyby

Každý rastr GRID_DIFERENCE daného mapového listu byl v dialogovém okně *Layer Properties @ Symbology @ Classify* rozdělen na 8 intervalů podle příslušných hodnot σ_z , $2\sigma_z$, $3\sigma_z$ daného mapového listu, z nichž bylo vyhodnoceno procentuální zastoupení výše uvedeného rozložení. Číselné hodnoty a jejich zhodnocení jsou uvedeny v tabulce 12 ([kapitola 8](#)).

7.2 Využití SW ATLAS DMT pro porovnání výšek na digitálních modelech ZABAGED a THM

Jako vstupní data pro využití SW produktu ATLAS DMT byl opět použit digitalizovaný výškopis THM a poskytnutý digitální model reliéfu ZABAGED. Pomocí modulu *Generace sítě* byla nad vstupním souborem (*.dxf) vytvořena trojúhelníková síť ve 3D. Vrcholy trojúhelníků jsou lomové body vrstevnic nebo samostatné výškové kóty. Při zadávání vstupních podmínek pro generaci sítě je umožněno též zadání terénních hran jako v případě popsáném v odstavci [7.1](#).

Pro vytvoření 3D modelu výškových rozdílů podle ZABAGED a THM byl využit modul *Prolínání sítě*, kde byl nastaven způsob prolínání jako *znázornění výškových odchylek*. Aby bylo možné porovnat výsledky podle postupu z odstavce [7.1](#) a [7.2](#), bylo zvoleno pořadí modelů tak, aby výškové odchylky odpovídaly hodnotám ZABAGED *minus* THM. Výsledný 3D model diferencí (DIFERENCE) vznikl odečtením výšek dvou bodů o stejných souřadnicích [x,y], přičemž vždy alespoň jeden z těchto dvou bodů byl vrcholem trojúhelníkové sítě modelu ZABAGED nebo THM (bod o známých souřadnicích [x,y,z]), zatímco bod z druhého modelu o souřadnicích [x,y] měl výšku interpolovanou, neboť vrcholy obou trojúhelníkových sítí mají odlišnou polohu (viz obrázek 4).



Obr. 4 Určení výškových rozdílů: a – ArcGIS, b – ATLAS DMT

Znázornění výškových rozdílů je opět vyjádřeno pomocí barevně odlišných intervalů, jejichž hranice byly zvoleny stejně jako v postupu v odstavci 7.1, pouze barevné tóny byly voleny odlišně (viz přílohu 6), aby bylo na první pohled zřejmé, jakým postupem daný výstup vznikl. Znázornění hypsometrie a export do formátu *.bmp byl realizován v modulu **Kres**, který byl využit i pro další výstupy.

K číselnému vyjádření a porovnání dosažených výsledků (viz [kapitola 8](#)) byl použit modul **Výpočet objemu**, který počítá objem prostorového útvaru omezeného hlavním a srovnávacím modelem nebo objem vztažený k libovolné srovnávací rovině. V tomto případě byla využita druhá varianta, kdy byl zadán 3D model výškových rozdílů (DIFFERENCE) a srovnávací rovina $\Delta z = 0$. Mezi vypočtené hodnoty modulem **Výpočet objemu** patří:

- Kub_+ kubatura modelu nad srovnávací rovinou, tj. oblasti, kde je model výškopisu ZABAGED nad modelem THM,
- $|Kub_-|$ kubatura modelu pod srovnávací rovinou, tj. oblasti, kde je model výškopisu ZABAGED pod modelem THM,
- Kub_Σ součet obou kubatur $Kub_+ + |Kub_-|$,
- P_Σ celková plocha daného modelu.

Z těchto hodnot byly vypočteny veličiny definované podle následujících vztahů:

$$průměrná_chyba = \frac{Kub_\Sigma}{P_\Sigma} \quad systematická_chyba = \frac{Kub_+ - |Kub_-|}{P_\Sigma}$$

Číselné hodnoty pro zkušební lokality a jednotlivé mapové listy jsou uvedeny v tabulce 13 ([kapitola 8](#)).

7.3 Vyjmutí oblastí nevhodných k posouzení vlastností DMR ZABAGED

Na hypsometrickém zobrazení výškových rozdílů ZABAGED *minus* THM jsou zřejmá místa s výskytem hrubých chyb (větších než je mezní chyba podle tabulky 1 pro sklon terénu v daném místě). Jejich procentuální množství ilustrují tabulky 15a, 15b, 15c. Z analýzy jednotlivých případů vyplývá, že tyto hrubé chyby mohly vzniknout:

- zásahem lidské činnosti do krajiny v období mezi vyhotovením Mapy v měřítku 1:10 000 (1957-1972) a THM či ZMVM (1962-1986), např. zemní těleso, dálnice, terénní úpravy sídlišť a průmyslových závodů, pozdější odvaly, haldy a výsypky, regulace vodních toků,
- kartografickým zhlazením vrstevnicového obrazu terénu, kdy bylo v Mapě v měřítku 1:10 000 nebo v pozdější Základní mapě 1:10 000 ignorovány terénní zářezy a stupně nebo vynechána kresba vrstevnic přes zemní tělesa komunikací.

V obou případech je nutno zahrnout zjištěné hrubé chyby do celkového hodnocení vlastností digitálního modelu reliéfu ZABAGED. Naopak, z hodnocení je třeba vyloučit obdobné zásahy lidské činnosti, které vznikly po vyhotovení THM (ZMVM) a byly zobrazeny teprve v rámci periodické aktualizace Základní mapy 1:10 000 (1979 – 2000), dále souvisle zalesněné povrchy větší než 25 ha (kde byly vrstevnice přebírány do THM z Mapy v měřítku 1:10 000 a měly by tedy být identické – viz přílohu [24d](#)) a areály hladiny vodních nádrží, jejichž nadmořská výška se může v různých letech lišit až o několik metrů.

Pro vyjmutí míst s evidentními hrubými chybami tohoto typu bylo třeba prostudovat jednotlivé mapové listy a rozhodnout o důvodu a oprávněnosti vyjmutí. Místa byla identifikována pomocí překrytí DMR ortofotomapou nebo polohopisem ZABAGED. Každá taková oblast byla vymezena polygonovou vrstvou OBLAST_CHYB ve formátu shapefile (SW ArcGIS), který byl pomocí funkce *Spatial Analyst*® *Convert*® *Features to Raster* převeden na rastr o hodnotách 0 nebo *NoData*. Takto zvolené hodnoty (*NoData* v oblasti, která byla pro další analýzy vyřazena) byly díky vlastnostem mapové algebry využity pro odstranění nežádoucí oblasti z rastrové vrstvy GRID_DIFERENCE. Pomocí funkce *Spatial Analyst*® *Raster Calculator* byl vytvořen nový rastr (GRID_DIFERENCE_BEZ_OBLASTI_CHYB) zadáním výrazu

$$[\text{GRID_DIFERENCE}] + [\text{OBLAST_CHYB}] .$$

Vyjmutí těchto oblastí v SW DMT ATLAS bylo provedeno v modulu *Editor sítě* vytvořením tzv. *ostrovů*. Vložení ostrovní hrany do modelu DIFERENCE byla v okolí této hrany automaticky upravena trojúhelníková síť. Uzavřením hran vznikne ostrovní oblast, která se v modelu chová jako prázdná a v dalším hodnocení se neuvažuje.

7.4 Porovnání obou použitých metodik

Použití dvou programových produktů vedlo jen k mírně odlišným výsledkům, které bylo možno navzájem porovnávat. Více byl využit SW ArcGIS, neboť nabízí mnohem více funkcí, které mohly být uplatněny v této diplomové práci. Dále byly využity znalosti práce s tímto SW, které byly získány během studia na ZČU.

Hlavní rozdíl obou postupů spočíval v tvorbě výškových rozdílů modelů ZABAGED *minus* THM. Pomocí ATLAS DMT byl vytvořen 3D model, kdežto v ArcGIS byl vytvořen rastr s velikostí buňky 5 m. Číselné hodnoty výškových rozdílů byly získány též odlišně (viz obrázek 4) - v ATLAS DMT byla využita vždy alespoň jedna známá výška vrcholu trojúhelníkové sítě *z* pro určení výškového rozdílů. V ArcGIS byly hodnoty výškových rozdílů získány z rastrových vrstev obou modelů, jejichž buňky obsahovaly interpolované hodnoty výšek *z*. Počet porovnávaných hodnot se lišil v závislosti na velikosti území a v případě ATLAS DMT také na dané hustotě bodů modelů THM nebo ZABAGED. Obecně lze říci, že počet porovnávaných výšek v ATLAS DMT byl roven počtu bodů obsažených ve vrstevnicovém modelu THM plus počtu bodů obsažených v ZABAGED nad příslušným územím THM. V ArcGIS byl počet výškových rozdílů úměrný hodnocené ploše a měřítku mapového listu (až 50 tis. resp. 12 tis. hodnot), neboť velikost buňky obou rastrů byla shodná.

Při hodnocení rastrové vrstvy výškových rozdílů v ArcGIS byla hojně využita mapová algebra, která umožňuje libovolné kombinace s dalšími rastrovými vrstvami. Při hodnocení 3D modelu výškových diferencí v DMT ATLAS bylo možné vyjádřit průměrnou a systematickou chybu modelu pomocí hodnot určených z kubatur vůči srovnávací rovině $\Delta z = 0$ (viz odstavec [7.2](#)).

Při vyjmutí nevhodných oblastí pro posuzování vlastností zkušebních lokalit byl v DMT ATLAS modifikován 3D model DIFERENCE pomocí ostrovních hran, kdežto v ArcGIS byly vyjmuty jen části rastru GRID_DIFERENCE.

Pro práci s uvedenými programy byla využita nápověda [17], manuály [18], [19], [20] pro příslušný SW a další dostupné informace [21].

8. Komentář k dosaženým výsledkům

8.1 Tabulka 12 – SW ArcGIS

Normální rozdělení výškových rozdílů ZABAGED *minus* THM (resp. ZMVM) bylo posuzováno nejprve vcelku, bez ohledu na sklon terénu ve sledovaném místě a to tak, že pro každý mapový list THM byly rozdíly zařazeny do intervalů $|0..s_z|$, $|s_z..2s_z|$, $|2s_z..3s_z|$, $> |3s_z|$, zjištěn odpovídající počet buněk rastru 5 x 5 m a zastoupení v jednotlivých intervalech vyjádřeno procentuálně.

Předpoklad, že počet rozdílů větších než dvojnásobek střední chyby σ_z , nepřekročí 5 % byl splněn u 9 mapových listů THM, vyznačujících se reliéfem bez výrazných terénních úprav (převážně extravilány se zemědělskou půdou). U dalších 5 mapových listů THM nepřekročil počet výškových rozdílů větších než $2\sigma_z$ 6,1 % a normální rozdělení je jen mírně deformováno občasným výskytem hrubých chyb. V případě 4 mapových listů THM (resp. ZMVM) je počet rozdílů větší než $2\sigma_z$ od 7,7 % do 8,6 % a jde o listy s terénem více poznamenaným lidskou činností resp. s nedostatečným vyjádřením složitého reliéfu v modelu DMR ZABAGED.

Maximální zjištěné výškové rozdíly Δz_{max} v 7 zkušebních lokalitách jsou $\Delta z = -7,88$ m (SOKOLOV 0-4/1) a $\Delta z = 7,10$ m (PLZEŇ 9-0/1). Průměrná hodnota maximálních výškových rozdílů $|\Delta z_{max}|$ všech mapových listů je 4,93 m. Absolutní hodnoty σ_z (*Standard Deviation*) se pohybují v rozmezí od 0,336 m (AŠ 5-8/24) do 1,162 m (BLOVICE 5-4/43). Průměr σ_z je 0,716 m. Hodnoty systematické chyby (*Mean*) se pohybují od $-0,179$ m (CHEB 2-2/2) do 0,496 m (BLOVICE 5-4/43). Průměr absolutních hodnot systematických chyb je 0,216 m.

Tabulka 12 Rozložení výškových rozdílů při použití SW ArcGIS

Interval odchylek		AŠ			BLOVICE	BLOVICE	BLOVICE	CHEB	CHEB	CHEB	HOŘOVICE	PLZEŇ	PLZEŇ	PLZEŇ	PŘEŠTICE	PŘEŠTICE	PŘEŠTICE	SOKOLOV	SOKOLOV
ML		5-8/21	5-8/24	5-8/23	5-4/32	5-4/41	5-4/43	1-2/3	2-2/4	2-2/2	7-2/2	8-0/43	8-0/3	9-0/1	9-7/4	8-7/3	9-8/2	0-4/1	1-2/4
∞	-3 σ_z	16	51	53	245	103	0	21	143	575	0	12	248	57	177	16	682	508	158
-3 σ_z	-2 σ_z	221	206	156	43	94	13	585	289	880	13	43	1146	314	172	130	823	952	925
-2 σ_z	- σ_z	996	994	249	171	491	865	5097	2614	6198	3465	821	5505	1943	2261	1362	3316	3162	4965
- σ_z	0	3218	3235	4255	1628	4206	3634	21746	15634	21662	14648	3137	19338	14206	13197	10440	17005	13332	13404
0	σ_z	4768	2875	6009	5956	4804	5388	15665	25759	9144	15960	5251	18237	24213	20588	22173	22667	26818	9256
σ_z	2 σ_z	2139	1404	1075	3319	2232	1796	5006	4277	1551	10572	2061	3291	6425	9855	9285	4717	2936	2606
2 σ_z	3 σ_z	213	447	186	231	215	553	1303	790	322	4049	699	474	1093	2181	2697	600	595	828
3 σ_z	∞	60	4	330	47	114	98	565	545	253	1	209	542	743	442	1253	172	661	47
σ_z [m]		0,422	0,336	0,763	0,757	1,005	1,162	0,428	0,571	0,454	0,897	0,396	0,679	0,709	0,817	0,779	0,811	1,041	0,866
2 σ_z [m]		0,844	0,672	1,526	1,514	2,01	2,324	0,856	1,142	0,908	1,794	0,792	1,358	1,418	1,634	1,558	1,622	2,082	1,732
3 σ_z [m]		1,266	1,008	2,289	2,271	3,015	3,486	1,284	1,713	1,362	2,691	1,188	2,037	2,127	2,451	2,337	2,433	3,123	2,598
Δz_{\max} [m]		2,84	-3,01	4,88	4,04	6,84	5,63	3,01	-6,76	4,0	2,71	1,91	5,90	7,10	6,43	6,17	5,72	-7,88	-3,85
$|0 \cdot s_z|$		68,7	66,3	83,4	65,2	73,5	73,1	74,8	82,7	75,9	62,8	68,6	76,9	78,4	69,1	68,9	79,4	82,0	70,4
$|m_z \dots 2s_z|$		27,0	26,0	10,8	30,0	22,2	21,6	20,2	13,8	19,1	28,8	23,6	18,2	17,1	24,8	22,5	16,1	12,5	23,5
Σ		95,6	92,3	94,1	95,2	95,7	94,6	95,1	96,5	95,0	91,7	92,1	95,1	95,5	93,9	91,4	95,4	94,5	93,9
$|2m_z \dots 3s_z|$		3,7	7,1	2,8	2,4	2,5	4,6	3,8	2,2	3,0	8,3	6,1	3,3	2,9	4,8	6,0	2,8	3,2	5,4
$> |3s_z|$		0,7	0,6	3,1	2,5	1,8	0,8	1,2	1,4	2,0	0,0	1,8	1,6	1,6	1,3	2,7	1,7	2,4	0,6
Σ		4,4	7,7	5,9	4,8	4,3	5,4	4,9	3,5	5,0	8,3	7,9	4,9	4,5	6,1	8,6	4,6	5,5	6,1

8.2 Tabulka 13 – SW ATLAS DMT

Tabulka 13 obsahuje hodnoty získané při použití SW ATLAS DMT, jejichž popis je uveden v odstavci 7.2. Hodnoty průměrných chyb se pohybují v rozmezí od 0,241 m (AŠ 5-8/24) do 1,037 m (BLOVICE 5-4/43). Průměr je 0,552 m, z něhož lze odvodit průměrnou hodnotu $\sigma_z = 0,552 \cdot 1,25 = 0,69$ m. Absolutní hodnoty systematických chyb (určených z kubatur) jsou od 0,007 m (PŘEŠTICE 9-8/2) do 0,557 m (PŘEŠTICE 8-7/3). Průměr absolutních hodnot systematických chyb je 0,232 m, což je v dobré shodě s výsledky zpracování pomocí SW ArcGIS.

Tabulka 13 Kubatury, srovnávací rovina $Dz = 0$

Lokalita	ML	Kub_+ [m ³]	$|Kub_-|$ [m ³]	Kub_Σ [m ³]	P_Σ [m ²]	průměrná chyba [m]	systematická chyba [m]
AŠ	5-8/21	60928,41	31599,32	92527,73	270232,82	0,342	0,109
AŠ	5-8/24	28358,43	19457,56	47815,99	198688,98	0,241	0,045
AŠ	5-8/23	107325,56	34956,49	142282,04	294155,51	0,484	0,246
BLOVICE	5-4/32	172308,60	31662,65	203971,25	287246,85	0,710	0,490
BLOVICE	5-4/41	157391,18	68191,35	225582,52	298792,78	0,755	0,299
BLOVICE	5-4/43	226636,11	79671,94	306308,05	295274,24	1,037	0,498
CHEB	1-2/3	212350,55	185251,48	397602,03	1229203,41	0,323	0,022
CHEB	2-2/4	329815,14	114633,91	444449,05	1229137,33	0,362	0,175
CHEB	2-2/2	106406,14	264423,64	370823,78	1017600,21	0,364	-0,155
HOŘOVICE	7-2/2	722434,16	228075,86	950510,01	1207748,93	0,787	0,409
PLZEŇ	8-0/43	71362,15	22317,22	93679,36	287181,39	0,326	0,170
PLZEŇ	8-0/3	278961,56	236063,77	515025,34	1184442,63	0,435	0,036
PLZEŇ	9-0/1	411042,88	181786,36	592829,24	1208347,09	0,491	0,190
PŘEŠTICE	9-7/4	633042,31	158044,57	791086,88	1218351,73	0,649	0,390
PŘEŠTICE	8-7/3	748022,48	92614,00	840636,47	1177498,27	0,714	0,557
PŘEŠTICE	9-8/2	347327,95	338654,93	685982,88	1237801,53	0,554	0,007
SOKOLOV	0-4/1	456924,97	312703,07	769628,04	1167622,45	0,659	0,124
SOKOLOV	1-2/4	178213,64	376820,17	555033,81	794898,75	0,698	-0,250

8.3 Tabulka 14 – porovnání výsledků aplikace obou SW

Z teorie chyb a vyrovnávacího počtu je známý vztah mezi základní úplnou střední chybou \bar{m} , základní střední nahodilou chybou σ a systematickou chybou \bar{c}

$$\bar{m}^2 = s^2 + \bar{c}^2$$

a dále platí přibližný vztah, podle něhož průměrná chyba

$$n = \frac{|\Delta z|}{n} \approx 0,8s \text{ a též } s \approx 1,25n.$$

Z porovnání výsledků aplikace SW ATLAS DMT a SW ArcGIS je patrná obecná shoda v hodnotách systematických a nahodilých středních chyb.

Tabulka 14 Porovnání hodnot získaných z DMT ATLAS a ArcGIS

Lokalita	ML	průměrná chyba [m]	St.Dev * 0,8	systematická chyba [m]	mean [m]	Standard Deviation [m]	1,25 * pr.chyb.	úplná střední chyba [m]
AŠ	5-8/21	0,342	0,338	0,109	0,103	0,422	0,428	0,434
AŠ	5-8/24	0,241	0,269	0,045	0,019	0,336	0,301	0,337
AŠ	5-8/23	0,484	0,610	0,246	0,207	0,763	0,605	0,791
BLOVICE	5-4/32	0,710	0,606	0,490	0,433	0,757	0,888	0,872
BLOVICE	5-4/41	0,755	0,804	0,299	0,280	1,005	0,944	1,043
BLOVICE	5-4/43	1,037	0,930	0,498	0,496	1,162	1,297	1,263
CHEB	1-2/3	0,323	0,342	0,022	0,014	0,428	0,404	0,428
CHEB	2-2/4	0,362	0,457	0,175	0,122	0,571	0,452	0,584
CHEB	2-2/2	0,364	0,363	-0,155	-0,179	0,454	0,455	0,488
HOŘOVICE	7-2/2	0,787	0,718	0,409	0,402	0,897	0,984	0,983
PLZEŇ	8-0/43	0,326	0,317	0,170	0,169	0,396	0,408	0,431
PLZEŇ	8-0/3	0,435	0,543	0,036	-0,051	0,679	0,544	0,681
PLZEŇ	9-0/1	0,491	0,567	0,190	0,241	0,709	0,614	0,749
PŘEŠTICE	9-7/4	0,649	0,654	0,390	0,368	0,817	0,811	0,896
PŘEŠTICE	8-7/3	0,714	0,623	0,557	0,480	0,779	0,893	0,915
PŘEŠTICE	9-8/2	0,554	0,649	0,007	0,039	0,811	0,692	0,812
SOKOLOV	0-4/1	0,659	0,833	0,124	0,107	1,041	0,824	1,046
SOKOLOV	1-2/4	0,698	0,693	-0,250	-0,169	0,866	0,873	0,882

8.4 Tabulka 15a, 15b, 15c – rozbor výškových rozdílů nad mezní chybou

K podrobnějšímu popsání distribuce výškových rozdílů v závislosti na sklonu terénu v daném místě byly identifikovány rozdílů větší než dovoluje mezní chyba v určení výšky vrstevnic podle tabulky 1 [1] a zařazeny do příslušného intervalu sklonů. Největší procento takových rozdílů se objevuje v rovinnatém terénu. Enormní počet 21,24 % na mapovém listě BLOVICE 5-4/43 je důsledkem toho, že v terénu s městskou zástavbou a množstvím terénních úprav nebyly v ZÚ digitalizovány výškové kóty a terénní hrany (pouze vrstevnice).

Tabulka 15a Výškové rozdíly nad mezní chyby podle sklonu terénu – 1. etapa digitalizace (ZČU)

Lokalita			AŠ			BLOVICE			CHEB			HOŘOVICE			PLZEŇ			PŘEŠTICE		
			5-8/21			5-4/32			1-2/3			7-2/2			8-0/43			9-7/4		
interval [°]		mez [m]	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%
Od	Do																			
0	2,9	1,5	9759	16	0,16	8949	456	5,10	41700	175	0,42	23329	3517	15,08	11152	24	0,22	14776	504	3,41
2,9	5,7	2	1442	1	0,07	2223	17	0,76	5592	47	0,84	23217	1451	6,25	704	0	0,00	17868	168	0,94
5,7	11,3	2,5	280	1	0,36	361	4	1,11	2236	1	0,04	1926	2	0,10	253	0	0,00	14368	208	1,45
11,3	21,8	3	84	0	0,00	85	2	2,35	372	0	0,00	165	0	0,00	49	0	0,00	1394	110	7,89
21,8	31	4	58	0	0,00	60	0	0,00	74	0	0,00	44	0	0,00	24	0	0,00	382	40	10,47
31	...	5	10	0	0,00	101	0	0,00	14	0	0,00	28	0	0,00	52	0	0,00	85	0	0,00
Celý ML %			0,15			4,07			0,45			10,20			0,20			2,11		

Tabulka 15b Výškové rozdíly nad mezní chyby podle sklonu terénu – 2. etapa digitalizace (ZČU)

Lokalita			AŠ			BLOVICE			CHEB			PLZEŇ			PŘEŠTICE			SOKOLOV					
			5-8/24			5-4/41			2-2/4			8-0/3			8-7/3			0-4/1					
interval [°]			mez [m]			Σ			nad mez			%			Σ			nad mez			%		
Od	Do																						
0	2,9	1,5	8548	12	0,14	6760	732	10,83	35382	397	1,12	30006	313	1,04	9535	937	9,83	31154	3300	10,59			
2,9	5,7	2	541	3	0,55	3779	136	3,60	11045	129	1,17	10935	134	1,23	23415	220	0,94	13683	308	2,25			
5,7	11,3	2,5	86	1	1,16	1181	42	3,56	2618	7	0,27	5924	77	1,30	11632	449	3,86	3724	136	3,65			
11,3	21,8	3	35	0	0,00	534	37	6,93	776	7	0,90	1298	74	5,70	2220	155	6,59	805	77	9,57			
21,8	31	4	0	0	0,00	139	7	5,04	108	0	0,00	415	14	3,37	256	2	0,78	306	25	8,17			
31	...	5	6	0	0,00	81	1	1,23	124	0	0,00	203	1	0,49	298	4	1,34	251	3	1,20			
Celý ML %			0,17			7,66			1,08			1,26			3,72			7,71					

Tabulka 15c Výškové rozdíly nad mezní chyby podle sklonu terénu – 3.etapa digitalizace (ZÚ)

Lokalita			AŠ			BLOVICE			CHEB			PLZEŇ			PŘEŠTICE			SOKOLOV		
M L			5-8/23			5-4/43			2-2/2			9-0/1			9-8/2			1-2/4		
interval [°]		mez [m]																		
Od	Do			Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez	%	Σ	nad mez
0	2,9	1,5	10914	597	5,47	7961	2518	31,63	24099	241	1,00	17672	600	3,40	13595	1296	9,53	16232	1002	6,17
2,9	5,7	2	998	31	3,11	2673	54	2,02	11665	41	0,35	22121	85	0,38	29591	208	0,70	11269	507	4,50
5,7	11,3	2,5	217	8	3,69	1242	22	1,77	4108	53	1,29	7428	116	1,56	5898	36	0,61	4044	45	1,11
11,3	21,8	3	104	13	12,50	354	29	8,19	543	9	1,66	1330	85	6,39	684	13	1,90	655	6	0,92
21,8	31	4	45	5	11,11	89	0	0,00	85	0	0,00	343	22	6,41	76	1	1,32	90	0	0,00
31	...	5	35	0	0,00	29	0	0,00	75	0	0,00	101	3	2,97	138	0	0,00	19	0	0,00
Celý ML %			5,31			21,24			0,85			1,86			3,11			4,83		

8.5 Tabulka 16 – úplná střední chyba podle sklonu terénu

Úplná střední chyba zahrnuje i systematickou složku a tak je nevhodnější mírou přesnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED ($\overline{m}^2 = s^2 + c^2$). Po roztrídění podle sklonu terénu a zprůměrování pro celý experiment lze získat výsledné mezní chyby jako dvojnásobky úplných středních chyb a porovnat je s požadavky na přesnost dle Instrukce [1].

Tabulka 16 Úplná střední chyba podle sklonu terénu [m]

Interval	[°]	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60	> 60
	[°]	0 - 2,9	2,9 - 5,7	5,7 - 11,3	11,3 - 21,8	21,8 - 31	> 31
AŠ	5-8/21	0,415	0,478	0,586	0,785	0,690	0,963
AŠ	5-8/24	0,324	0,437	0,650	0,492	-	0,180
AŠ	5-8/23	0,754	0,733	1,050	1,895	2,367	2,173
BLOVICE	5-4/32	0,894	0,708	0,807	1,103	1,670	1,547
BLOVICE	5-4/41	0,979	0,942	1,076	1,708	1,996	1,959
BLOVICE	5-4/43	1,366	0,868	1,107	1,627	1,871	1,680
CHEB	1-2/3	0,381	0,586	0,650	0,724	0,861	0,879
CHEB	2-2/4	0,506	0,610	0,704	0,971	1,047	3,876
CHEB	2-2/2	0,426	0,441	0,715	1,157	1,229	1,014
HOROVICE	7-2/2	1,014	0,952	1,016	0,650	0,570	0,493
PLZEŇ	8-0/43	0,412	0,566	0,652	0,883	0,569	0,560
PLZEŇ	8-0/3	0,485	0,717	0,911	1,463	1,915	1,919
PLZEŇ	9-0/1	0,775	0,539	0,867	1,525	2,006	2,163
PŘEŠTICE	9-7/4	0,688	0,778	1,032	1,690	2,379	1,719
PŘEŠTICE	8-7/3	0,865	0,694	1,062	1,710	1,591	1,999
PŘEŠTICE	9-8/2	1,048	0,677	0,769	1,080	1,298	0,900
SOKOLOV	0-4/1	1,067	0,828	1,149	1,787	2,166	1,827
SOKOLOV	1-2/4	0,793	0,945	0,972	1,080	1,519	1,619
průměr [m]		0,733	0,694	0,876	1,241	1,514	1,526
mezní chyba [m]		1,466	1,388	1,752	2,482	3,028	3,052
dle Instrukce [1] a [8]		1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0

Z dosažených výsledků je patrné, že přesnost digitálního modelu reliéfu ZABAGED odpovídá přesnosti prvotního zdroje – výškopisu Mapy v měřítku 1:10 000 a že pozdějšími převody a digitalizací nedošlo ke zhoršení jeho kvality.

Výskyt hrubých chyb (největší zjištěná v rámci experimentu je 7,88 m) je především třeba přičíst vynechání vrstevnic v DMR ZABAGED v místech výrazných terénních úprav, pozdějším antropogenním změnám terénního reliéfu v období mezi vyhotovením Mapy v měřítku 1:10 000 a THM (resp. ZMVM) nebo mezi THM a DMR ZABAGED, vzniklým z aktualizované Základní mapy ČR 1:10 000.

9. Závěry

Zdrojem pro tvorbu ZABAGED a její výškopisné složky (DMR) byla Základní mapa ČR 1:10 000, která vznikla převodem z Mapy v měřítku 1:10 000. Přesnost vrstevnicového modelu Základní mapy ČR 1:10 000 a digitálního modelu reliéfu ZABAGED tedy vychází především z vlastností Mapy v měřítku 1:10 000 vyhotovené převážně fotogrammetrickými metodami v letech 1957 - 1971. Mohla být dále ovlivněna pouze způsobem a kvalitou odvození výškopisu Základní mapy ČR 1:10 000.

Přesnost výškopisu Technickohospodářské mapy, která byla použita pro hodnocení přesnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED ve zkušebních lokalitách, je řádově 3krát vyšší než přesnost ZM10 (resp. ZABAGED). Vrstevnicový model THM byl vyhodnocen s větší podrobností než při tvorbě Mapy v měřítku 1:10 000, což je zřejmé z porovnání vrstevnic THM a vrstevnic digitálního modelu reliéfu ZABAGED z téhož území (viz přílohy 2 a 3). Tento rozdíl lze také pozorovat na odpovídajících nepravidelných trojúhelníkových sítích (viz přílohy 4 a 5).

Podrobnější vyjádření výškopisu THM oproti ZABAGED také ilustrují ukázky z vybraných mapových listů (viz přílohy d), z nichž je zřejmé, že ZABAGED nerespektuje terénní zářezy, které jsou často zobrazeny jen pomocí terénních hran v polohopisu (např. příloha 18d). Nedostatečné vyjádření zářezů v digitálním modelu reliéfu ZABAGED bylo nejčastější příčinou výskytu velkých výškových rozdílů při porovnání modelů ZABAGED a THM. Další výrazné výškové rozdíly se vyskytovaly v terénu poznamenaném lidskou činností, kde vrstevnice digitálního modelu reliéfu ZABAGED spolehlivě nevystihují umělé terénní tvary (náspy, výkopy, hráze, nábřeží) – viz přílohu 23d. Proto nelze při tvorbě TIN z digitálního modelu reliéfu ZABAGED tyto poznatky opomenout.

Dosaženými výsledky ze zkušebních lokalit bylo potvrzeno, že přesnost digitálního modelu reliéfu ZABAGED odpovídá přesnosti výškopisu zdrojových map s výše uvedenými nedostatky. Mezní chyby podle sklonu terénu celého zkušebního souboru (tabulka 17) nepřesáhly mezní chyby stanovené instrukcemi [1] a [8]. V oblastech bez význačných terénních úprav bylo konstatováno normální rozdělení chyb výškopisu. Naopak, v oblastech výrazně ovlivněných lidskou činností, rozložení chyb často nesplňuje podmínku, že pouze 5 % chyb překročí dvojnásobek stanovené střední chyby.

Nejčastější aplikací DMR ZABAGED je podpora tvorby ortofotomapy území zobrazeného na příslušných leteckých měřických snímcích. Při tvorbě digitálních ortofotomap s využitím digitálního modelu reliéfu ZABAGED je třeba počítat s radiálními posuny, jehož velikost je závislá na radiální vzdálenosti (r') od hlavního bodu snímku (H), na parametrech leteckého snímkování a na výškovém rozdílu Δz (chybě v určení výšky DMR ZABAGED). Pro formát snímku 23 x 23 cm s podélným překrytem $p = 60\%$ a příčným překrytem $q = 20\%$ je maximální využitelná radiální vzdálenost na snímku $r'_{\max} = 130\text{ mm}$ s odpovídajícím maximálním radiálním posunem Δr_{\max} . Při použití normální kamery s ohniskovou vzdáleností $f = 300\text{ mm}$ (většinou v zastavěných oblastech) platí vztah $\Delta r_{\max} = \frac{\Delta z \cdot r'_{\max}}{f} = 0,433 \cdot \Delta z$. Při použití širokoúhlé

kamery s ohniskovou vzdáleností $f = 152$ mm (nejčastěji používané, pro oblasti s převahou extravilánu) platí vztah $\Delta r_{\max} = \frac{\Delta z \cdot r'_{\max}}{f} = 0,855 \cdot \Delta z$.

Tabulka 17 Závěrečné shrnutí dosažených výsledků

Interval sklonu [%]	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60	> 60
terénu [°]	0 - 2,9	2,9 - 5,7	5,7 - 11,3	11,3 - 21,8	21,8 - 31	> 31
úplná střední chyba [m]	0,733	0,694	0,876	1,241	1,514	1,526
mezní chyba [m]	1,466	1,388	1,752	2,482	3,028	3,052
dle Instrukce [1] a [8]	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
max. posun na ortofotu * [m]						
při $f = 300$ mm	0,63	0,60	0,76	1,07	1,31	1,32
při $f = 152$ mm	1,25	1,19	1,50	2,12	2,59	3,01

* s rizikem překročení 5 %

Údaje v tabulce 17 dokumentují, že

- zjištěné mezní chyby DMR ZABAGED jsou ve všech intervalech sklonu menší než kritéria požadované Instrukcí [1] a Metodickým návodem [8] pro mapy, jejichž vrstevnicový model byl digitalizován do formy DMR,
- maximální polohové posuny na ortofotomapě činí 0,63 – 1,32 m ve skutečnosti v případě snímkování kamerou s $f = 300$ mm, a 1,25 – 3,01 m v případě snímkování kamerou s $f = 152$ mm, obojí s rizikem překročení 5 %,
- má-li být využita digitální ortofotomapa ke kontrole přesnosti polohopisu ZABAGED, lze použít letecké měřické snímky pořízené širokouhlou kamerou s $f = 152$ mm v měřítku 1:23 000 ve všech intervalech sklonu terénu,
- má-li být využita digitální ortofotomapa ze snímků kamerou s $f = 152$ mm v měřítku 1:23 000 pro identifikaci hrubých chyb polohopisu katastrální mapy v sáhovém měřítku, je třeba uvážit, že ve svažitém a strmém terénu lze odhalit teprve chyby v poloze větší než 2 – 3 metry ve skutečnosti,
- všeobecně platí, že polohová přesnost topografických objektů na náspech, hrázích, v zářezích a výkopech, zobrazených na ortofotomapě, vyhotovené na bázi DMR ZABAGED, může být nestandardní v případech, že objekty jsou zobrazeny ve větší až maximální radiální vzdálenosti od hlavního bodu příslušného diferenciálně překresleného leteckého měřického snímku.

Literatura

- [1] *Instrukce pro mapování v měřítkách 1:10 000 a 1:5000. Topografická instrukce.*
Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1957.
- [2] *Instrukce pro mapování v měřítkách 1:10 000 a 1:5000. Fotogrammetrická instrukce.*
Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1959.
- [3] *Instrukce pro mapování v měřítkách 1:10 000 a 1:5000. Kartografická instrukce.*
Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1964.
- [4] KUČERA, K. *Kritéria přesnosti topografického mapování v měřítku 1:5000 a 1:10 000.*
In Sborník výzkumných prací IV. Praha: VÚGTK, 1961.
- [5] PICHLÍK, V. *K přesnosti map velkých měřítek vyhotovených fotogrammetrickou metodou.*
Geodetický a kartografický obzor, 1962, č. 11.
- [6] Konzultace s vedoucím diplomové práce Ing. Jiřím Šímou, CSc.
- [7] *Instrukce pro tvorbu, obnovu a vydávání Základní mapy ČSSR 1:10 000.*
Praha: Český úřad geodetický a kartografický, 1985.
- [8] *Metodický návod pro tvorbu a vydávání Základní mapy ČSSR 1:10 000.*
Praha: Český úřad geodetický a kartografický, 1985.
- [9] *Instrukce pro Technickohospodářské mapování v měřítkách 1:500, 1:1000, 1:2000 a 1:5000.*
Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1961.
- [10] *Směrnice pro Technickohospodářské mapování.*
Praha: Český úřad geodetický a kartografický, 1969.
- [11] *Směrnice pro Základní mapy ČSSR velkého měřítko.*
Praha: Český úřad geodetický a kartografický, 1981.
- [12] *Koncepce Základní báze geografických dat (ZABAGED).*
Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 1994.
- [13] *Koncepce 2. etapy vývoje Základní báze geografických dat (ZABAGED).*
Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 1999.

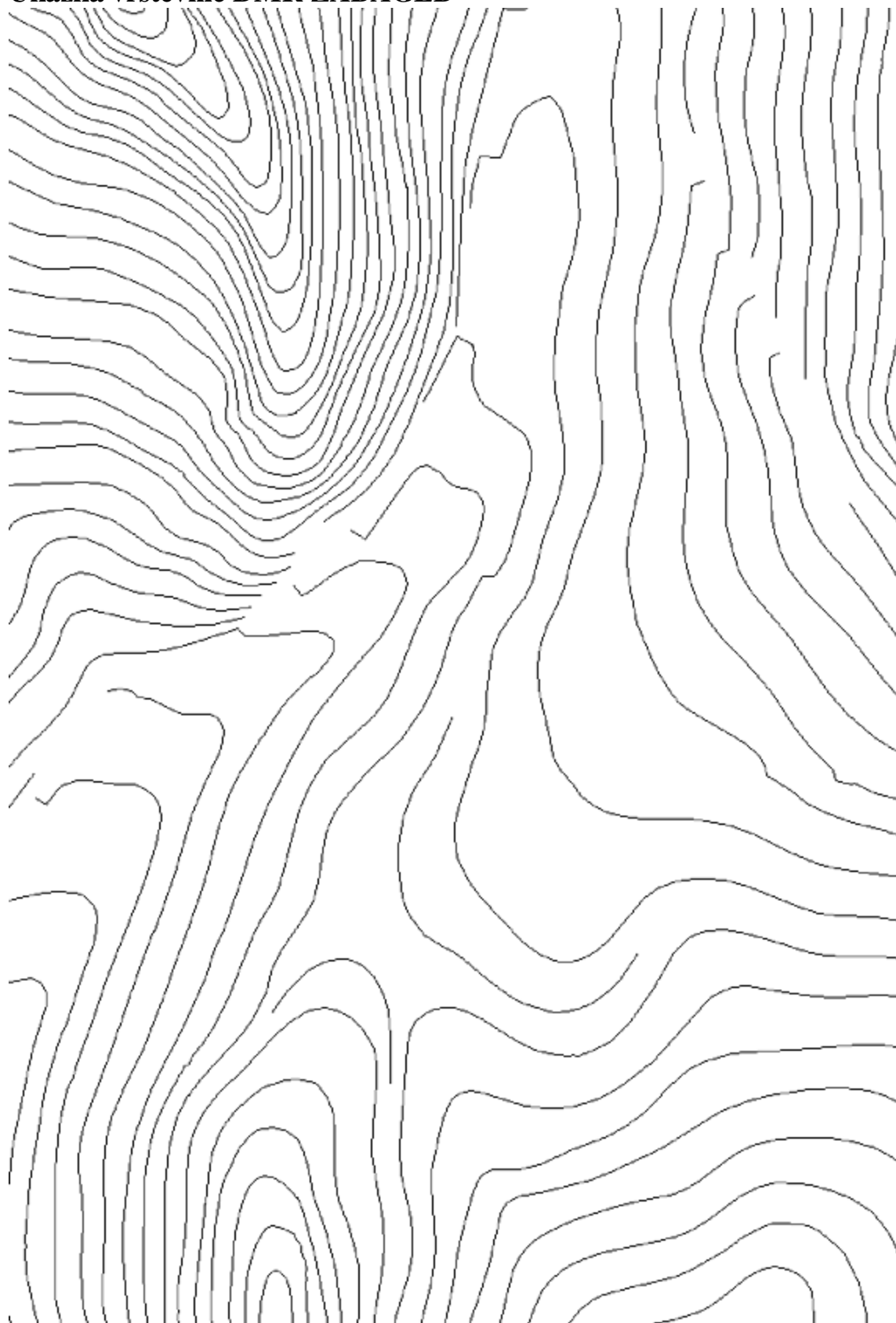
- [14] *Katalog objektů ZABAGED*. č.j. 1620/1998-360.
Praha: Zeměměřický úřad, 1998.
- [15] NEUMANN, J. Základní báze geografických dat České republiky.
Geodetický a kartografický obzor, 1993, č. 5.
- [16] PLISCHKE, V., UHLÍŘ, J. Současný stav Základní báze geografických dat.
Geodetický a kartografický obzor, 1997, č. 8-9.
- [17] Help ArcGIS
- [18] *Using ArcMap: GIS by ESRI*.
USA, Environmental Systems Research Institute, Inc., © 2000
- [19] *Using ArcGIS 3D Analyst: GIS by ESRI*.
USA, Environmental Systems Research Institute, Inc., © 2000-2002
- [20] *ATLAS DMT: Digitální model terénu*. Verze 3.5. Příručka uživatele.
Praha: ATLAS, spol. s r.o.
- [21] *ATLAS software* [online]. Poslední revize 10. 3. 2004.
URL: <http://www.atlasltd.cz/softwcz/index.html>

PŘÍLOHY

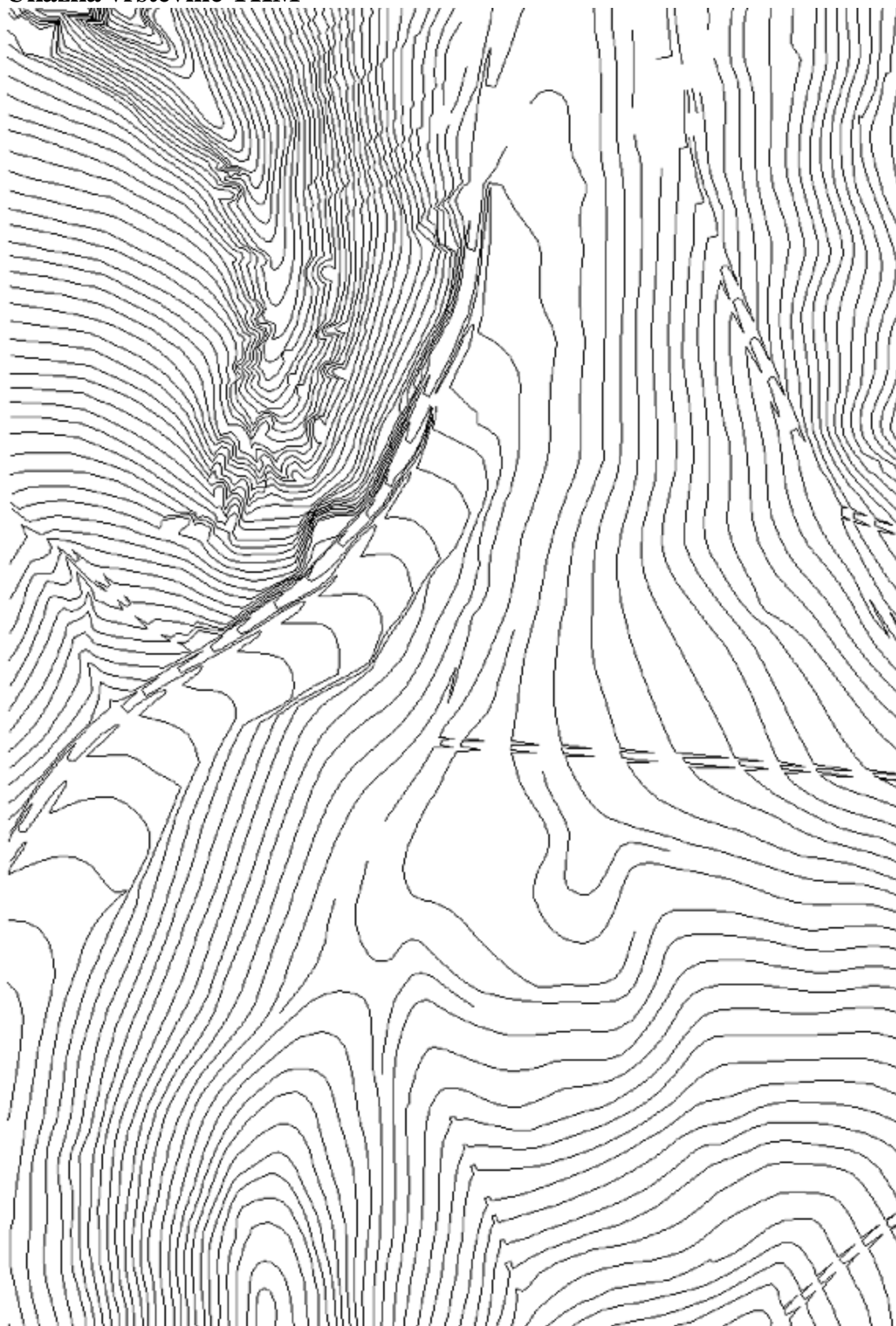
Přehled zkušebních lokalit



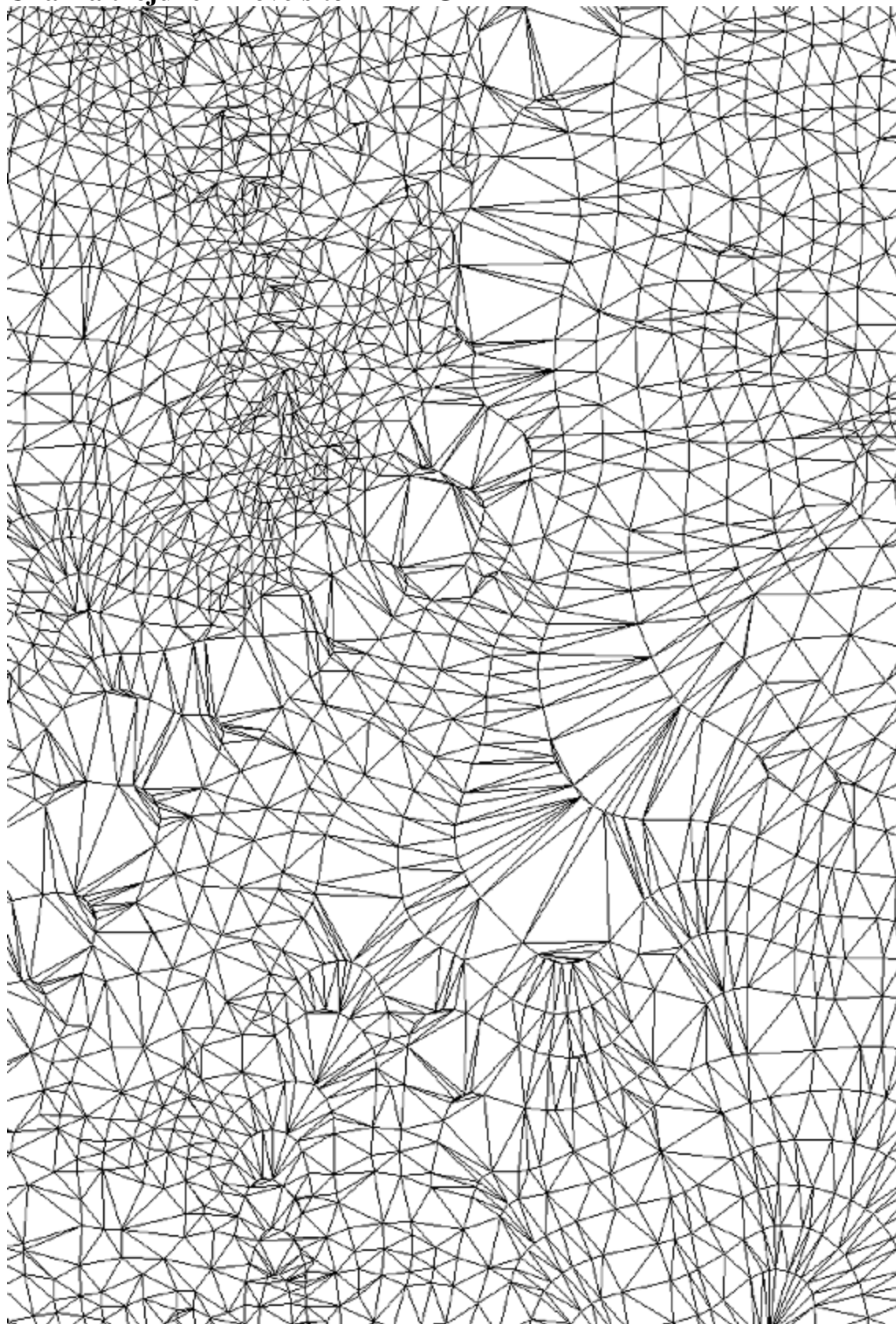
Ukázka vrstevnic DMR ZABAGED



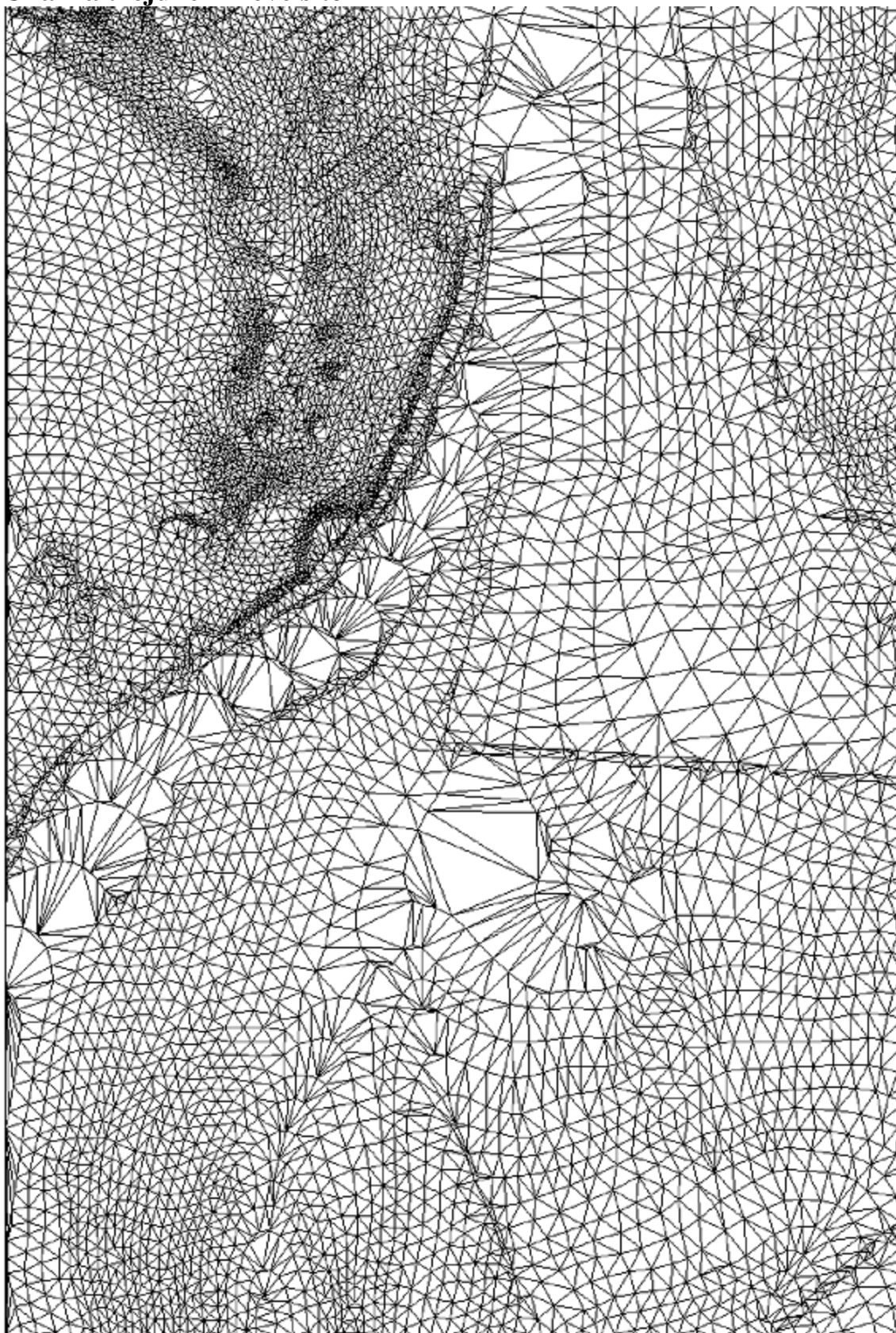
Ukázka vrstevnic THM



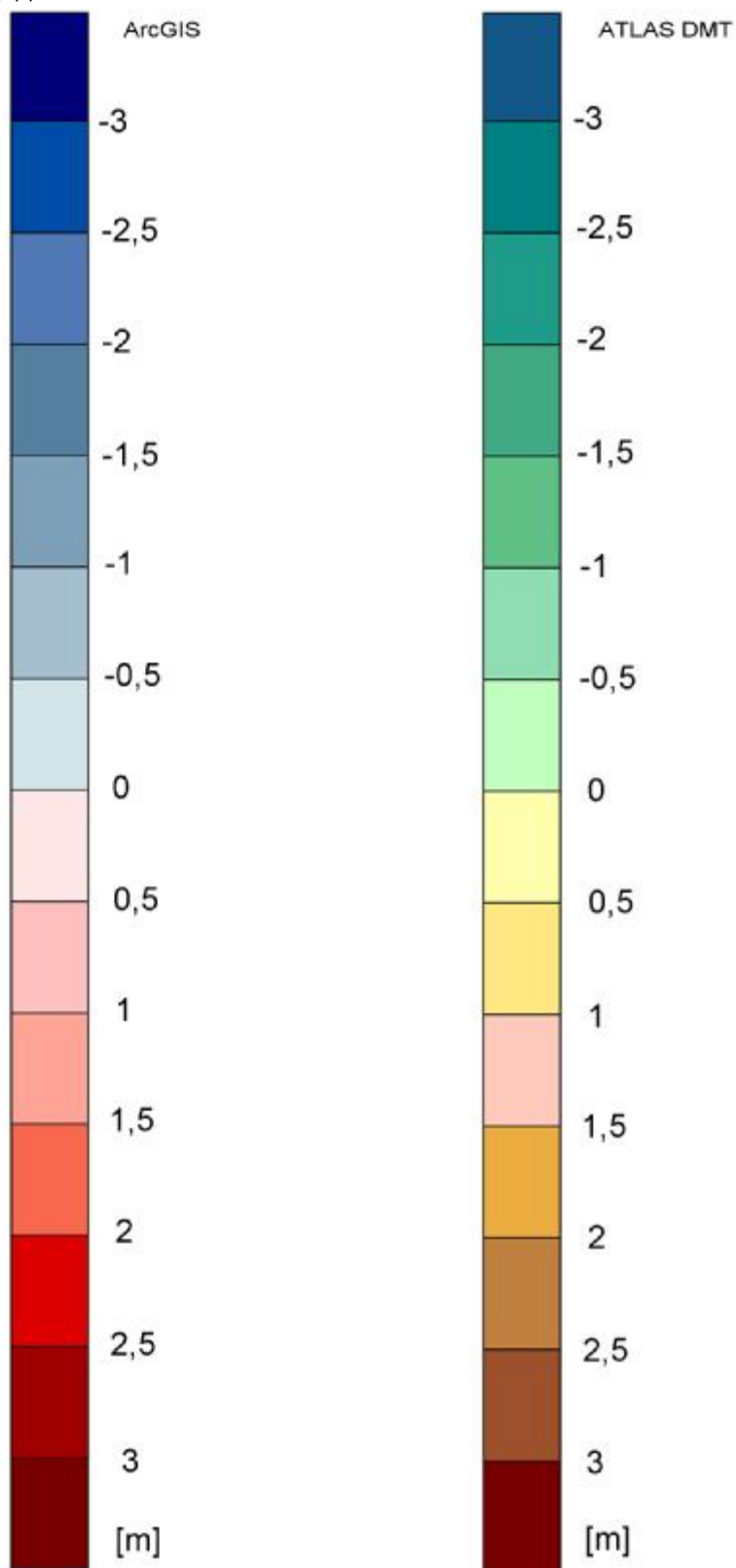
Ukázka trojúhelníkové sítě ZABAGED



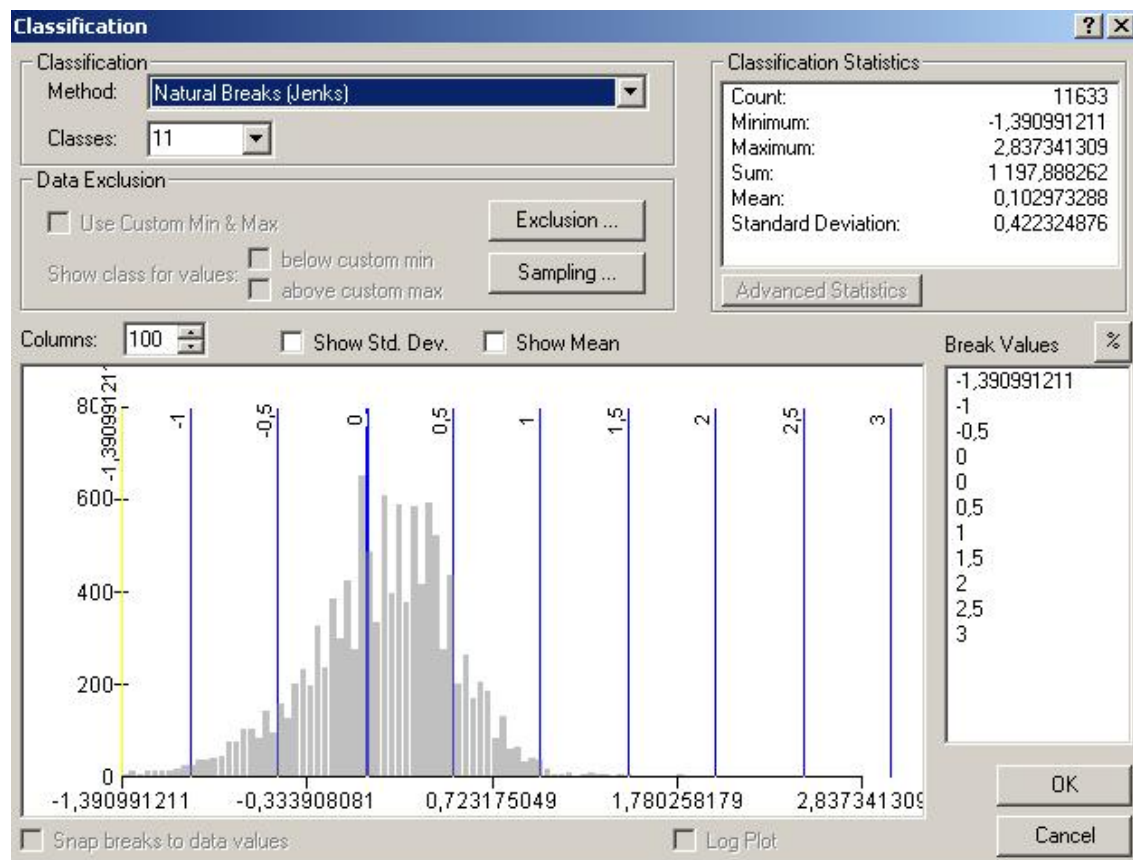
Ukázka trojúhelníkové sítě THM



Legenda pro barevné vyjádření výškových rozdílů v závislosti na použitém SW



AŠ 5-8/21



Množství buněk pro daný interval [m]

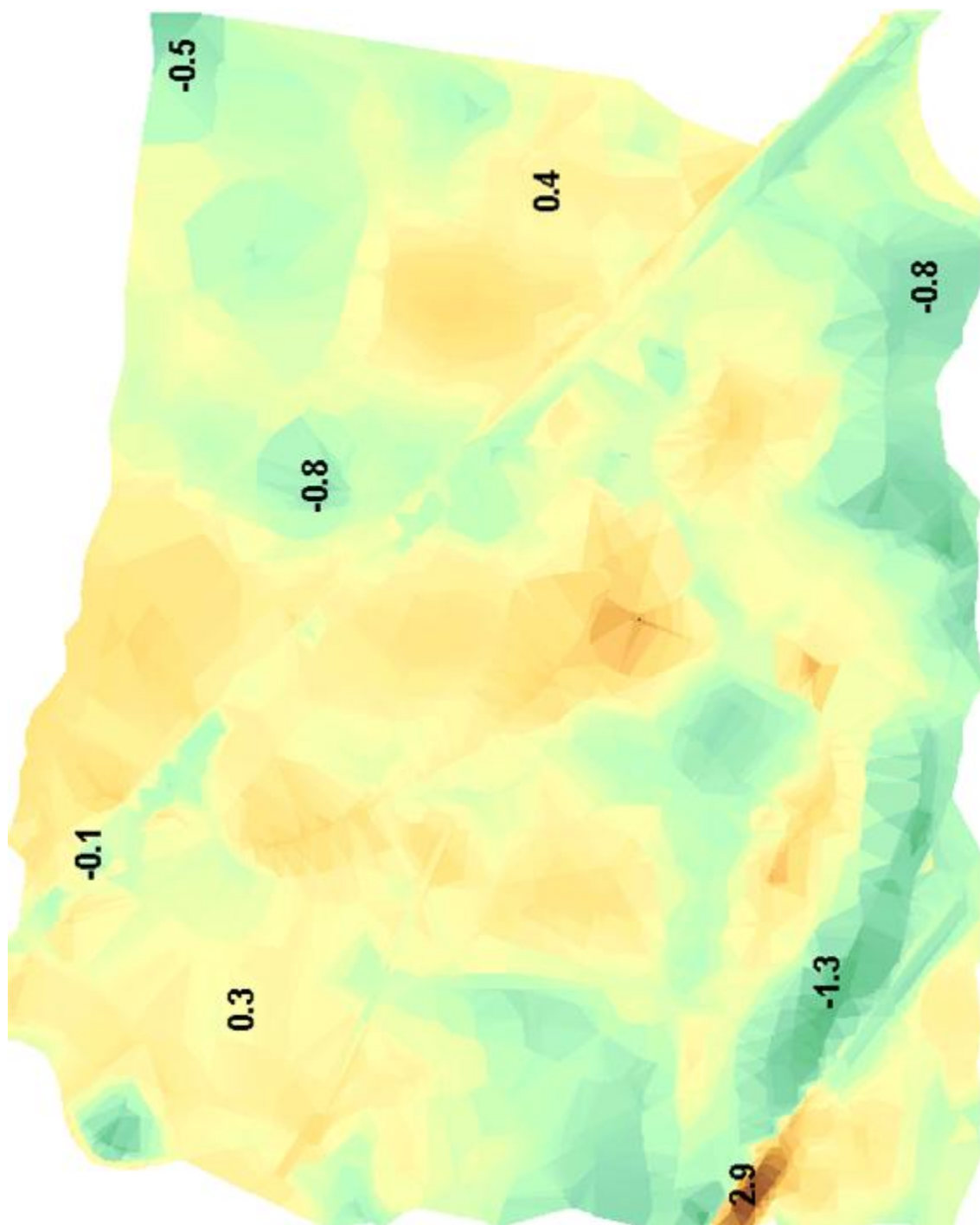
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	0		0		0		0		99		852		3499

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	5490		1586		67		17		14		6		0

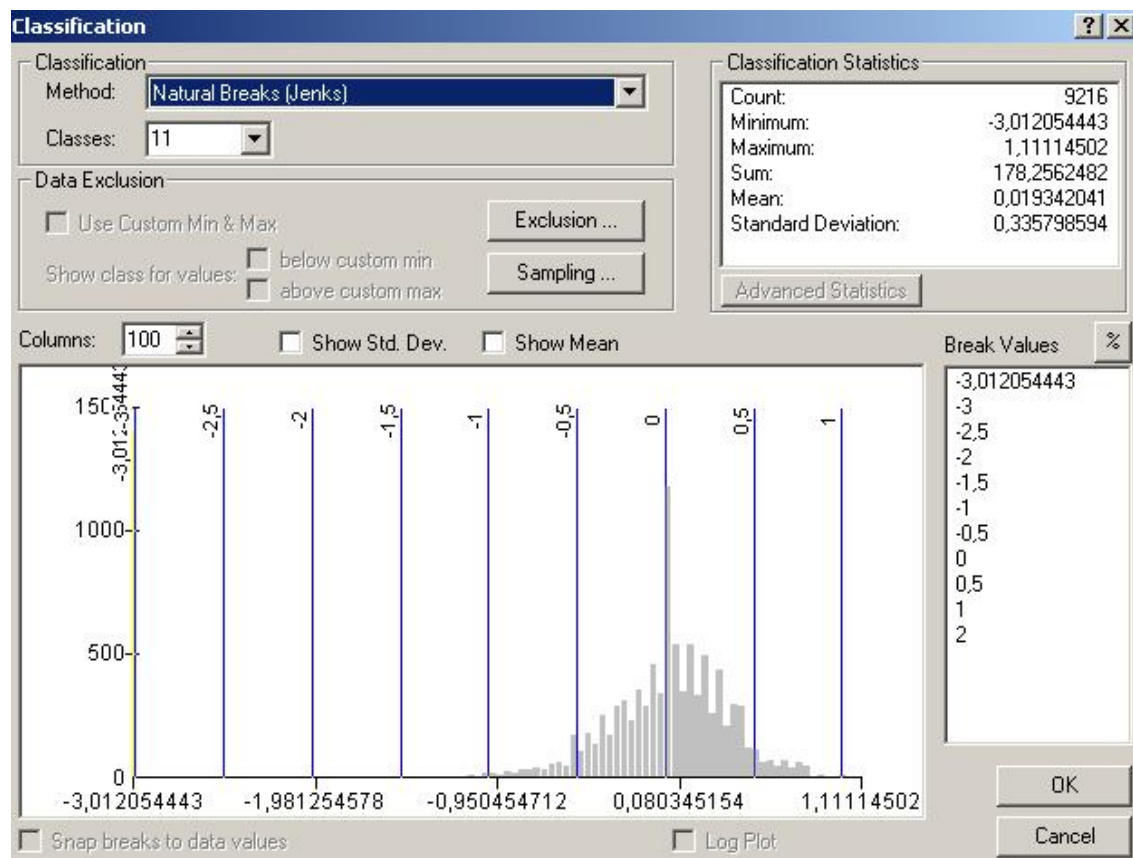
AŠ 5-8/21 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



AŠ 5-8/21 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



AŠ 5-8/24

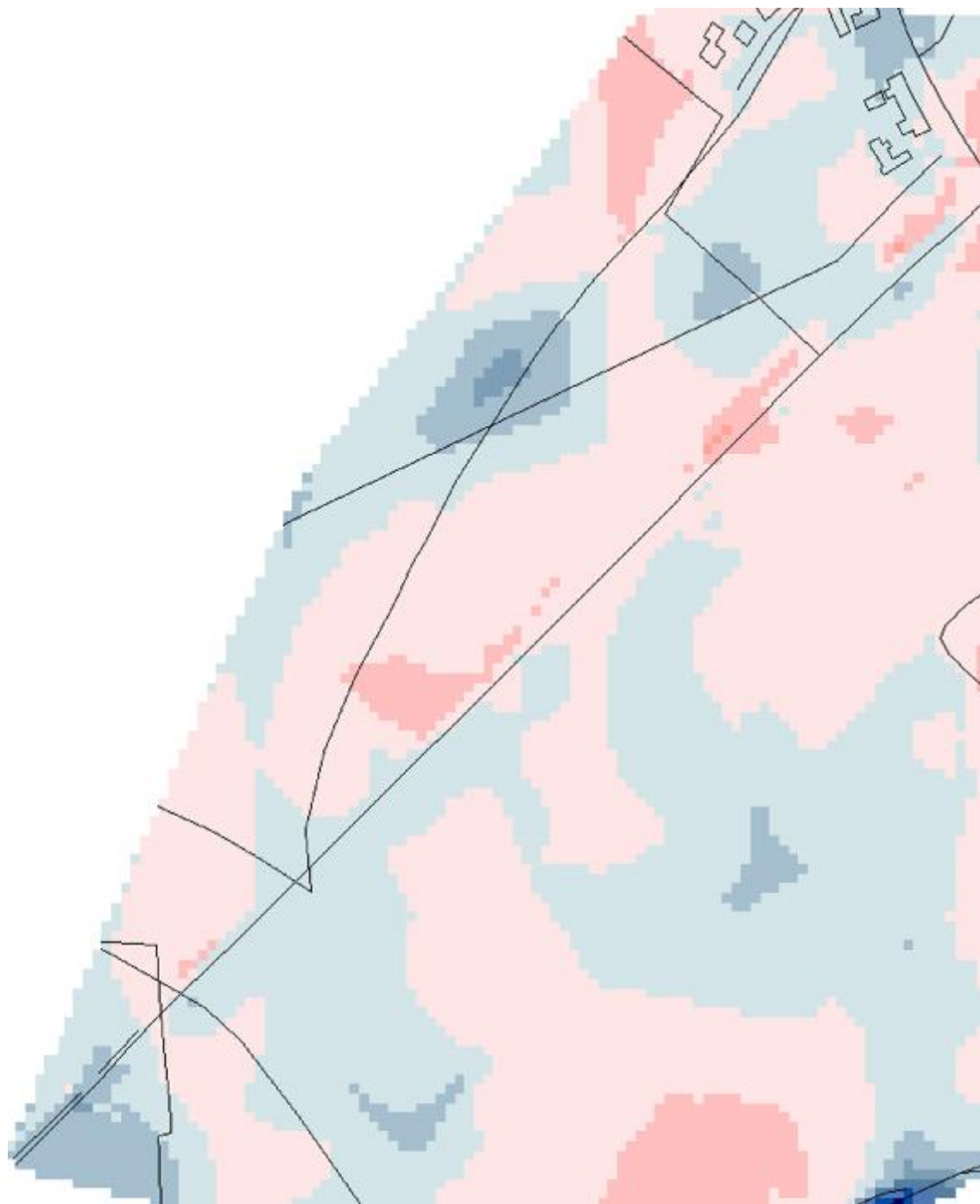


Množství buněk pro daný interval [m]

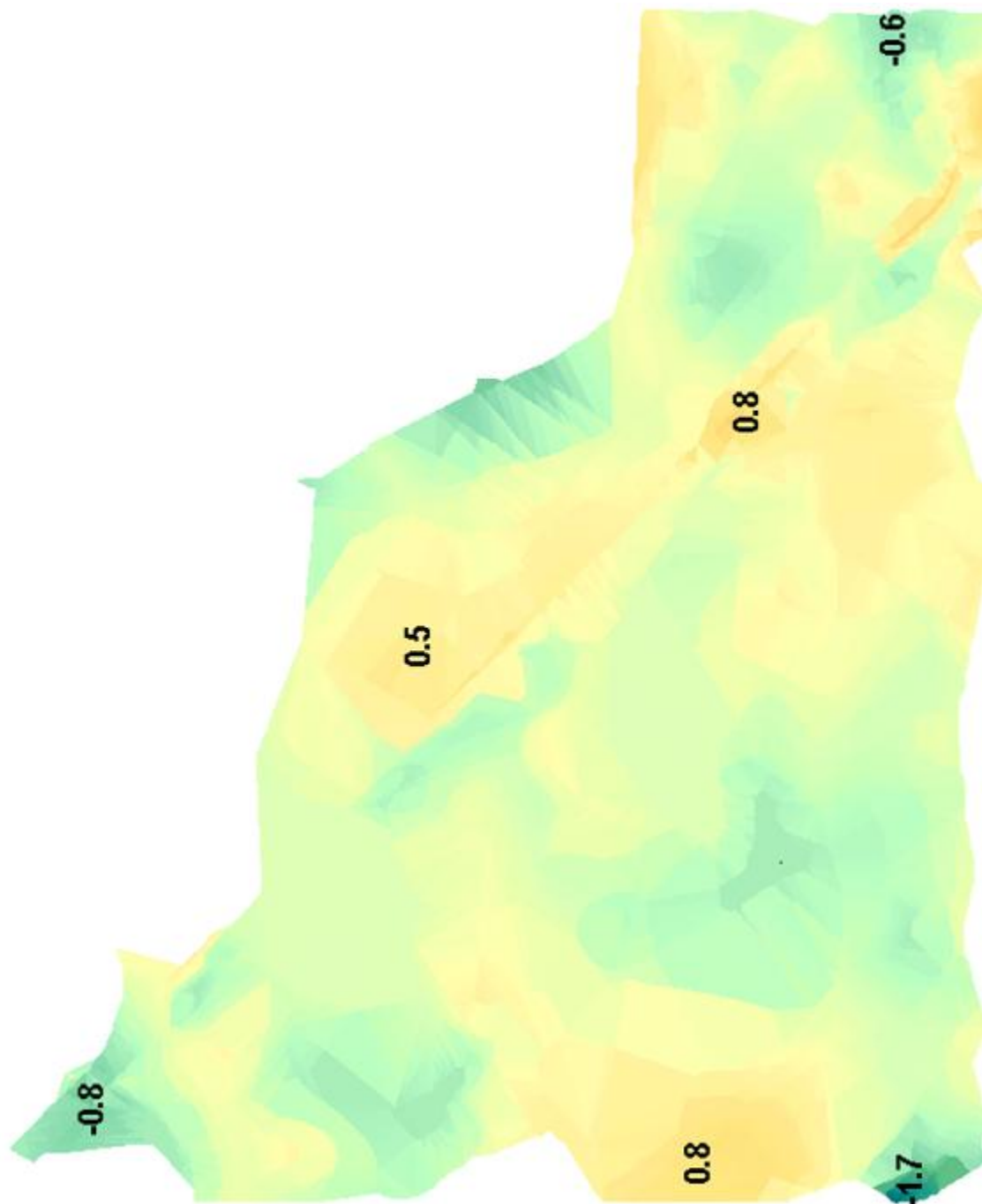
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
1		5		6		8		31		490		3945	

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
4253		473		4		0		0		0		0	

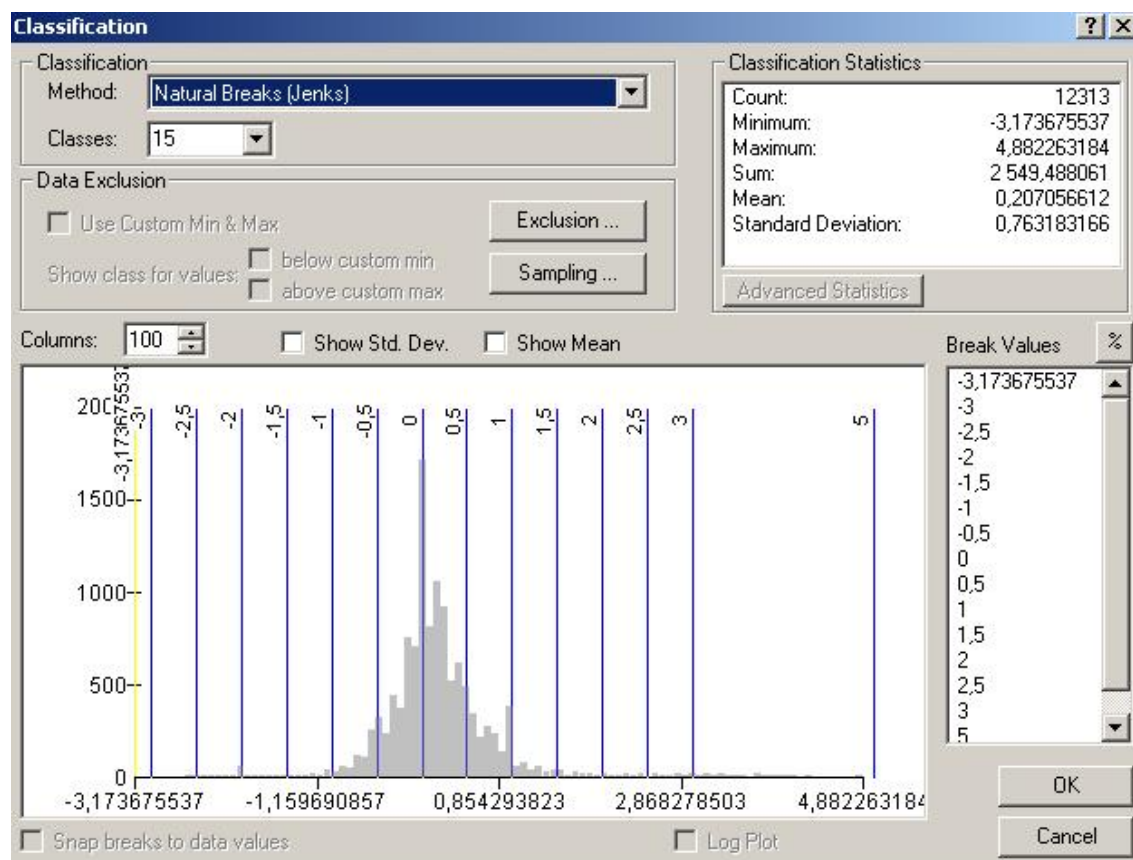
AŠ 5-8/24 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



AŠ 5-8/24 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



AŠ 5-8/23



Množství buněk pro daný interval [m]

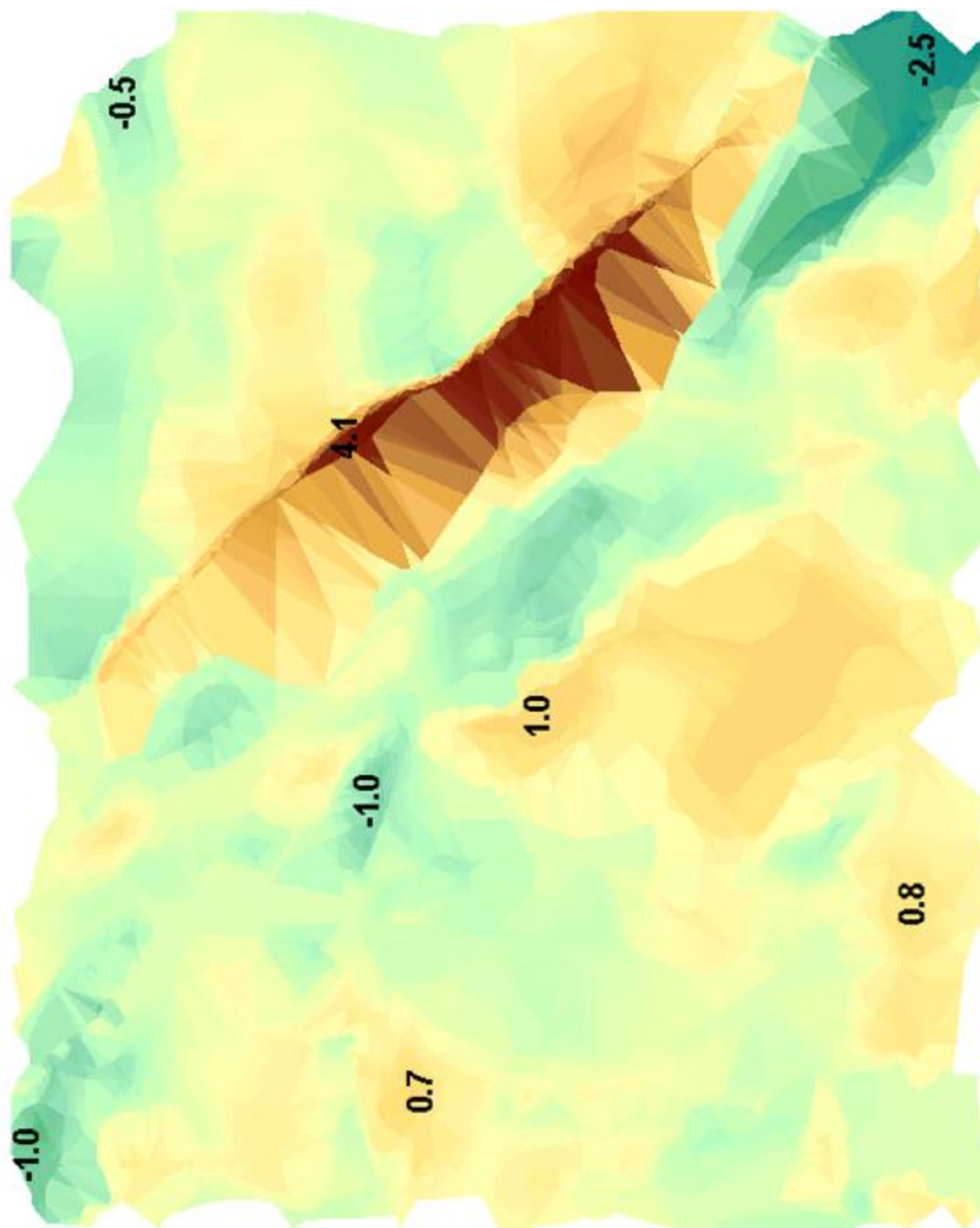
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
3		25		114		75		110		614		3771	

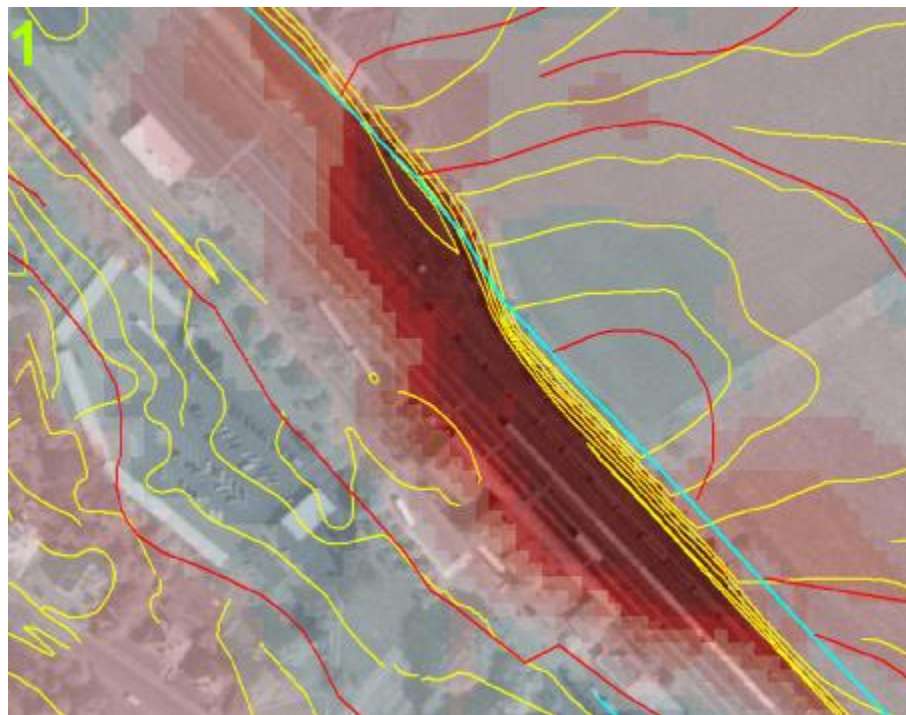
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
5030		1709		330		143		109		95		189	

AŠ 5-8/23 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS






AŠ 5-8/23 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT

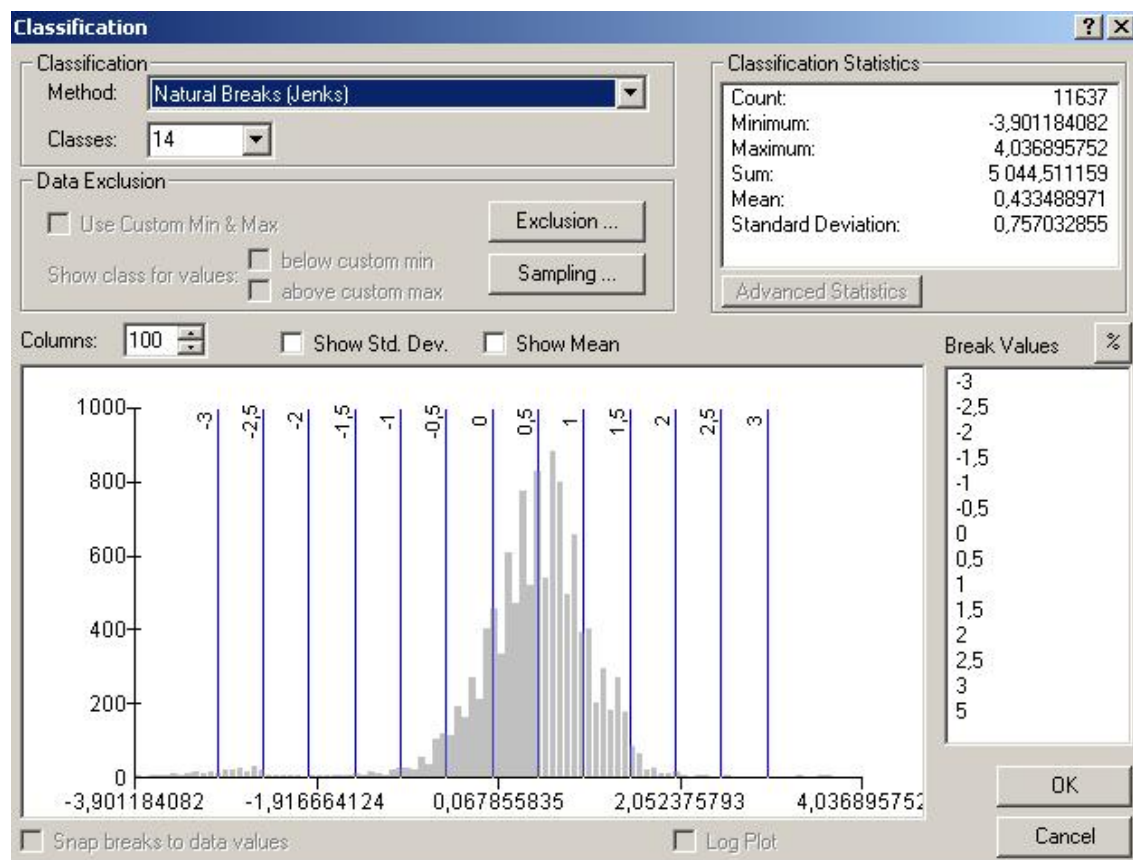




ZABAGED ignoruje násep železnice 4,5 m na severovýchodní straně.

-  vrstevnice ZABAGED
-  vrstevnice THM
-  terénní hrana v polohopisu ZABAGED

BLOVICE 5-4/32

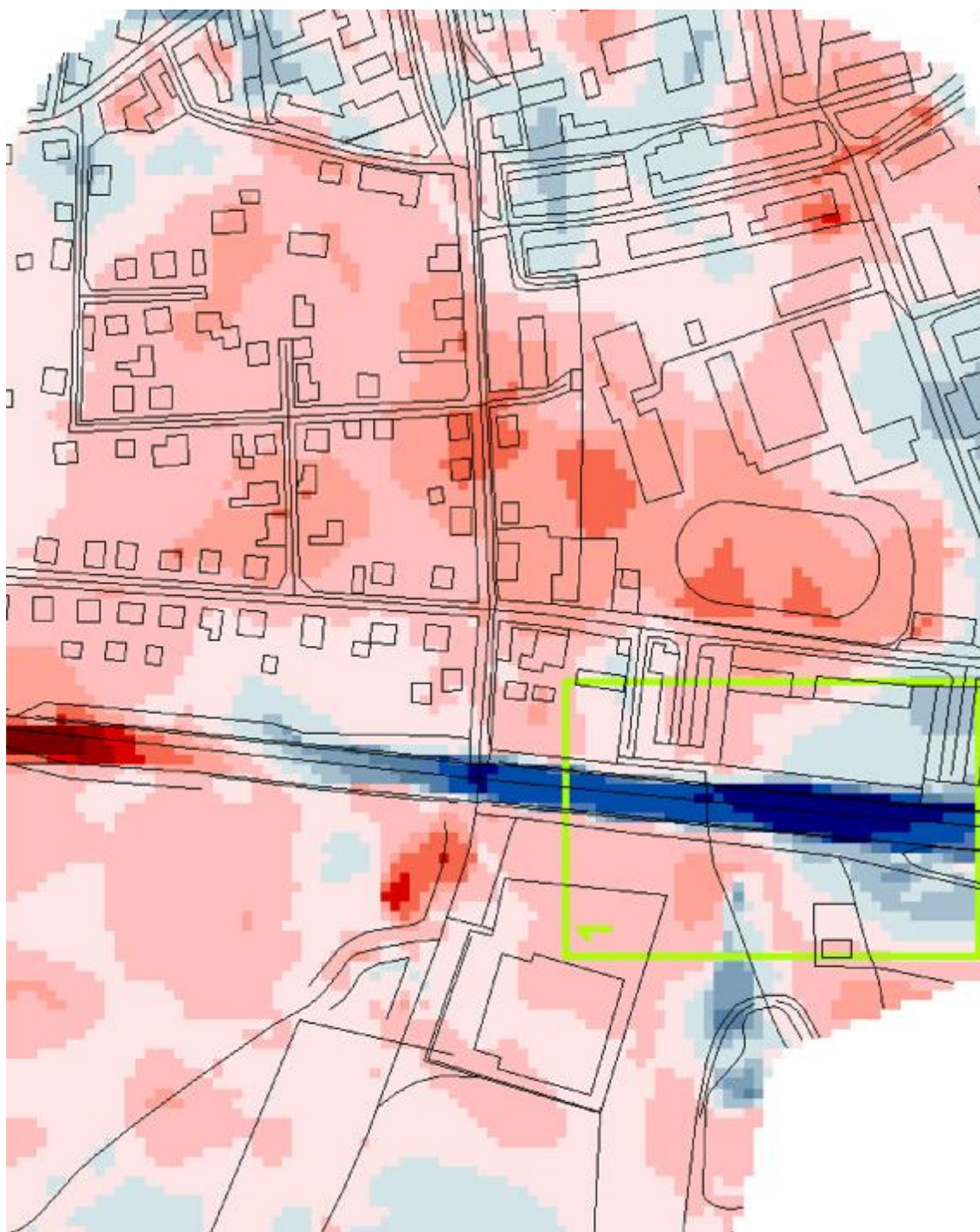


Množství buněk pro daný interval [m]

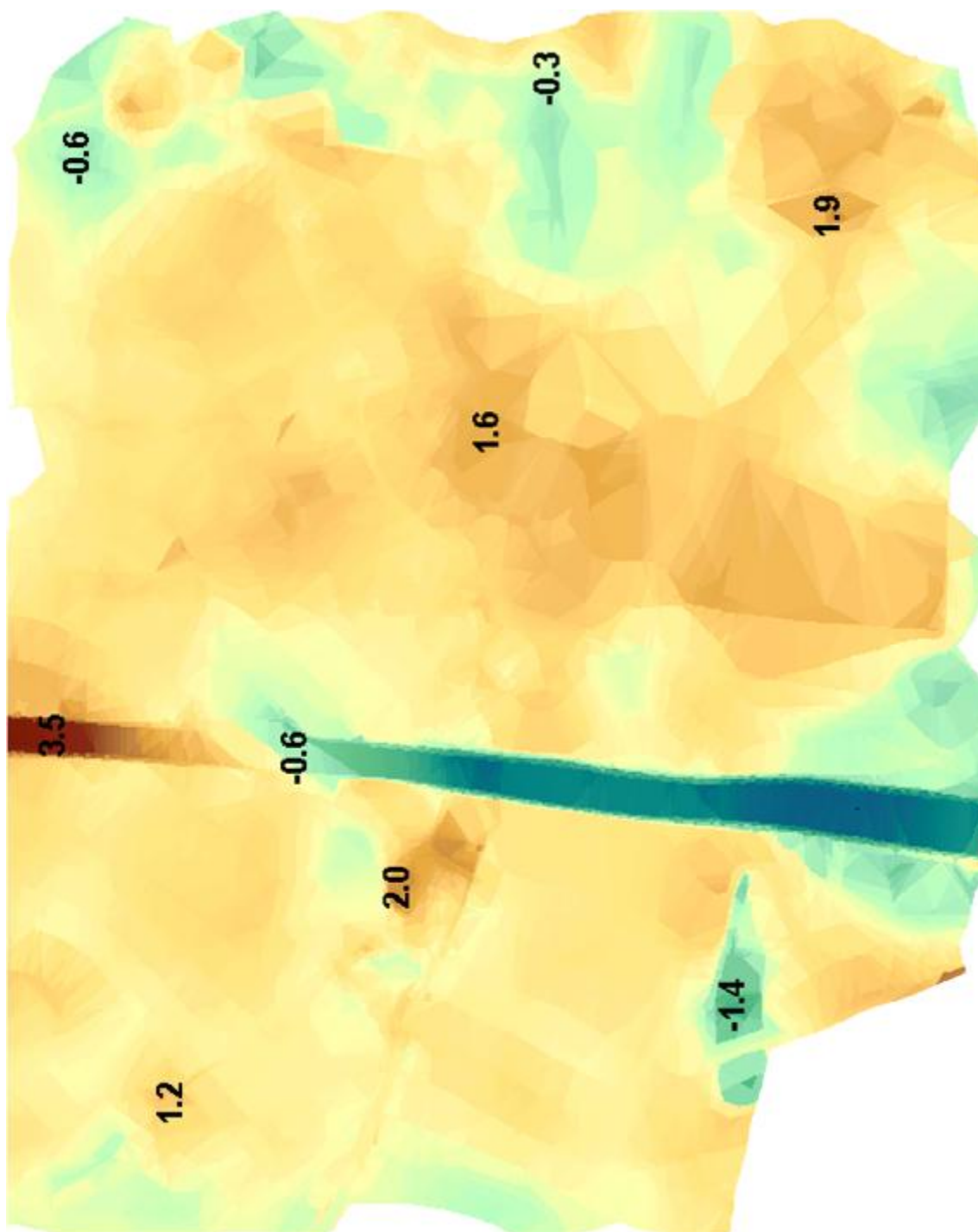
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	98		124		33		37		85		330		1380

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	3433		4316		1526		214		24		11		23

BLOVICE 5-4/32 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



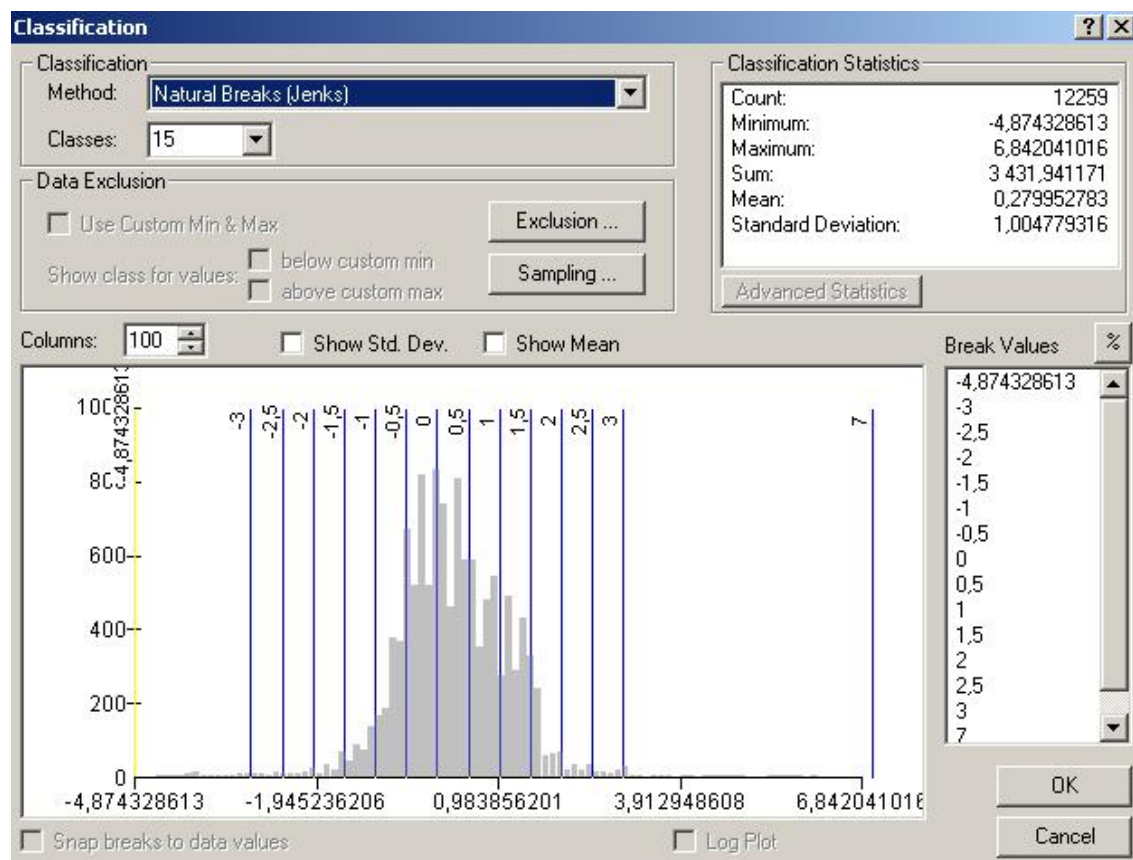
BLOVICE 5-4/32 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT





Násep železniční tratě (3,7 m) není zobrazen v ZABAGED.

BLOVICE 5-4/41

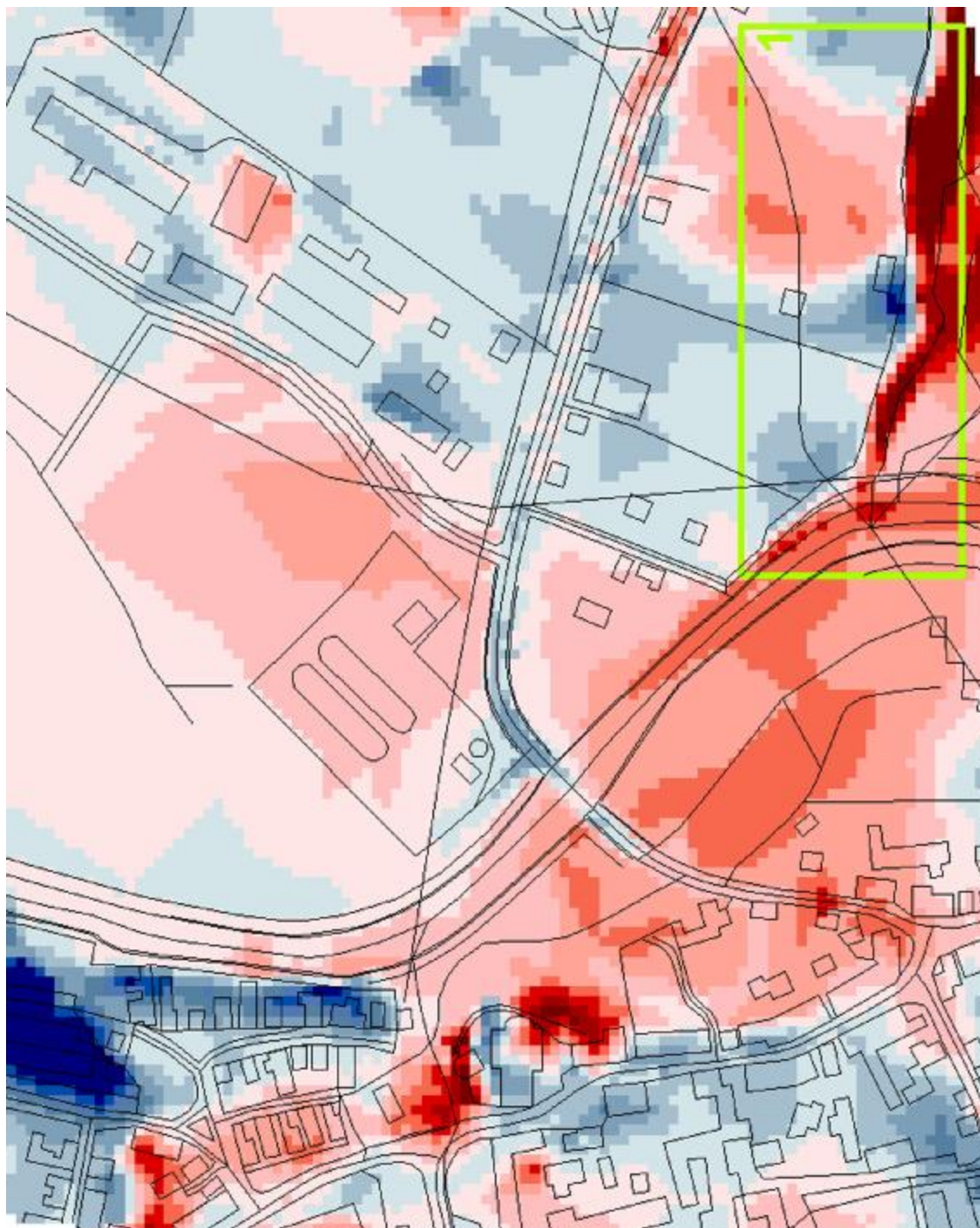


Množství buněk pro daný interval [m]

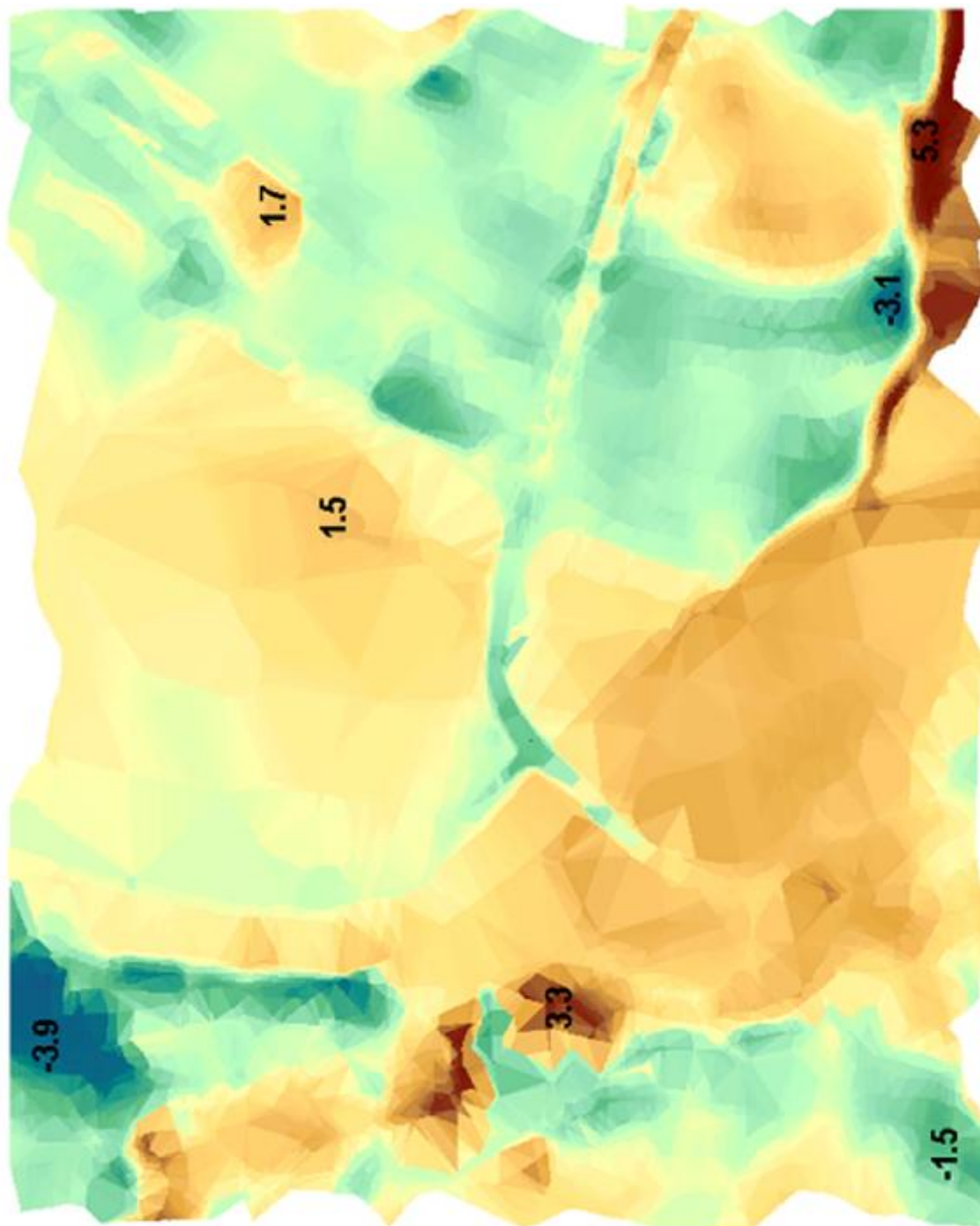
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
103		42		52		113		378		1294		2912	

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
2841		1963		1670		562		129		86		114	

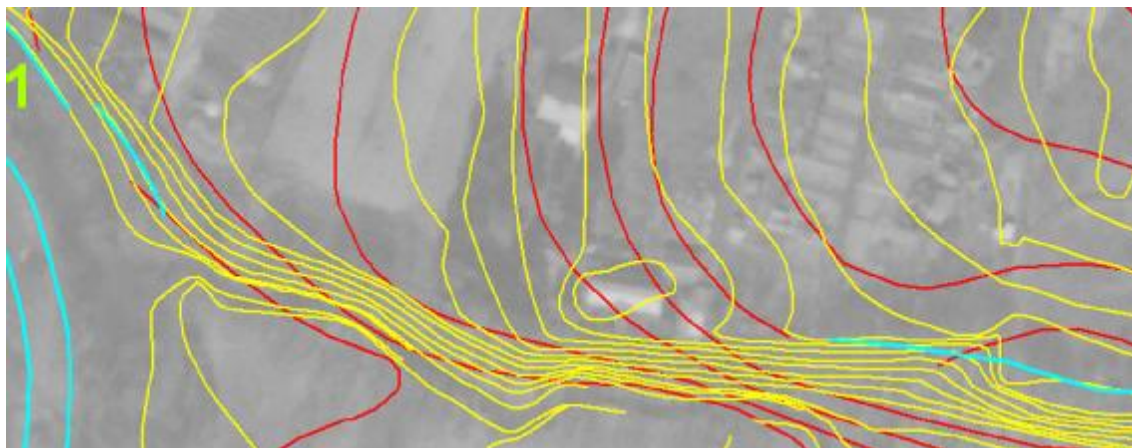
BLOVICE 5-4/41 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



BLOVICE 5-4/41 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT

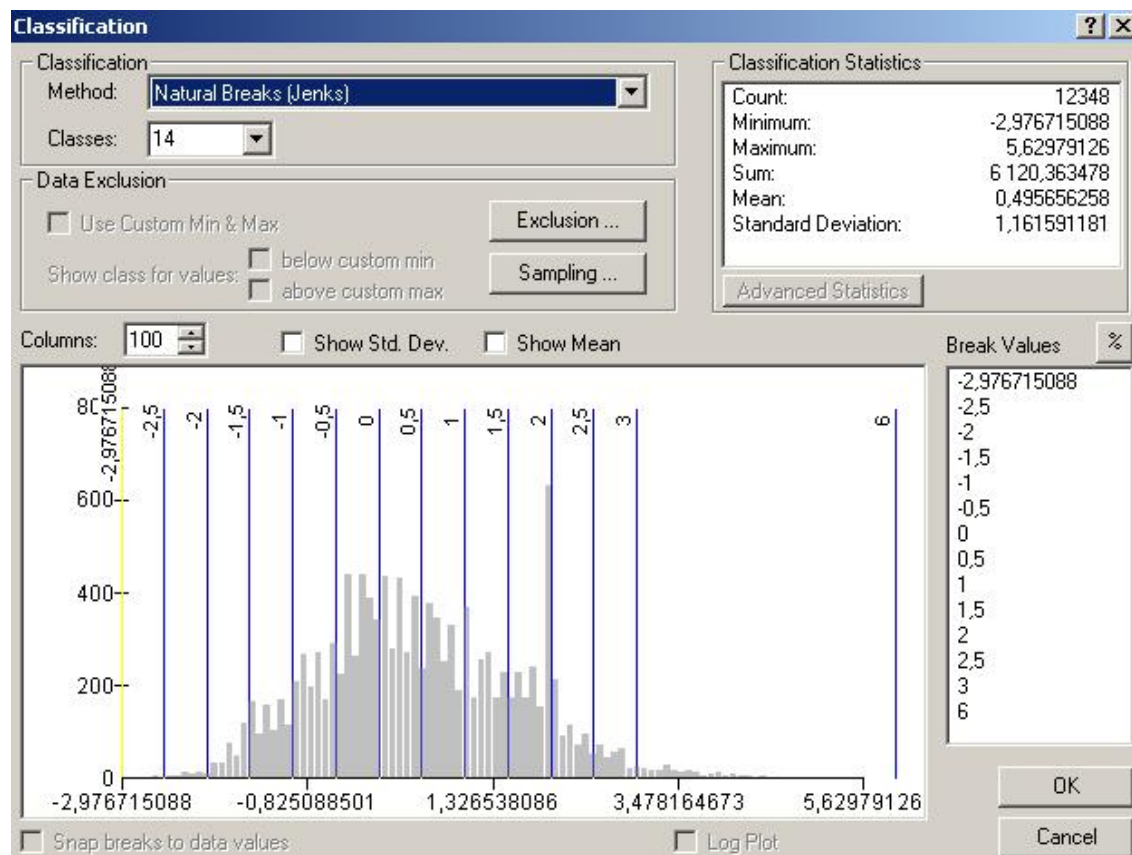


BLOVICE 5-4/41



Ignorace terénního zlomu ve vrstevnicích ZABAGED, Δz až 5,5 m.

BLOVICE 5-4/43

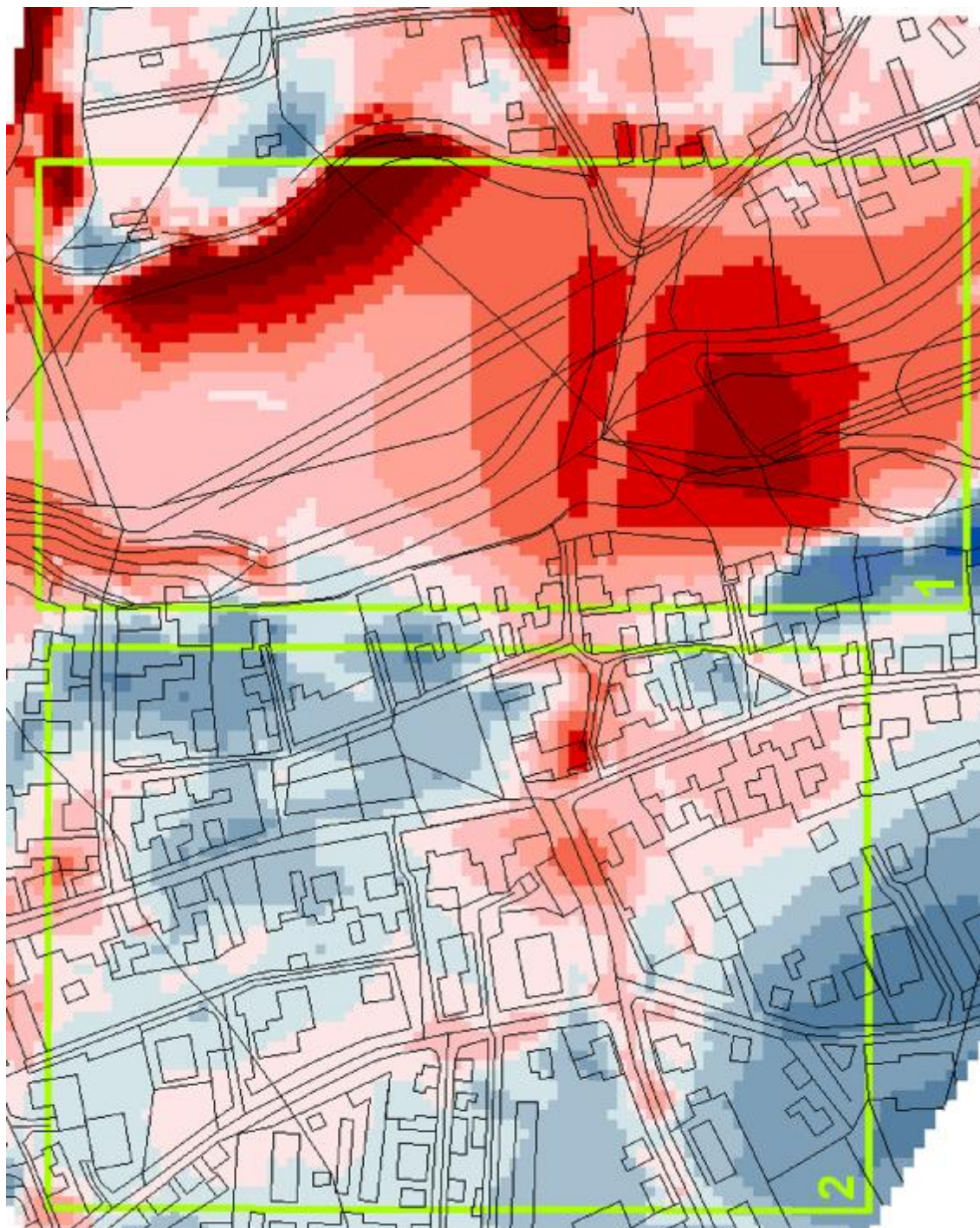


Množství buněk pro daný interval [m]

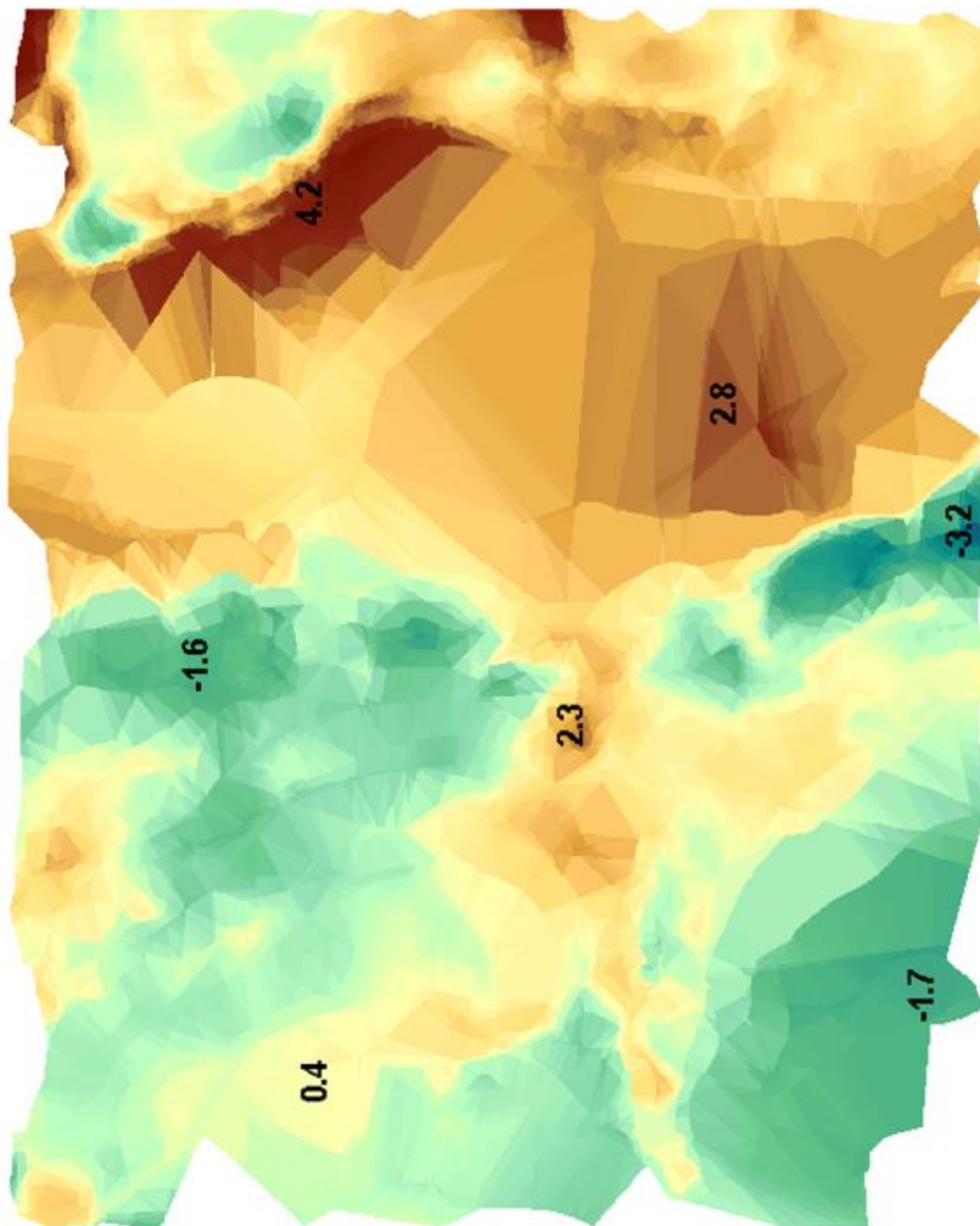
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	0		10		40		307		804		1282		2069

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	2081		1785		1271		1597		610		280		211

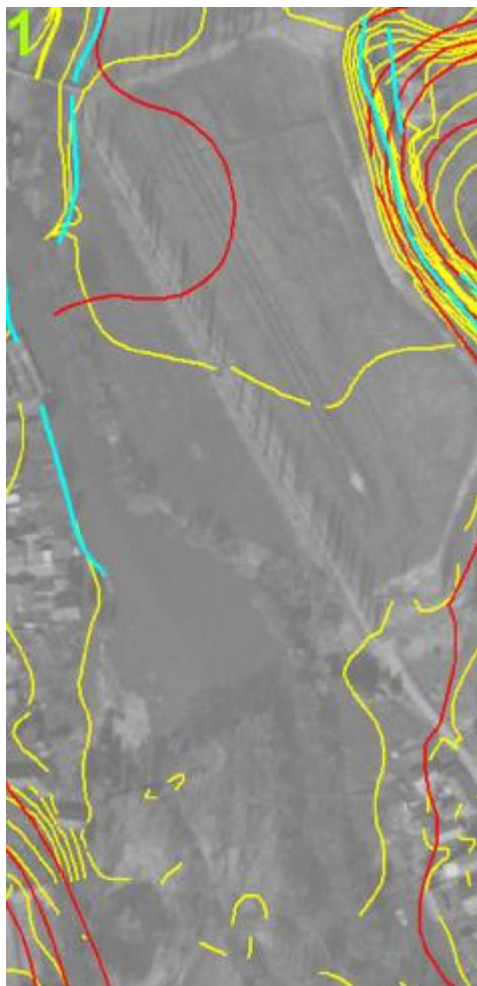
BLOVICE 5-4/43 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



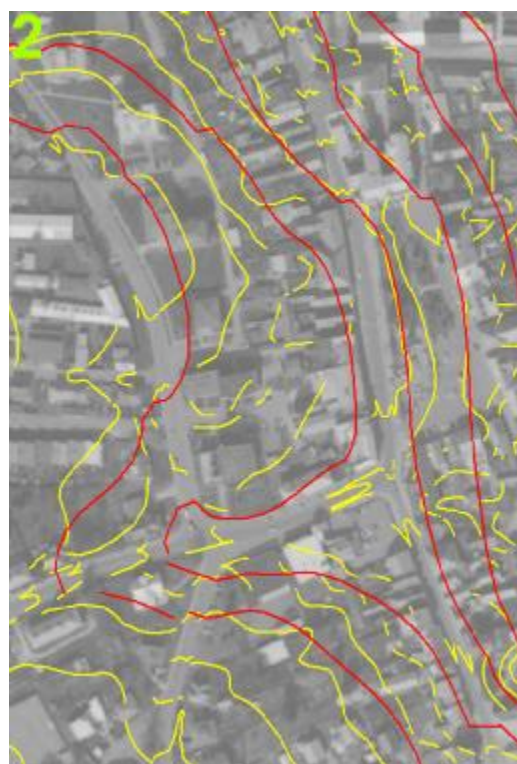
BLOVICE 5-4/43 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



BLOVICE 5-4/43

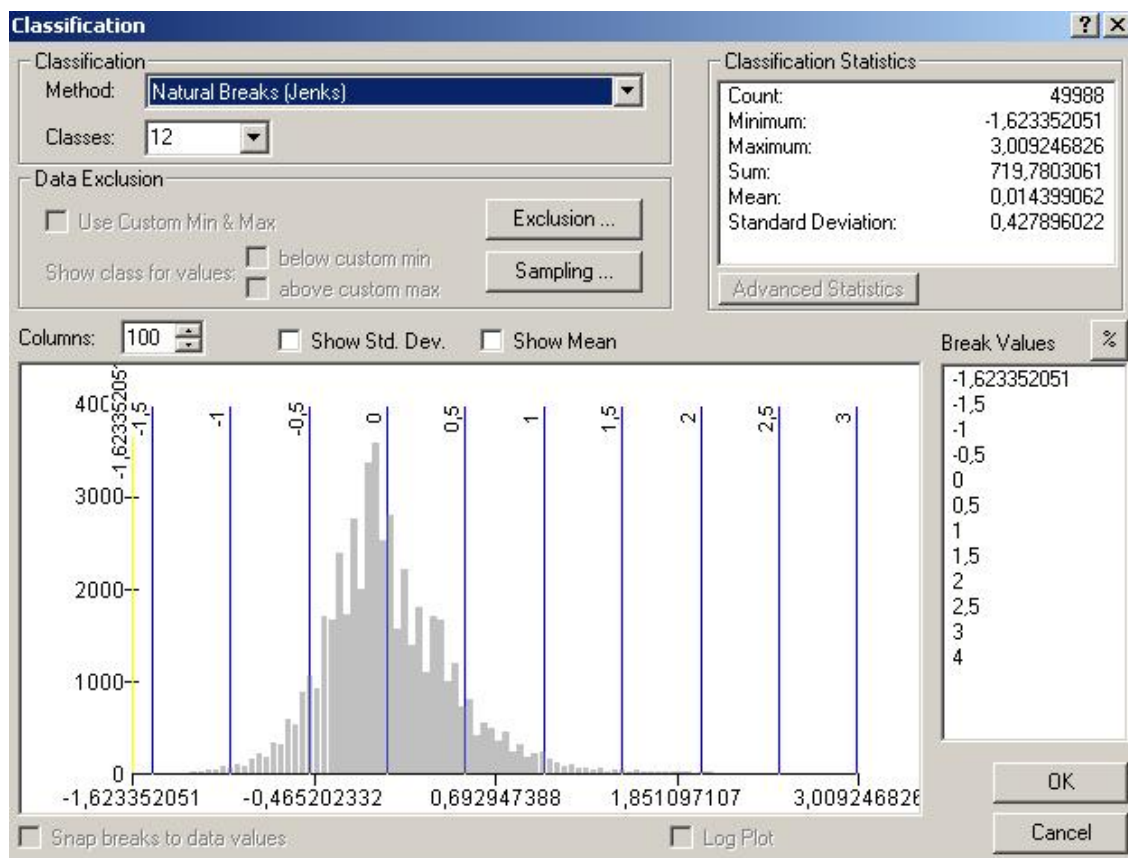


Příklad nedostatečného vyjádření výškopisu vrstevnicemi (uměle přetvořená krajina, vodní plocha, břehovky) – rozdíly až 4 m.



Ukázka vyjádření výškopisu ZABAGED a THM v zastavěné ploše.

CHEB 1-2/3

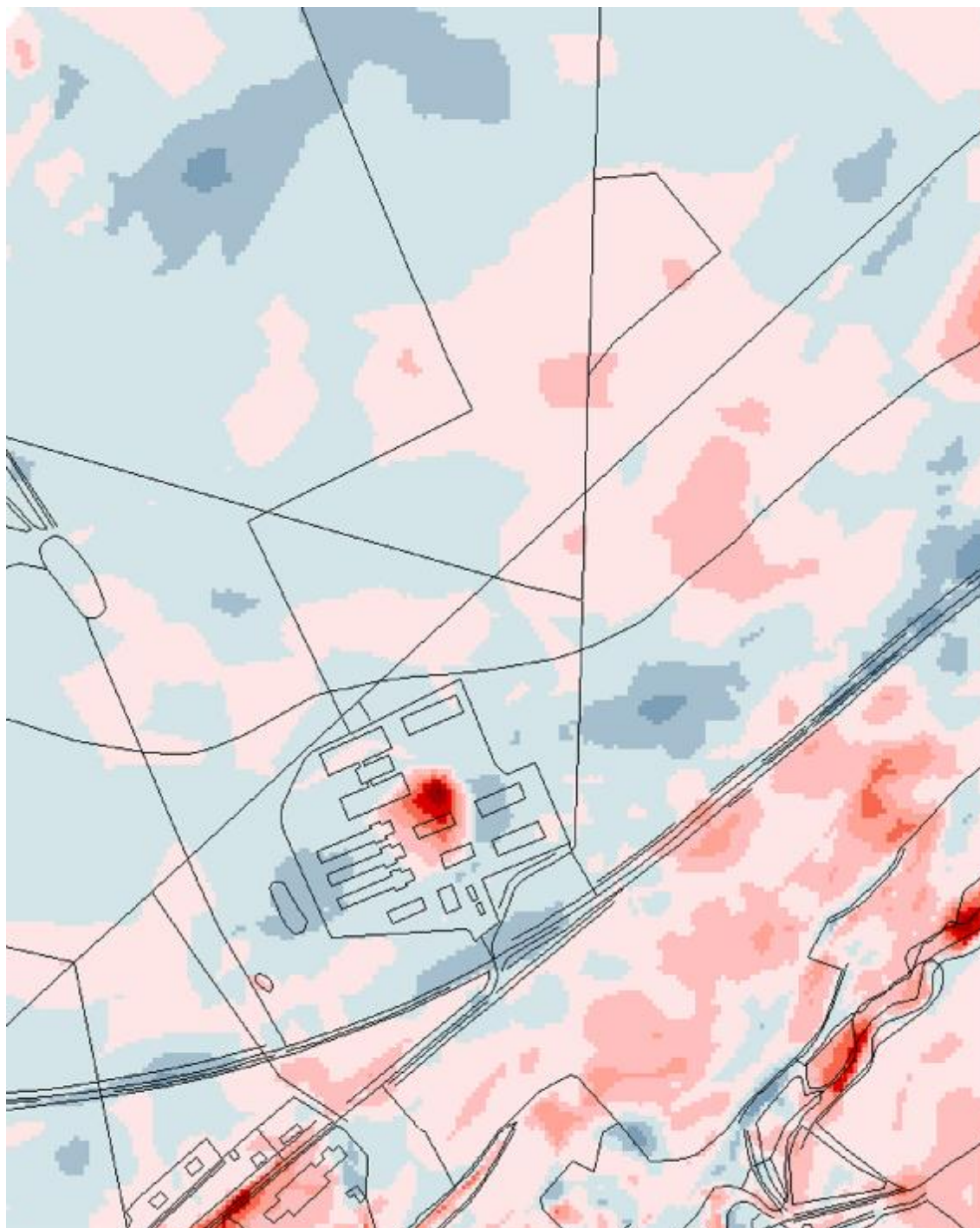


Množství buněk pro daný interval [m]

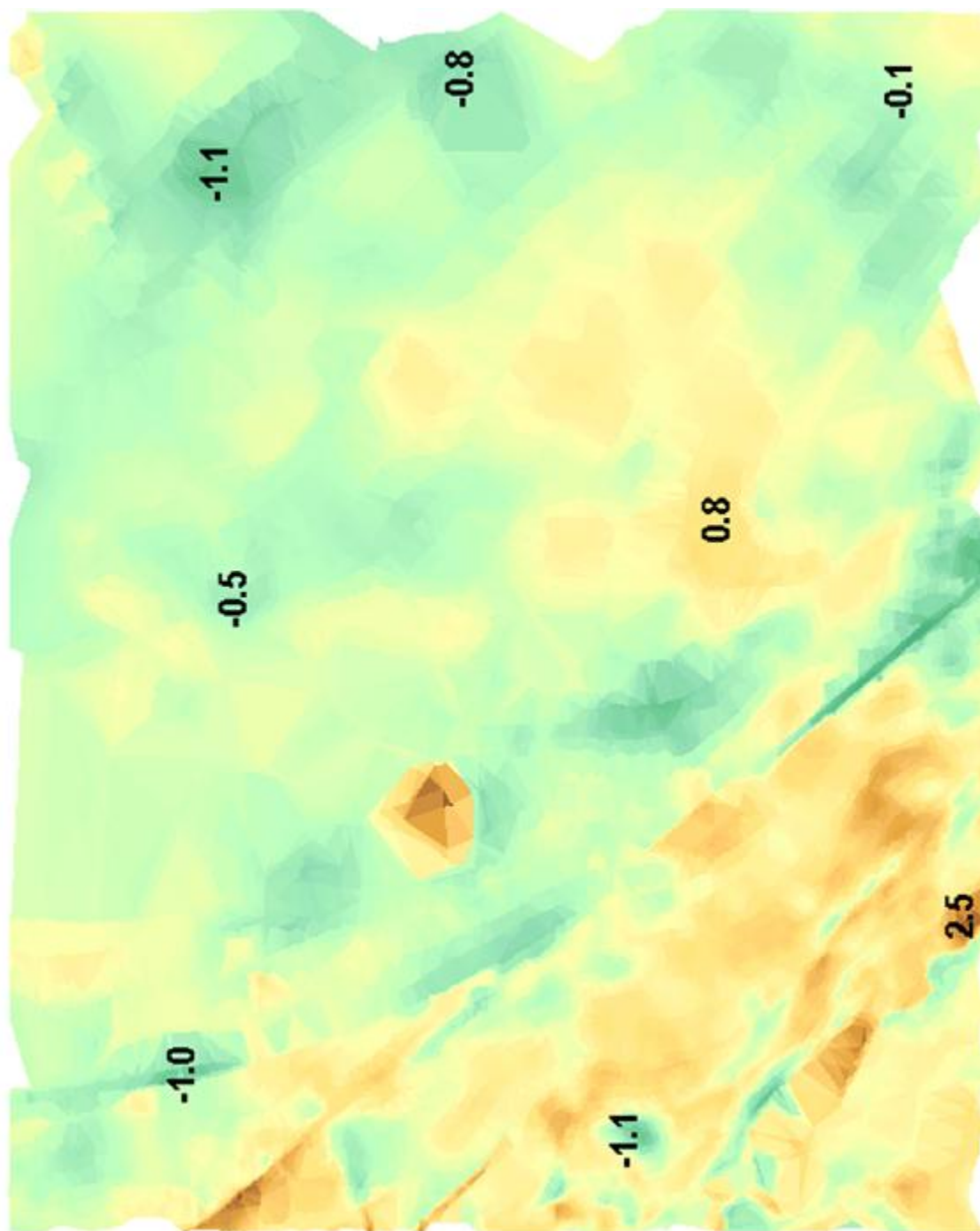
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	0		0		0		2		267		3761		23419

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	17158		4184		829		243		97		27		1

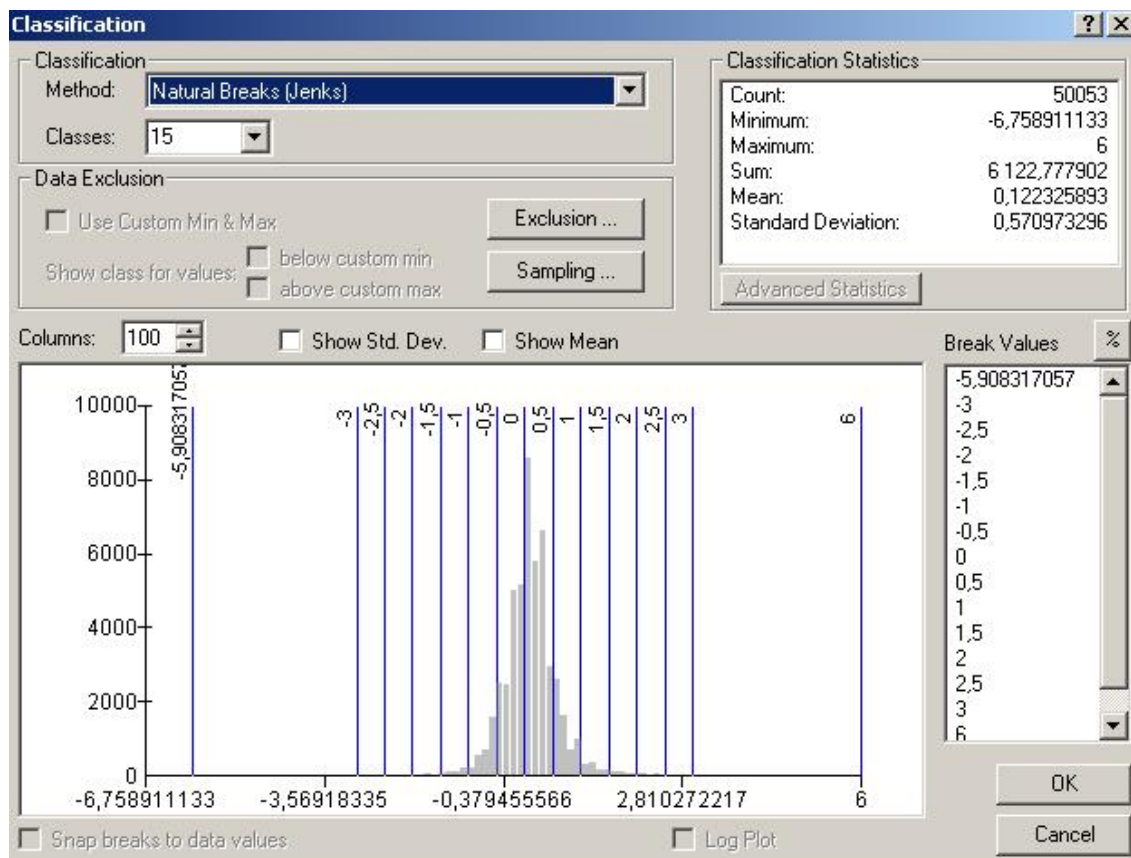
CHEB 1-2/3 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



CHEB 1-2/3 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



CHEB 2-2/4

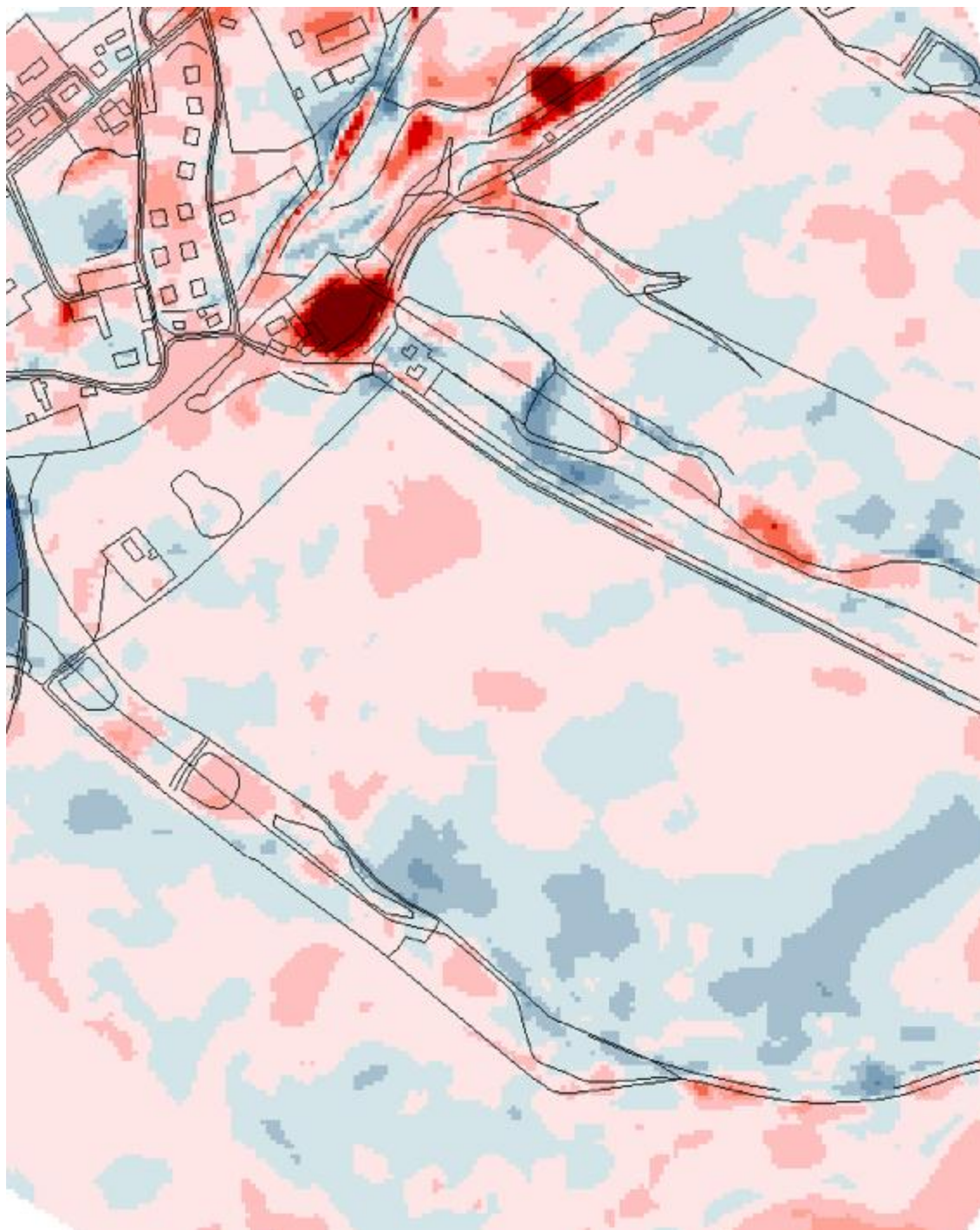


Množství buněk pro daný interval [m]

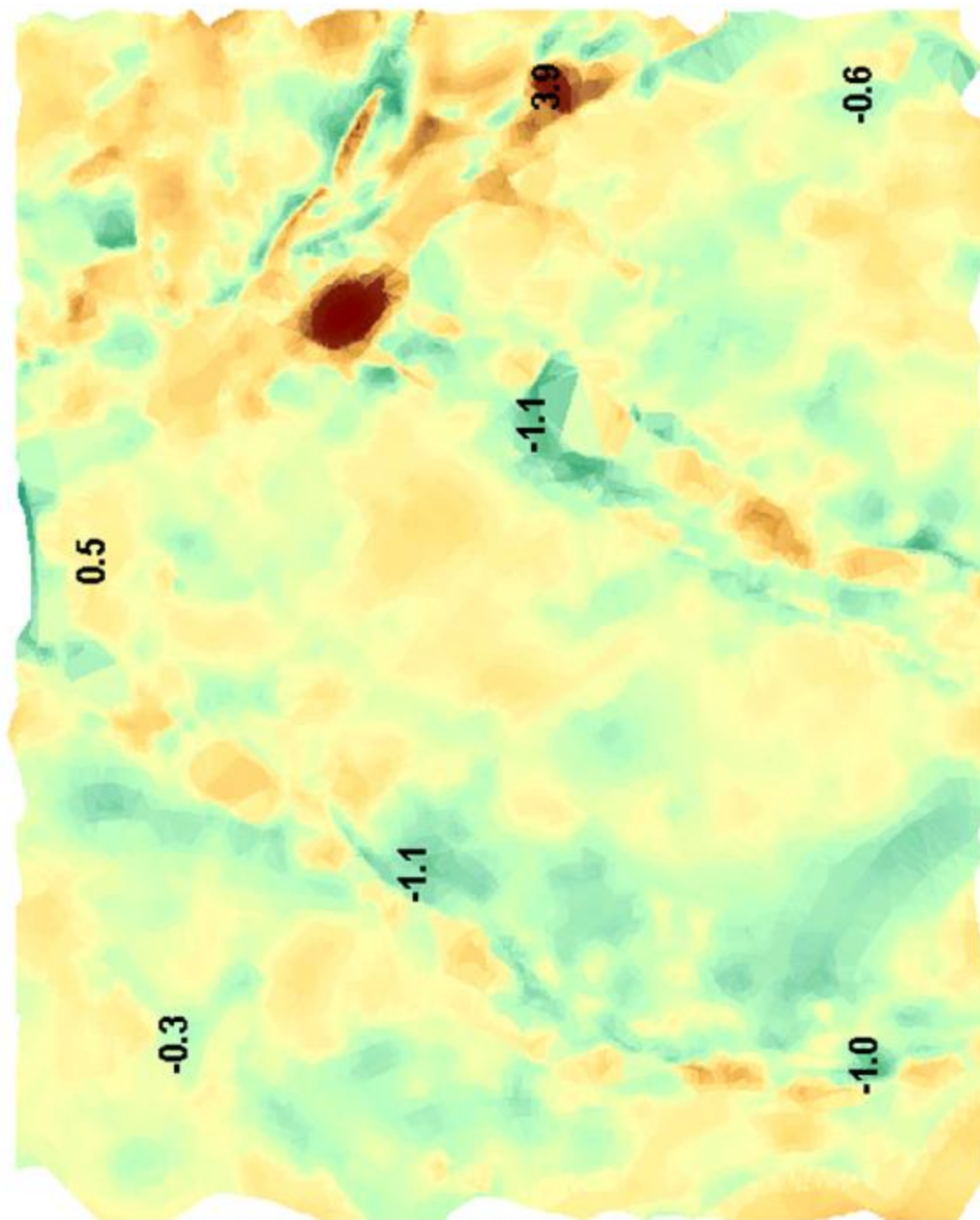
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
87		6		33		104		436		2995		15049	

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
23892		5693		1055		343		139		54		195	

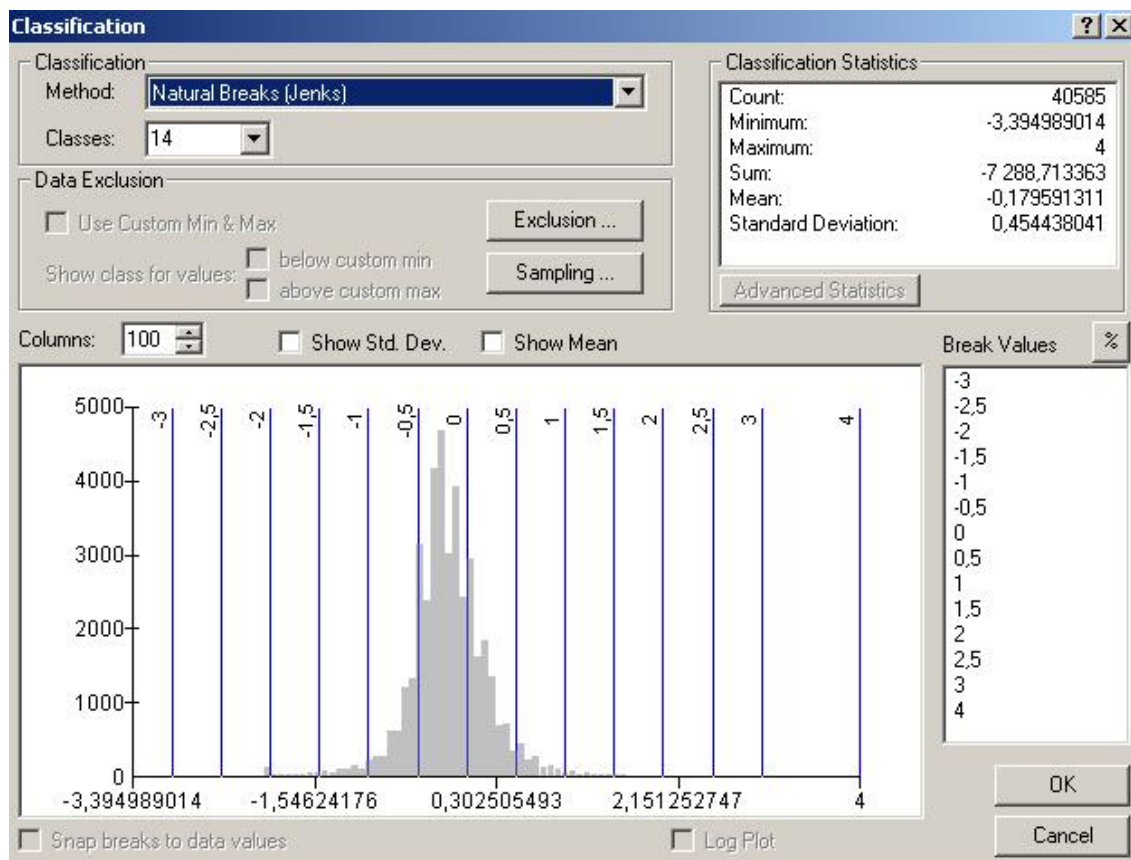
CHEB 2-2/4 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



CHEB 2-2/4 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



CHEB 2-2/2

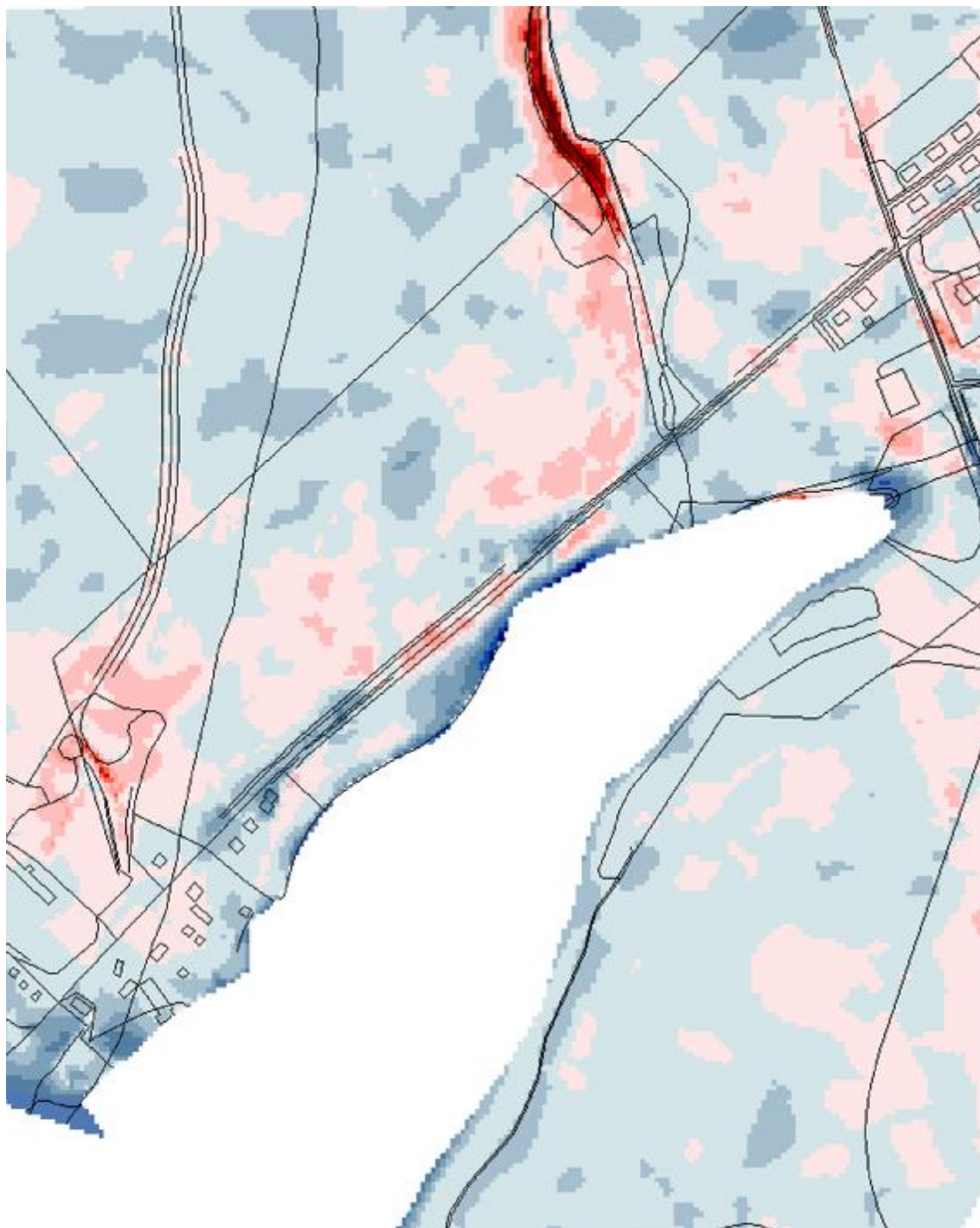


Množství buněk pro daný interval [m]

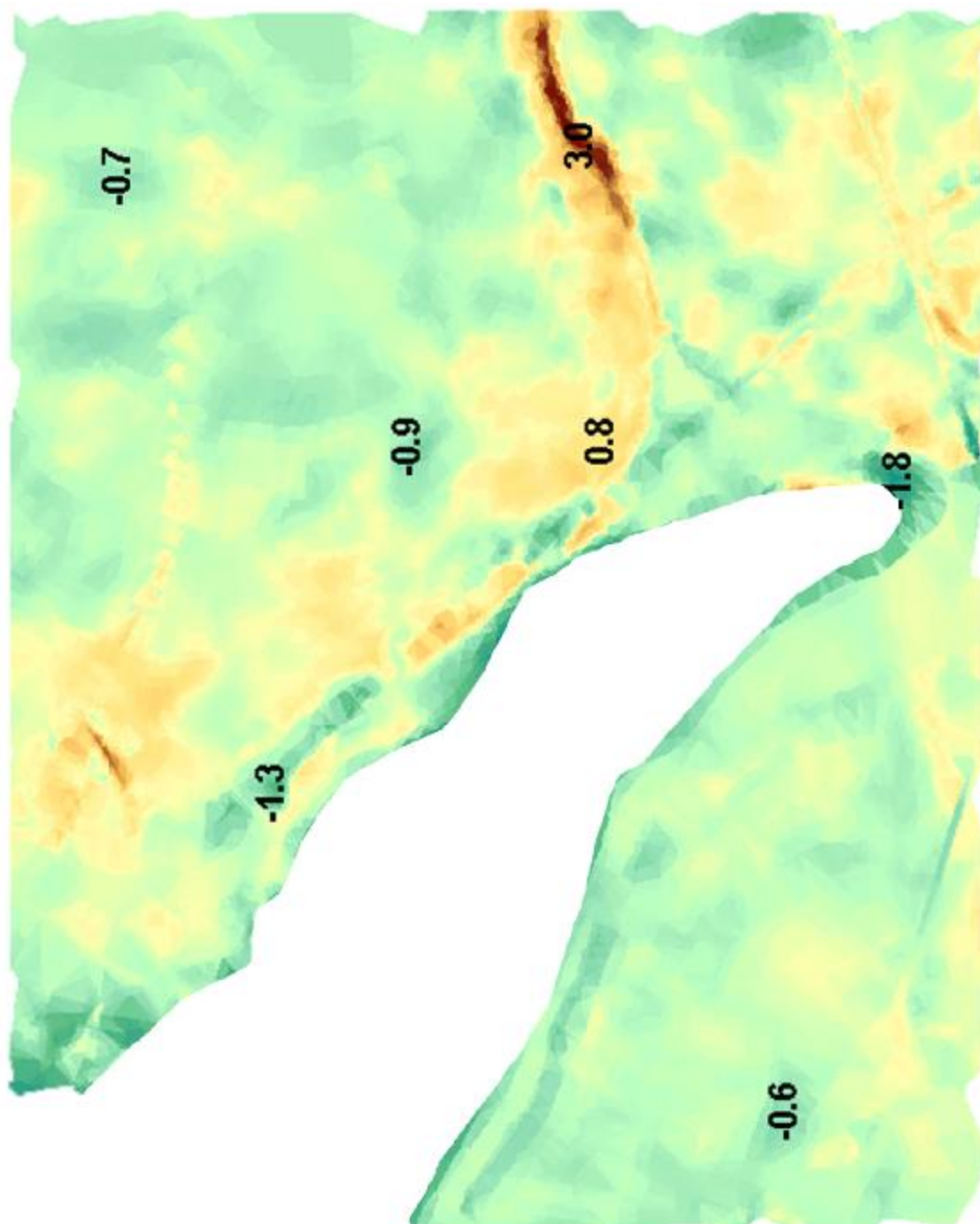
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	13		25		185		227		705		5483		22677

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	9327		1494		236		82		47		41		43

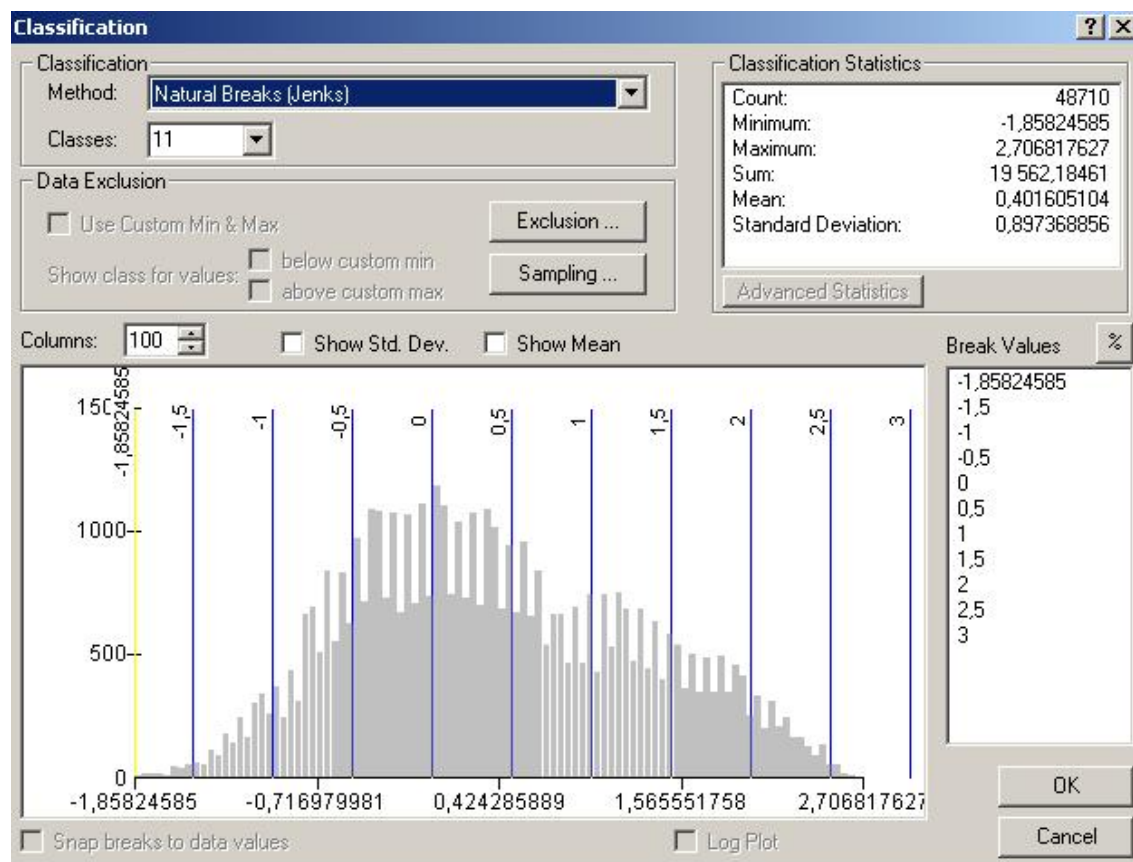
CHEB 2-2/2 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



CHEB 2-2/2 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



HOŘOVICE 7-2/2

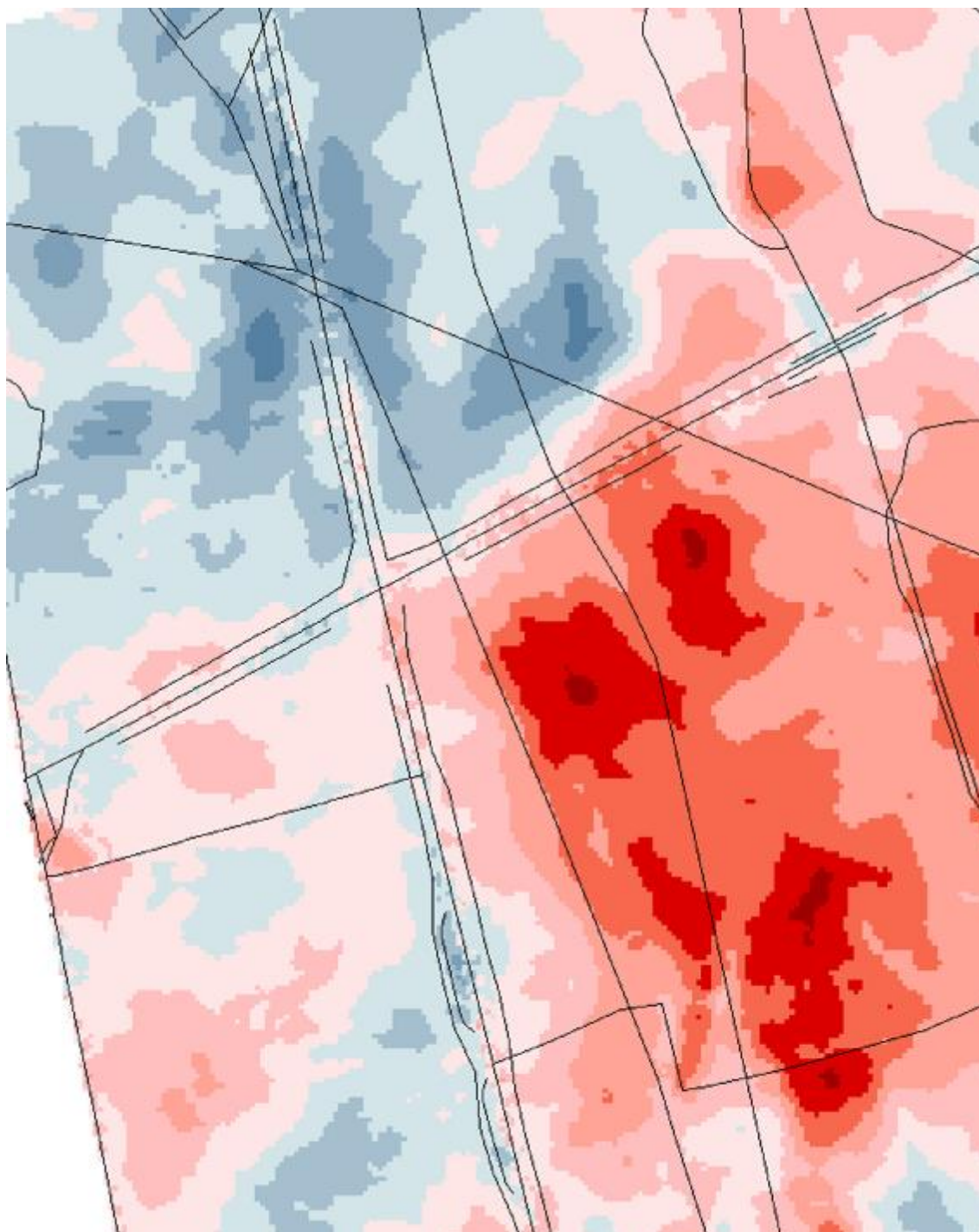


Množství buněk pro daný interval [m]

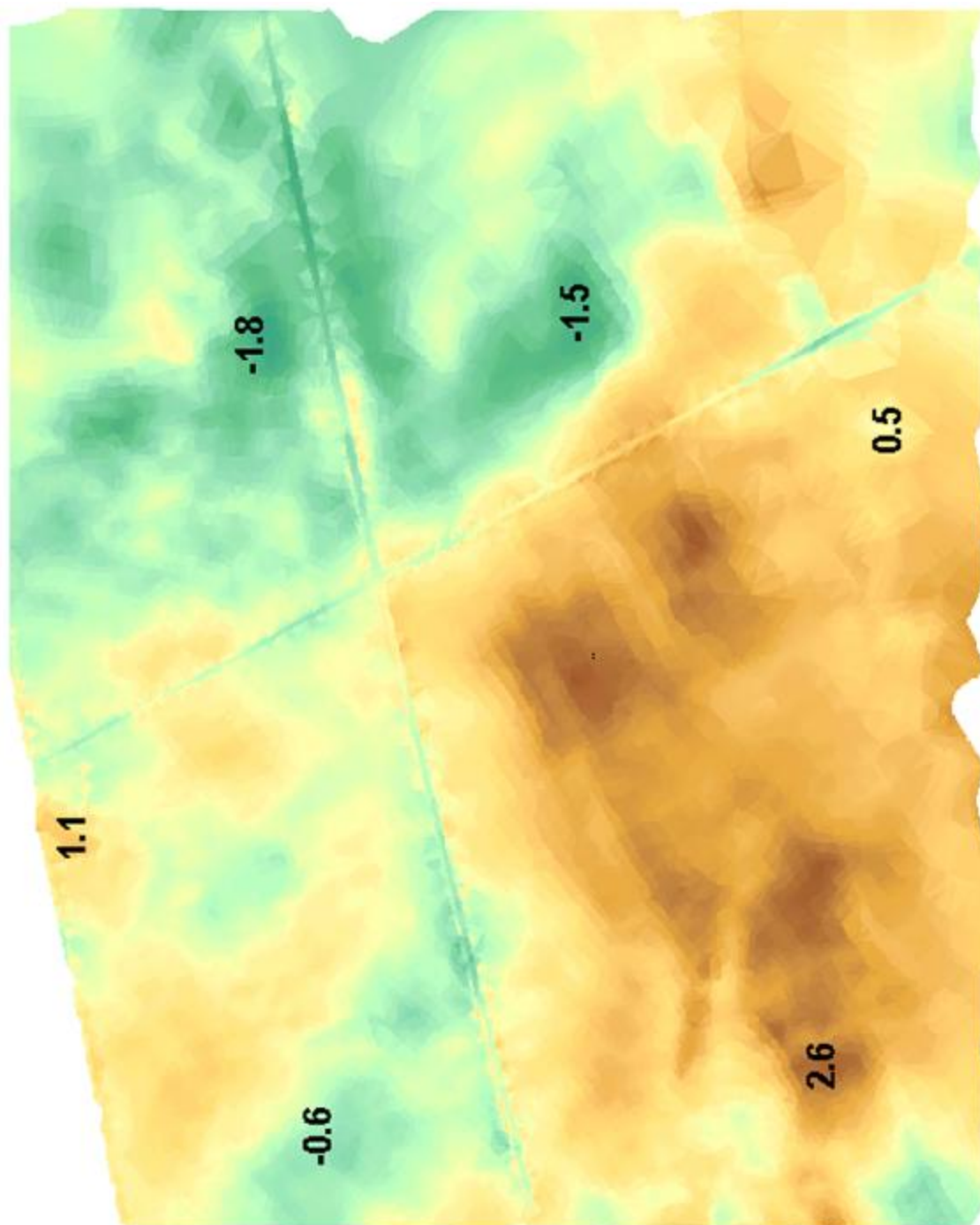
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
0		0		0		193		1932		6064		9937	

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
9965		7464		6334		4597		2107		115		0	

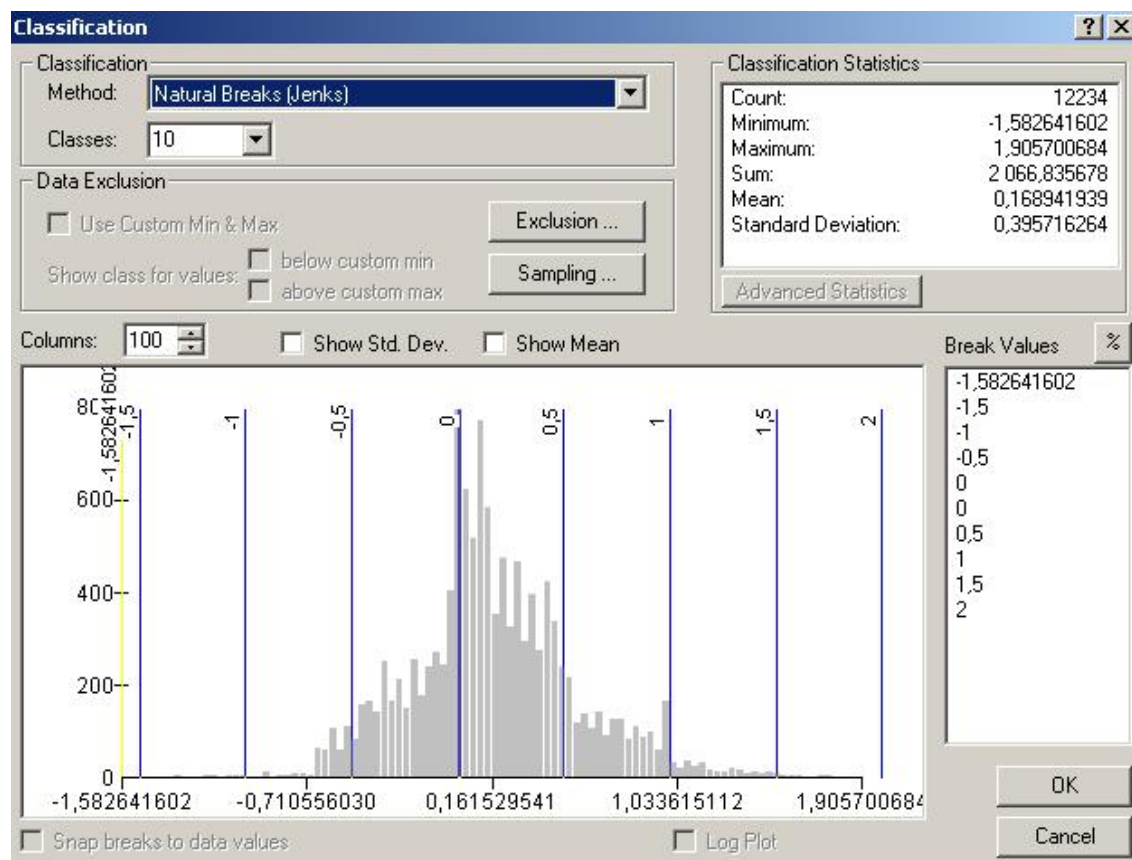
HOŘOVICE 7-2/2 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



HOŘOVICE 7-2/2 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT Příloha 16c



PLZEŇ 8-0/43

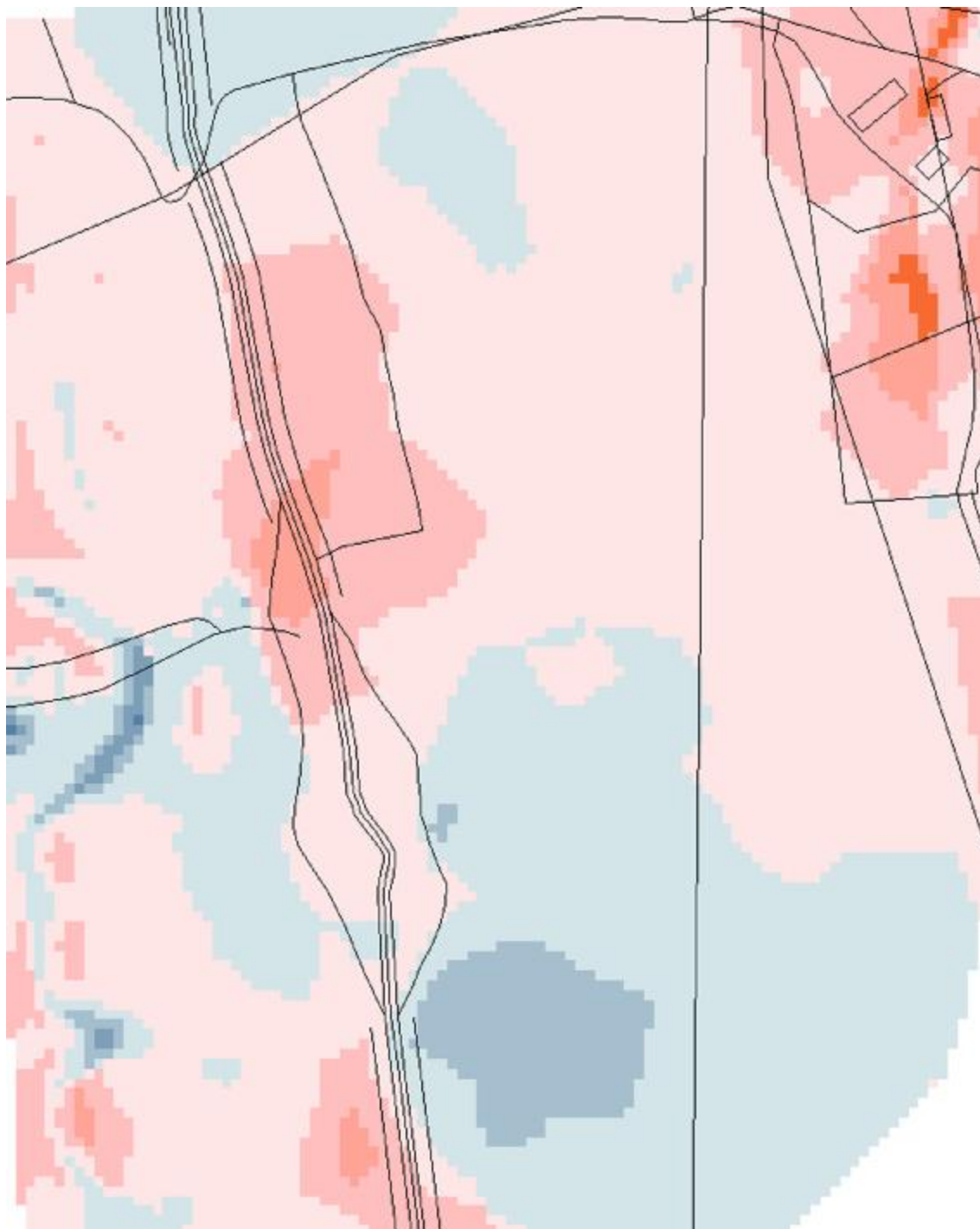


Množství buněk pro daný interval [m]

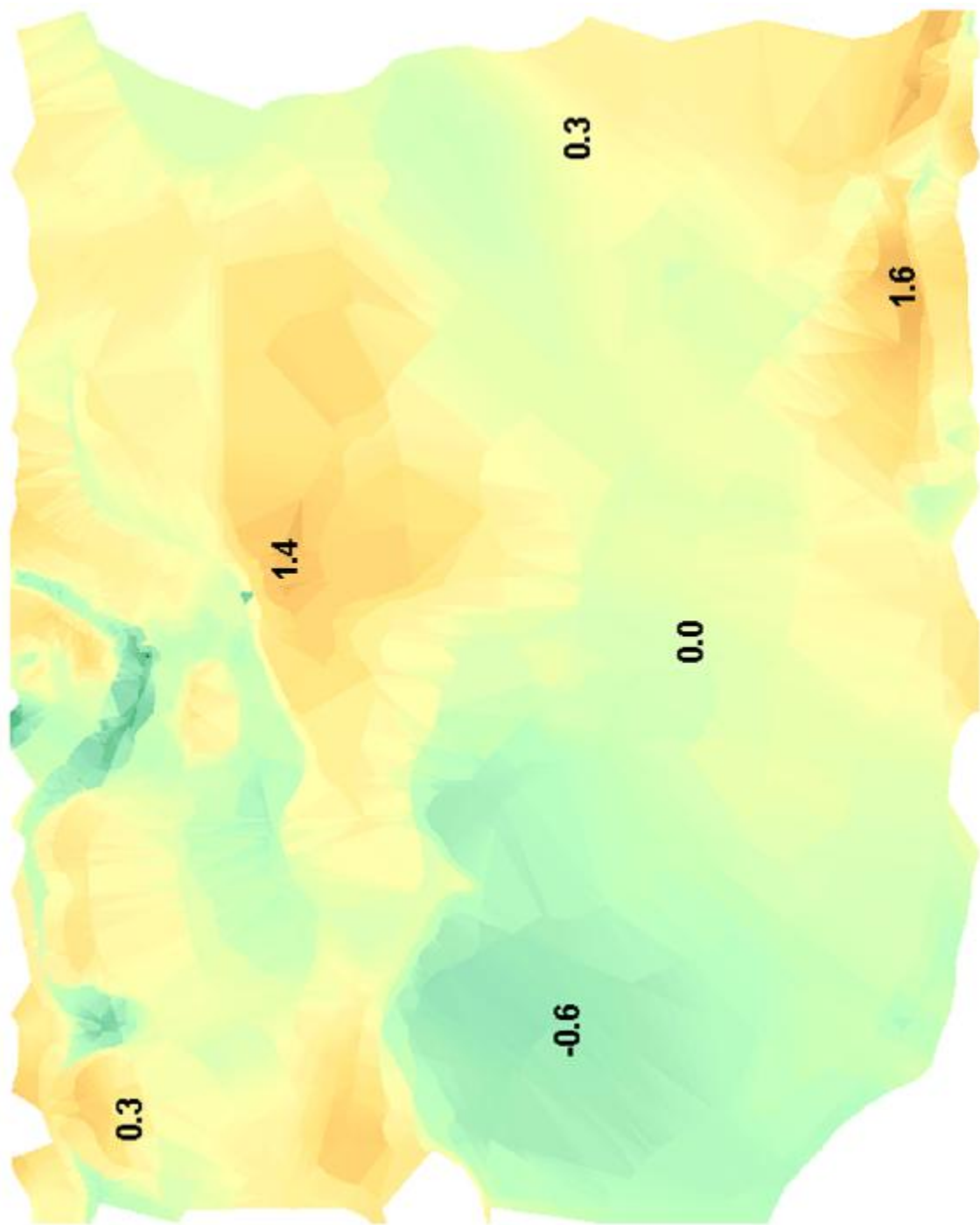
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	0		0		0		2		32		438		3541

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	0	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	6185		1730		274		31		0		0		0

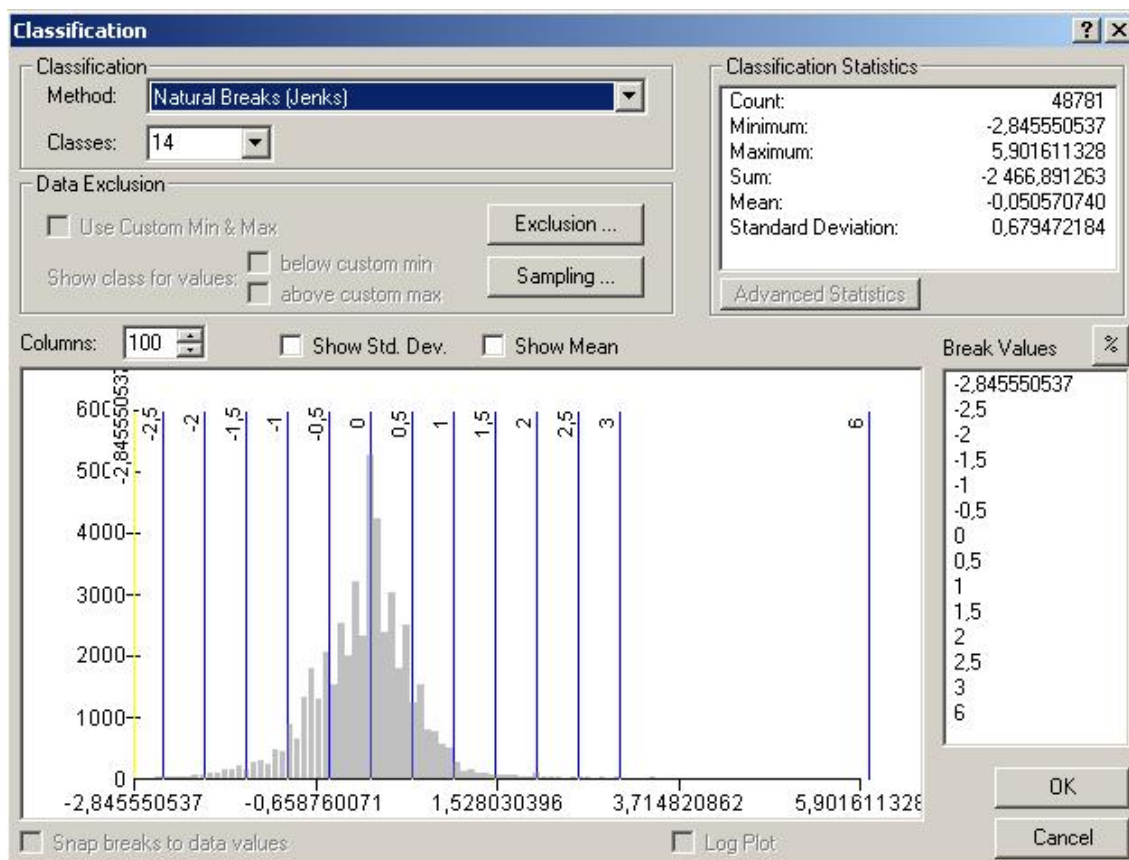
PLZEŇ 8-0/43 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



PLZEŇ 8-0/43 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



PLZEŇ 8-0/3

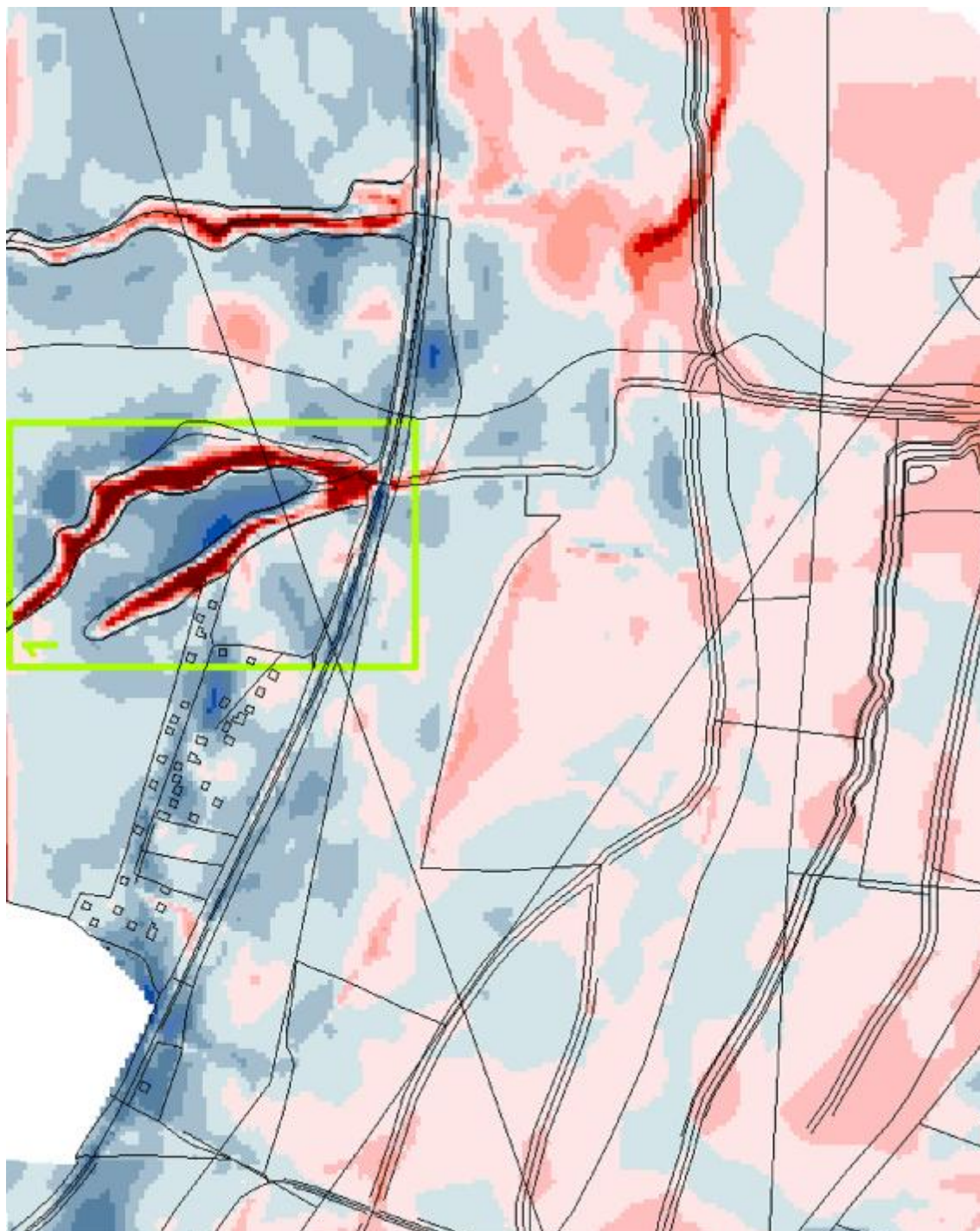


Množství buněk pro daný interval [m]

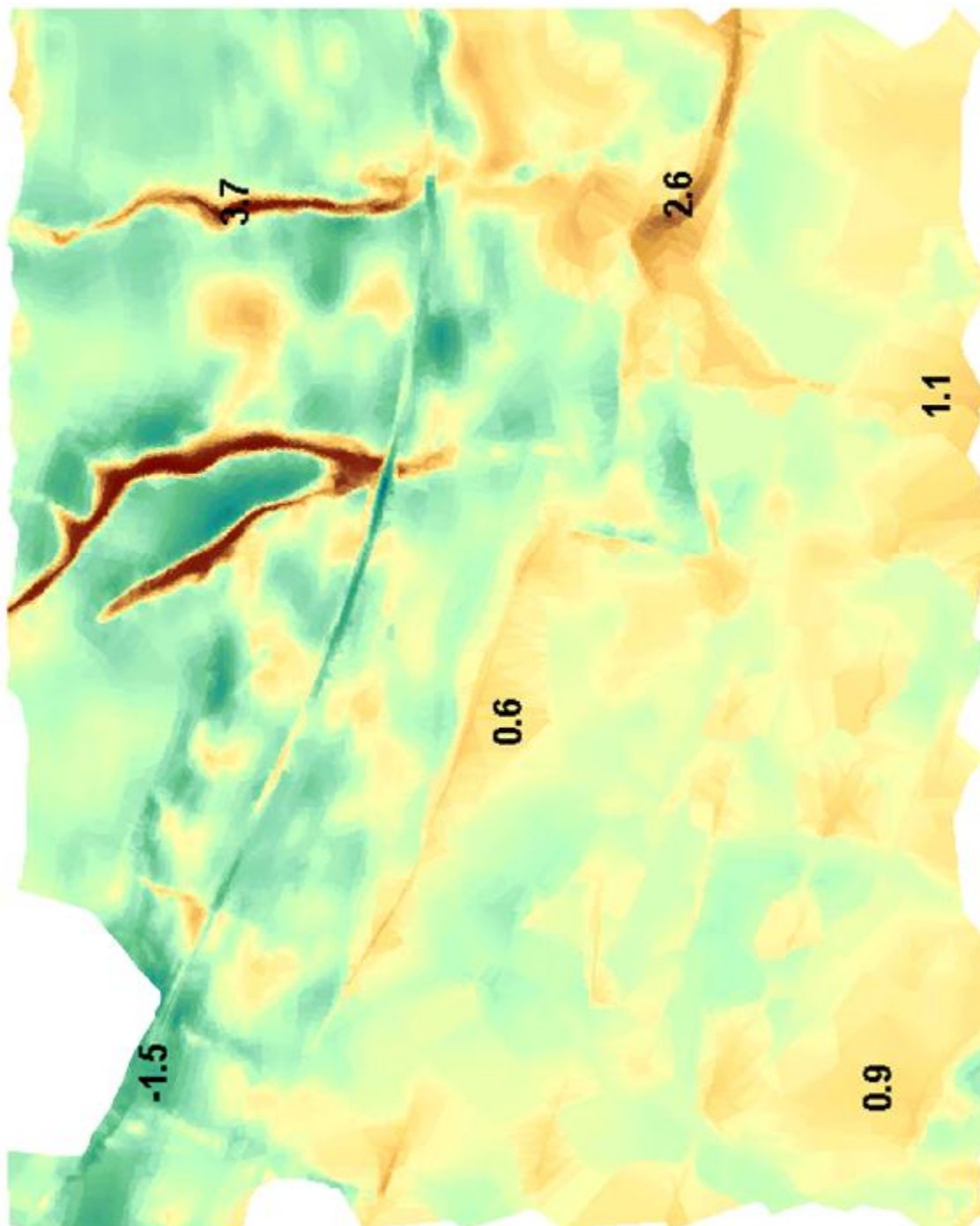
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
0		49		224		767		2093		7075		16029	

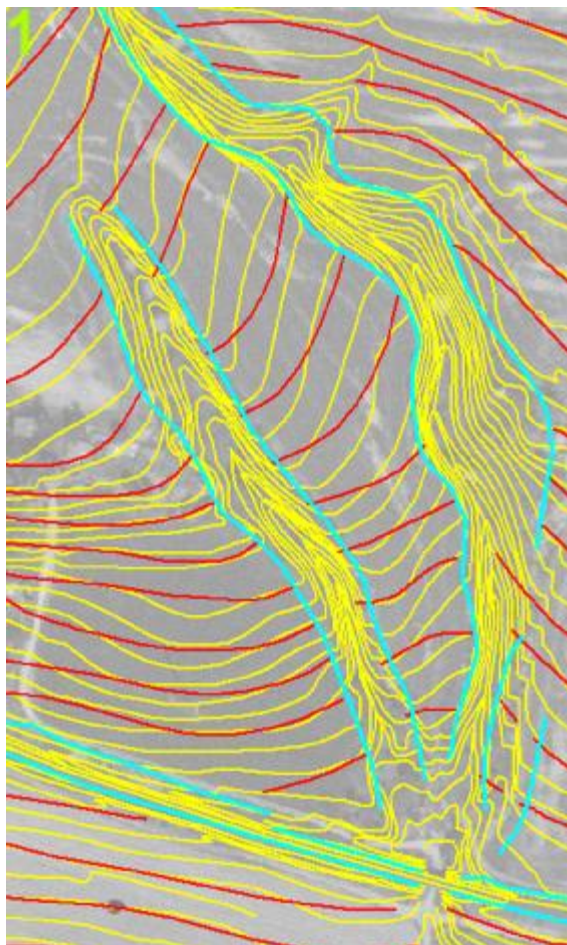
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
15485		5409		780		315		206		121		236	

PLZEŇ 8-0/3 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



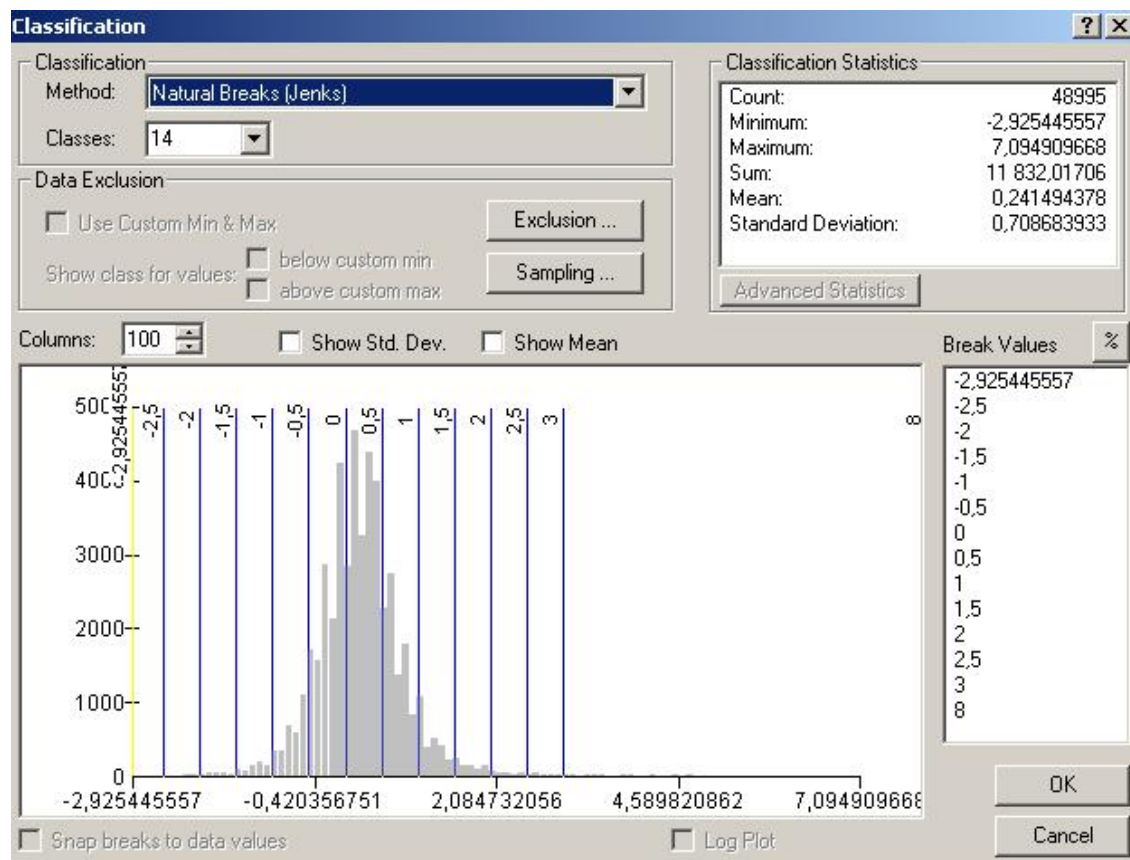
PLZEŇ 8-0/3 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT





ZABAGED ignoruje 4 m hluboké zářezy – vrstevnice jdou jen k terénním hranám.

PLZEŇ 9-0/1

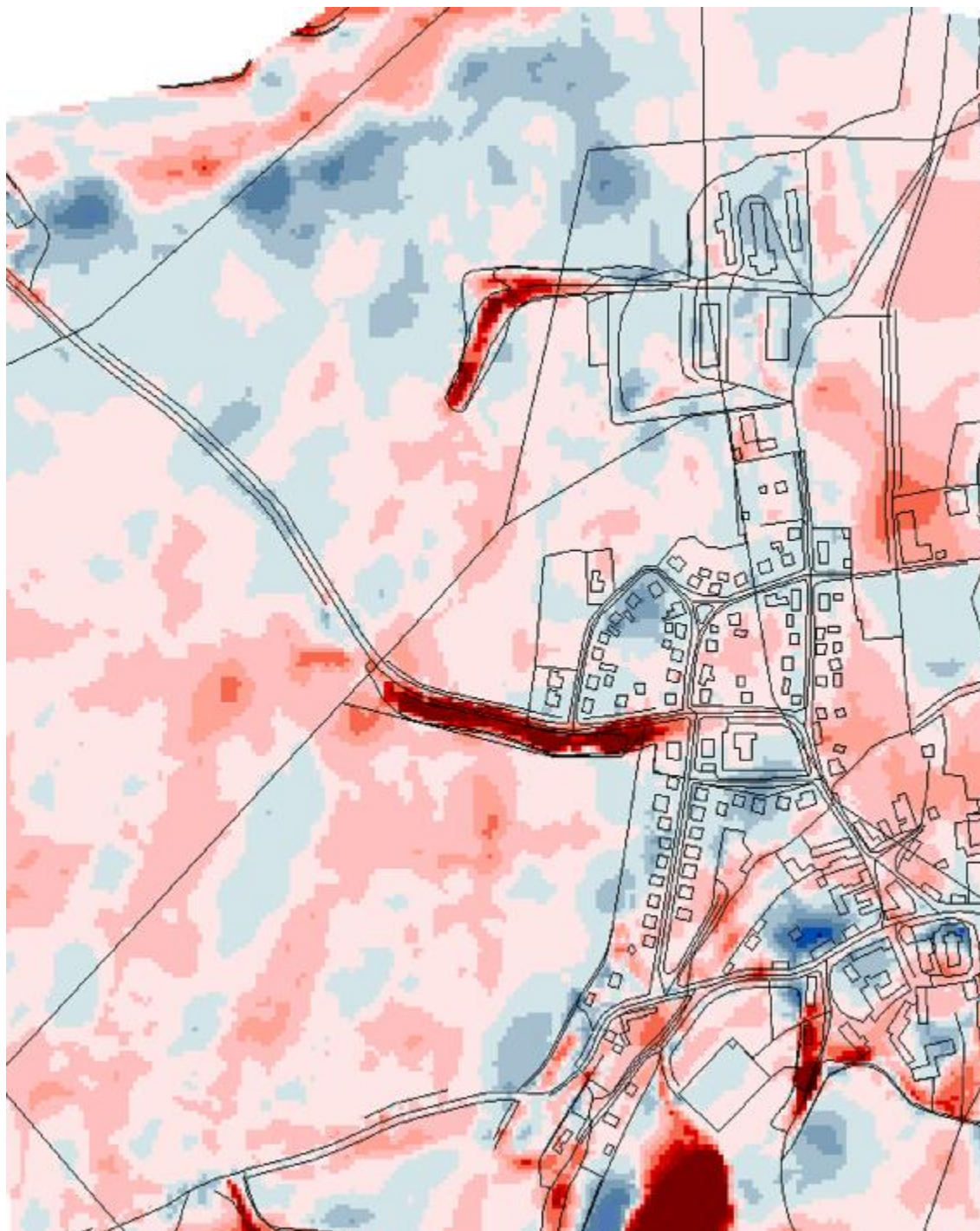


Množství buněk pro daný interval [m]

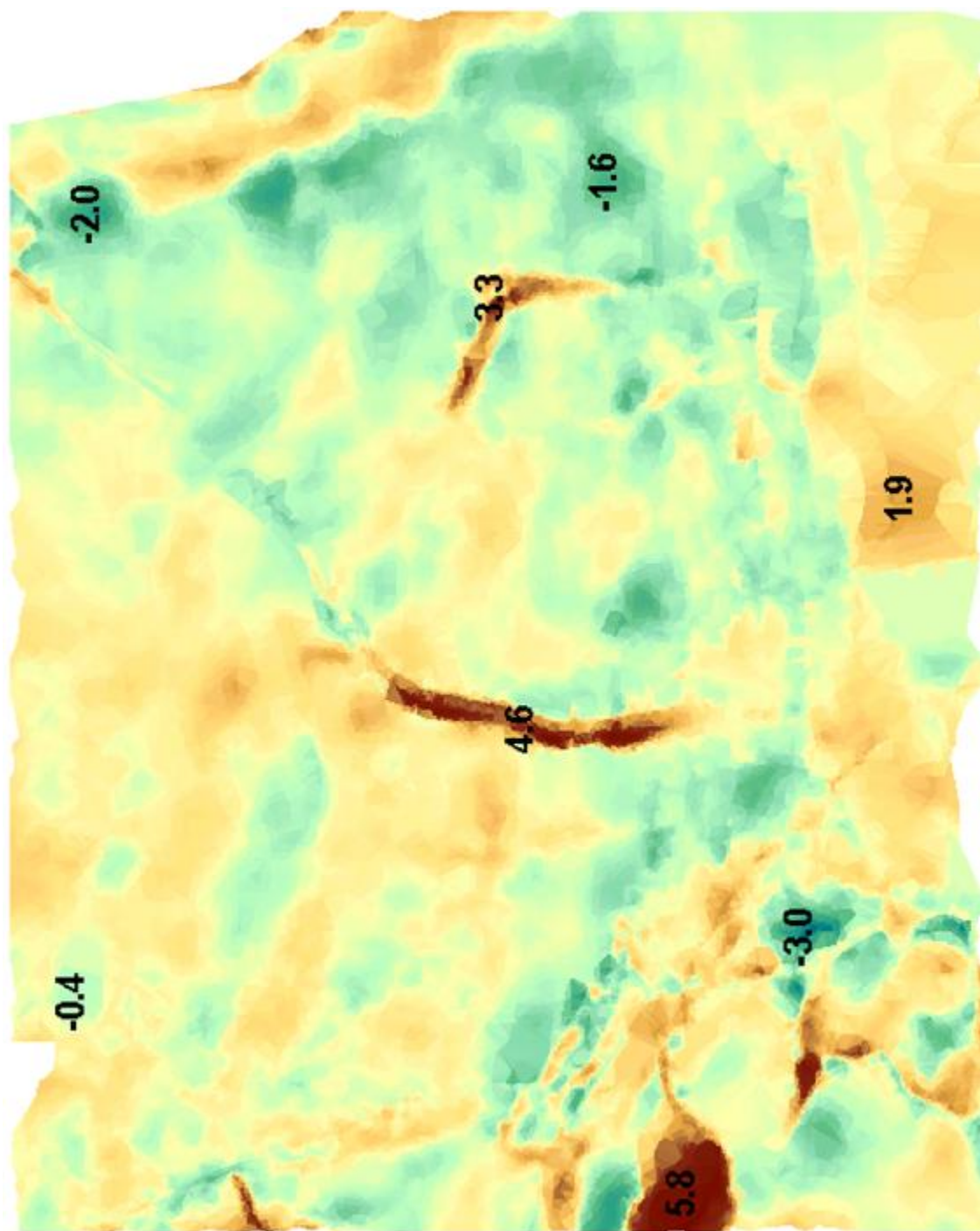
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	0		19		56		234		752		2944		12515

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	19185		9523		2234		704		235		182		411

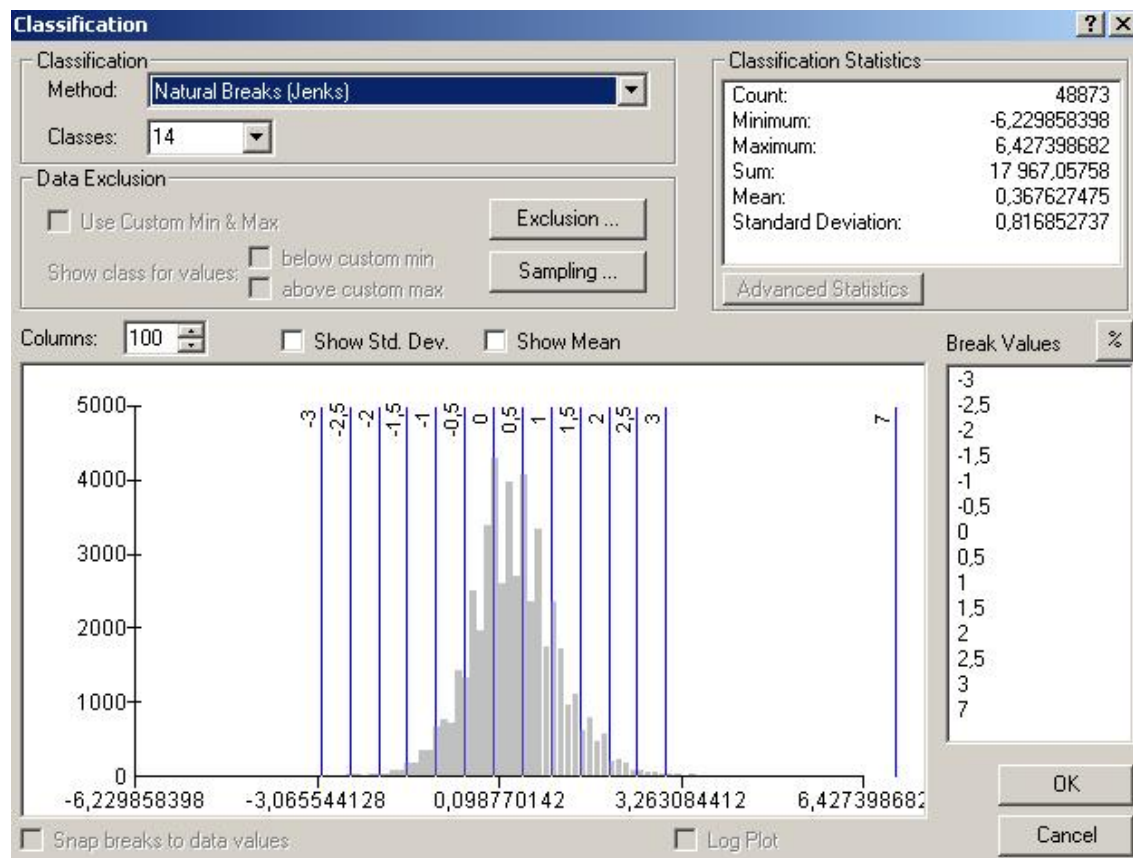
PLZEŇ 9-0/1 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



PLZEŇ 9-0/1 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



PŘEŠTICE 9-7/4

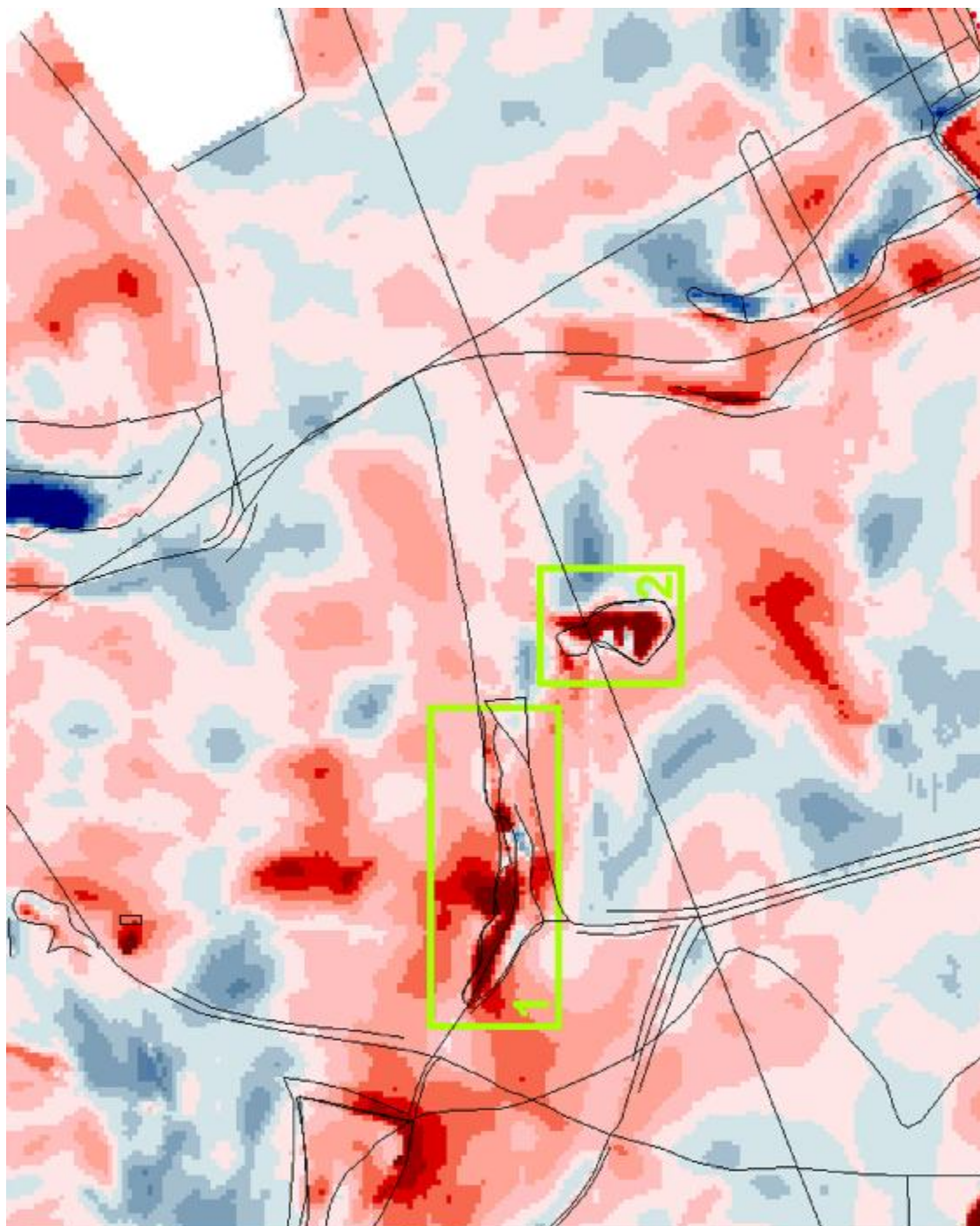


Množství buněk pro daný interval [m]

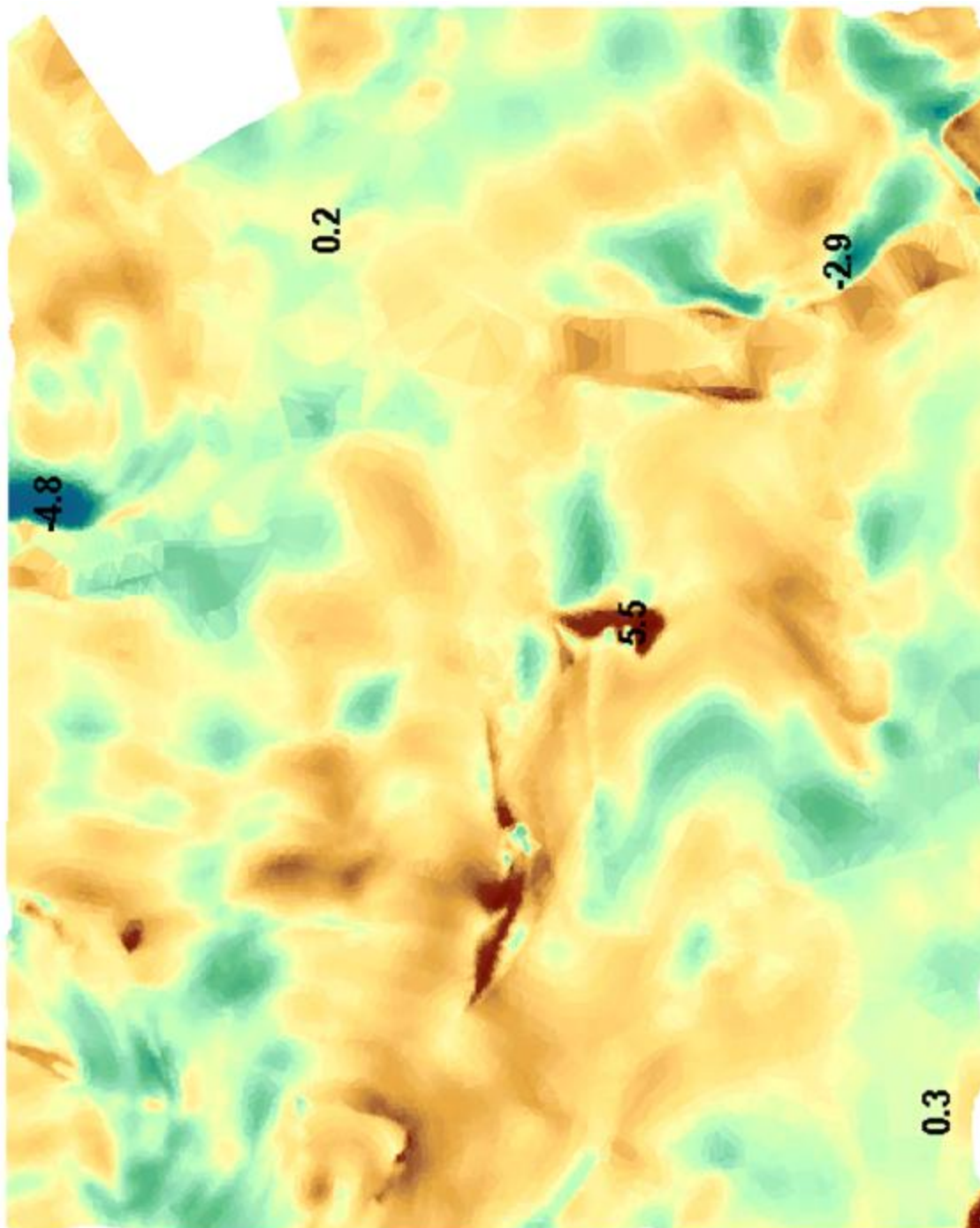
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	125		43		49		219		1263		3301		10777

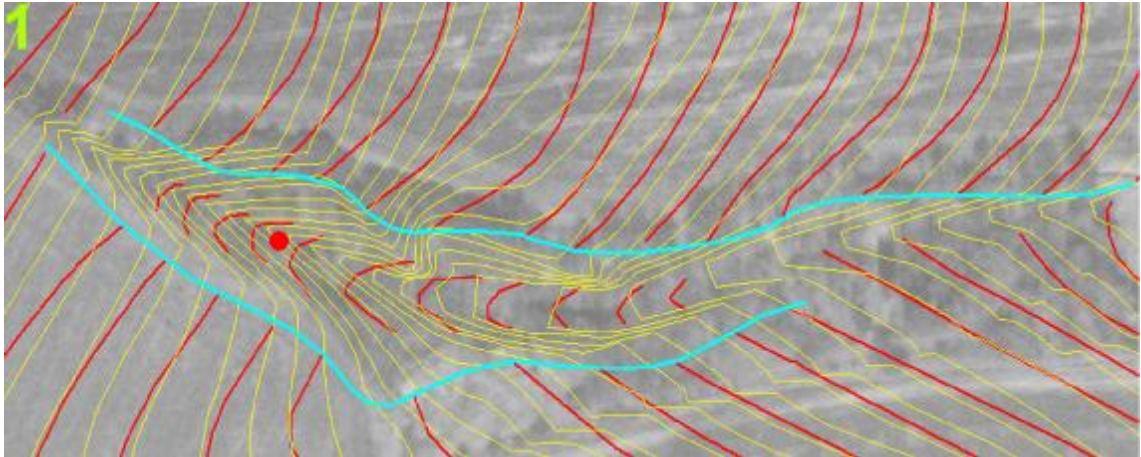
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	13337		11030		5186		2423		673		208		209

PŘEŠTICE 9-7/4 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS

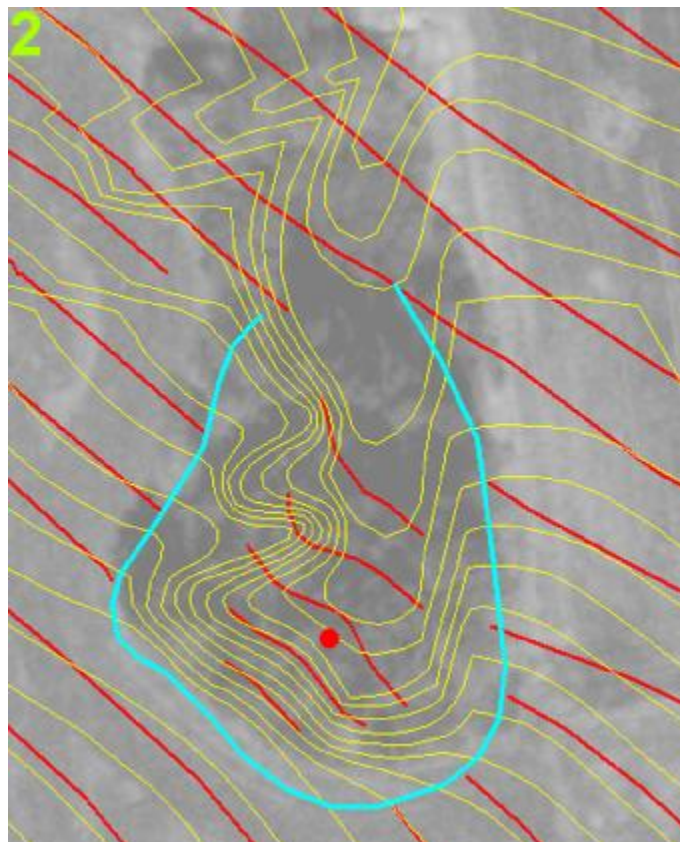


PŘEŠTICE 9-7/4 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



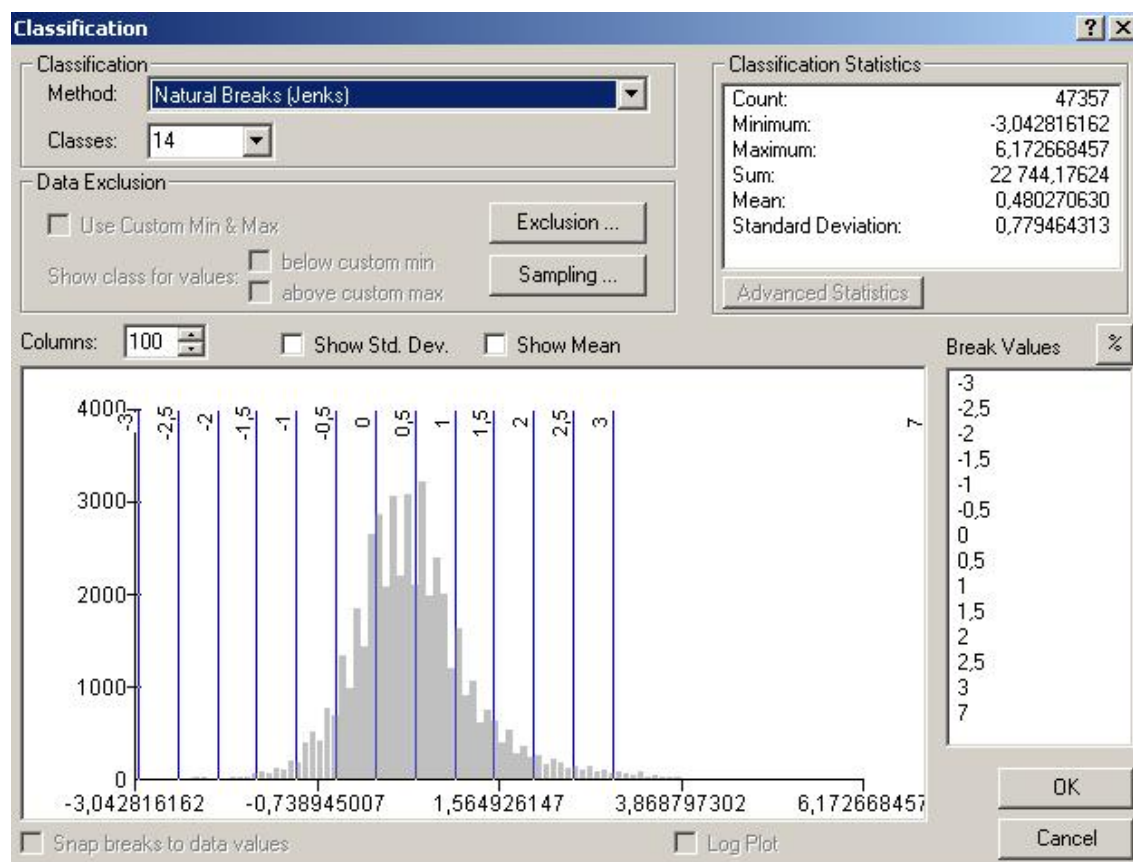


● $\Delta z = 4,3$ m : nedokonalé schematické vystižení širšieho zářezu v ZABAGED.



● $\Delta z = 5$ m : ZABAGED ignoruje rokli.

PŘEŠTICE 8-7/3

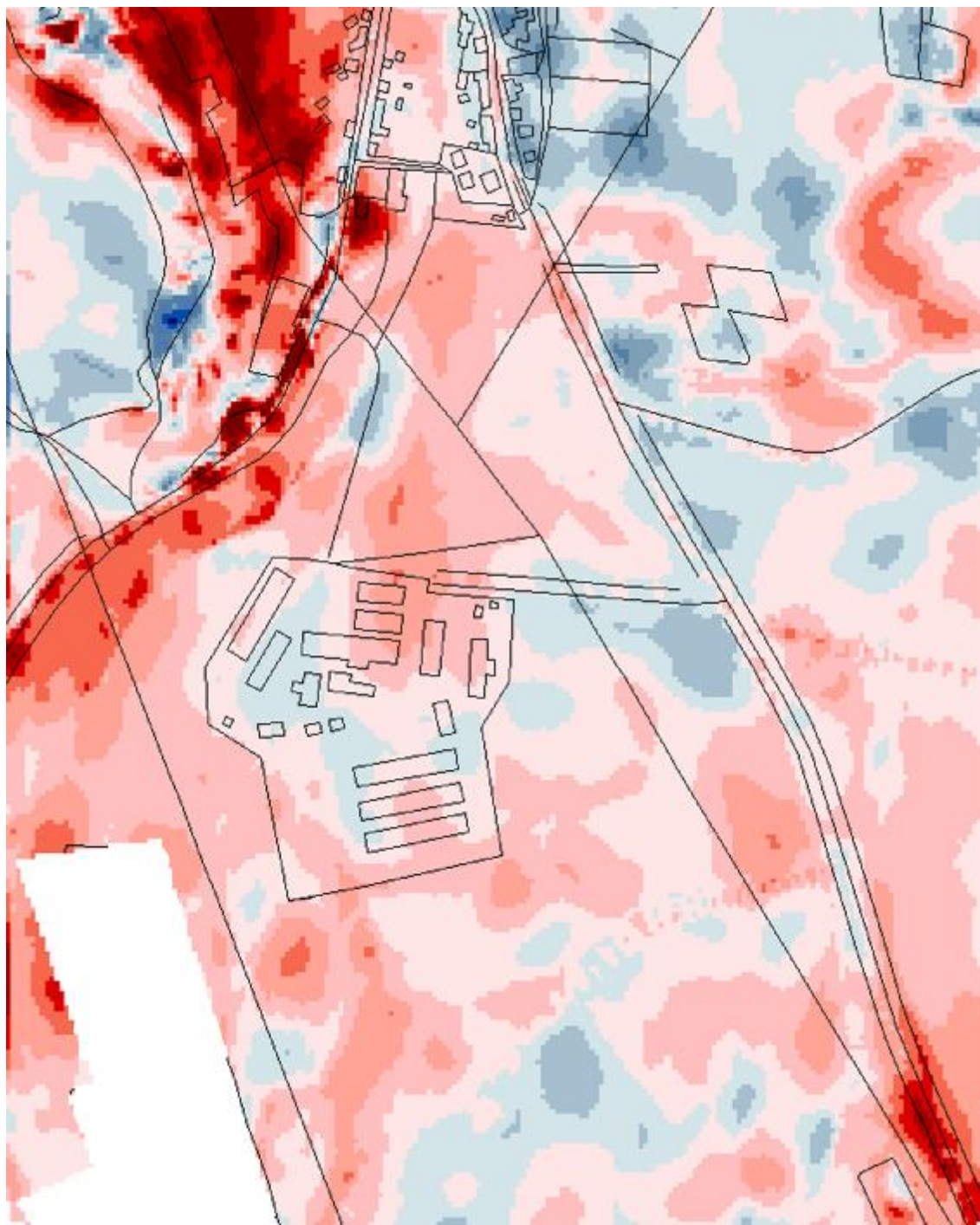


Množství buněk pro daný interval [m]

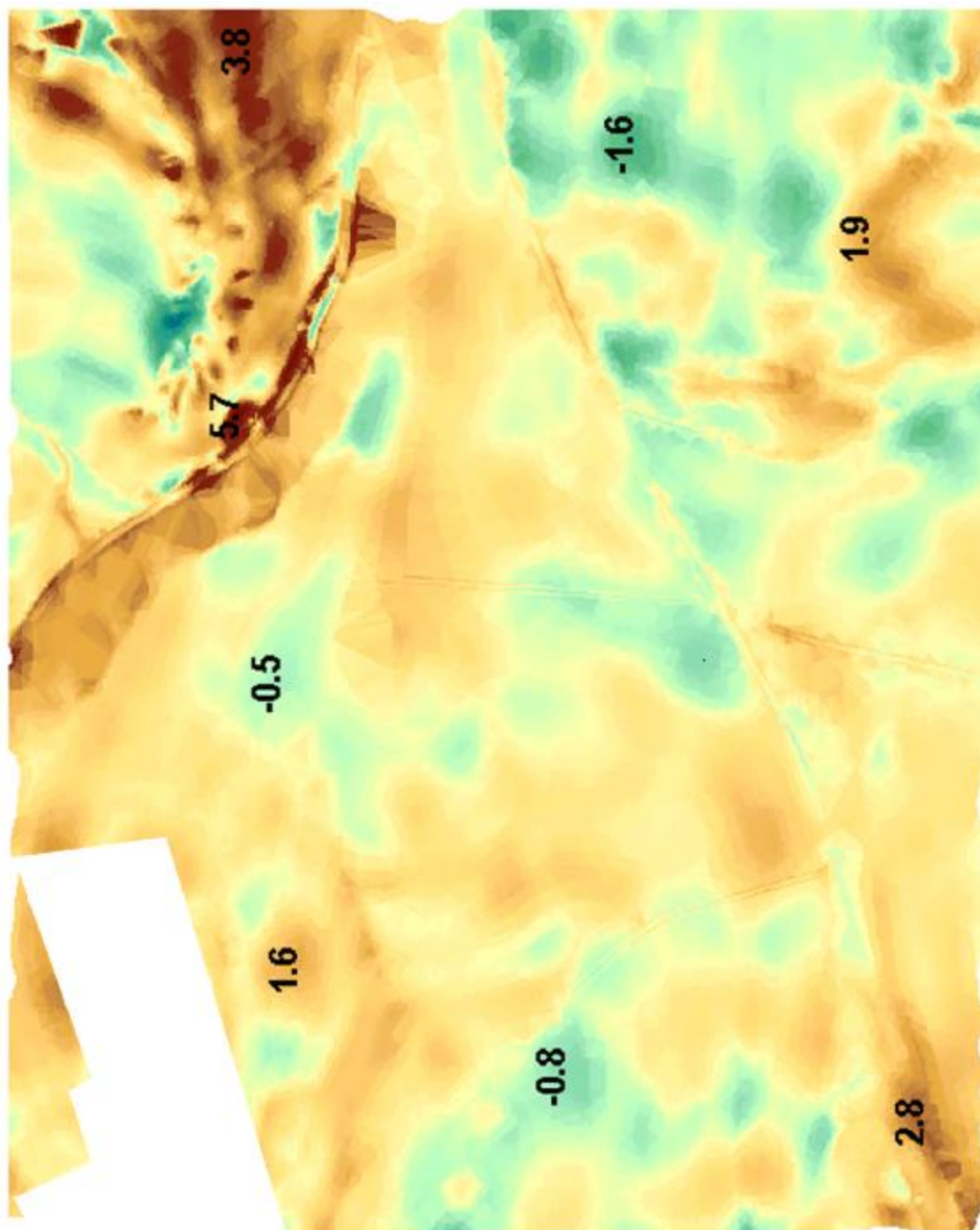
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
	3		11		41		110		607		2589		8587

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
	14261		11847		5147		2191		923		604		435

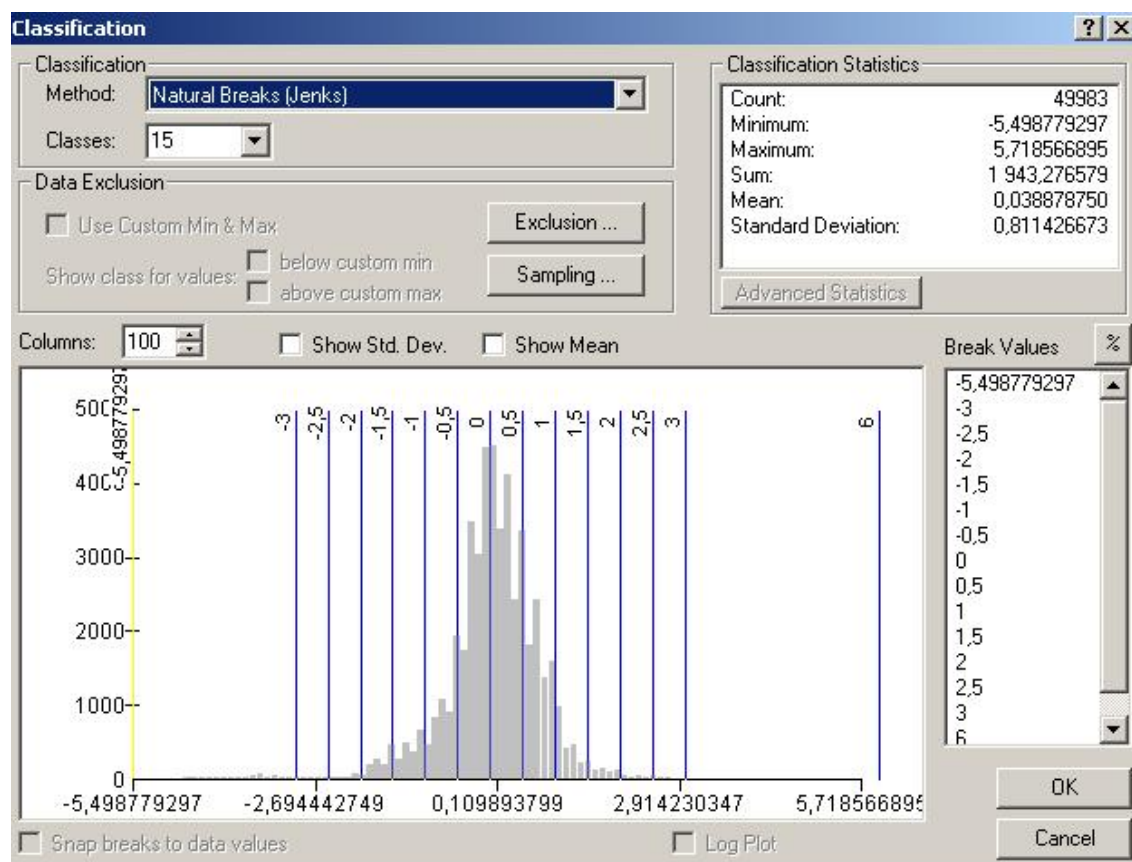
PŘEŠTICE 8-7/3 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



Příloha 21c
PŘEŠTICE 8-7/3 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



PŘEŠTICE 9-8/2

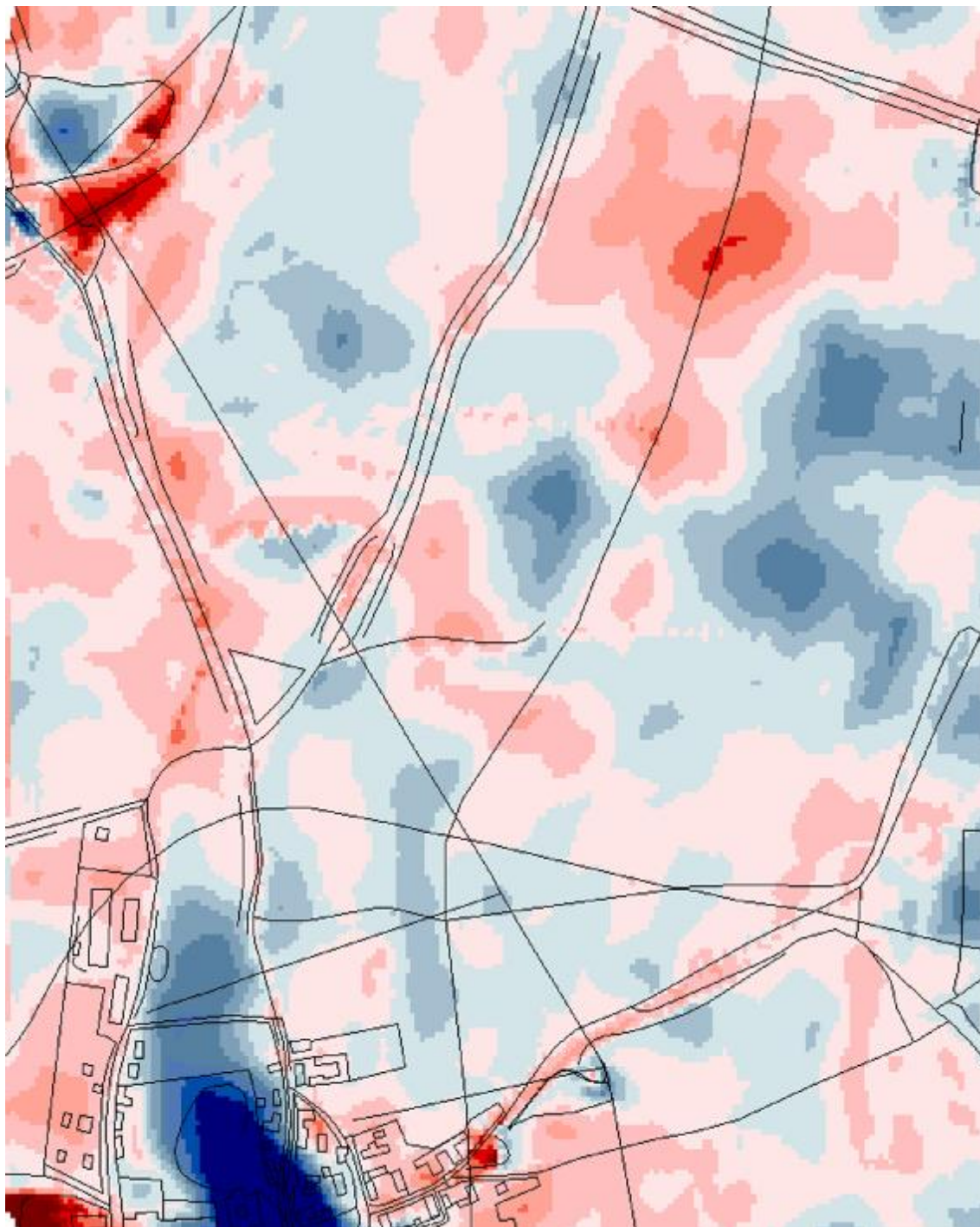


Množství buněk pro daný interval [m]

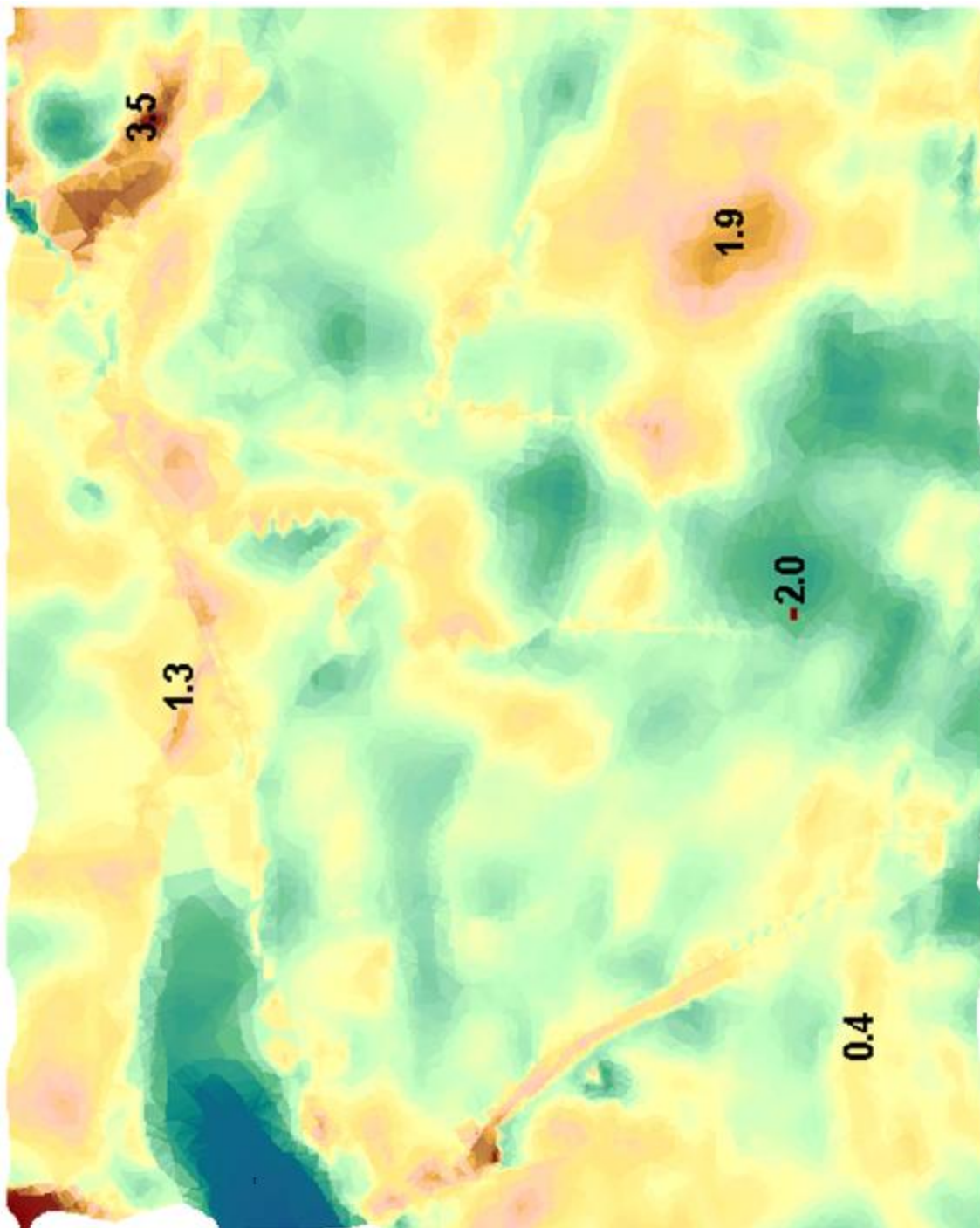
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
529		141		194		1069		1911		4523		13458	

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
15598		9375		2191		655		181		78		78	

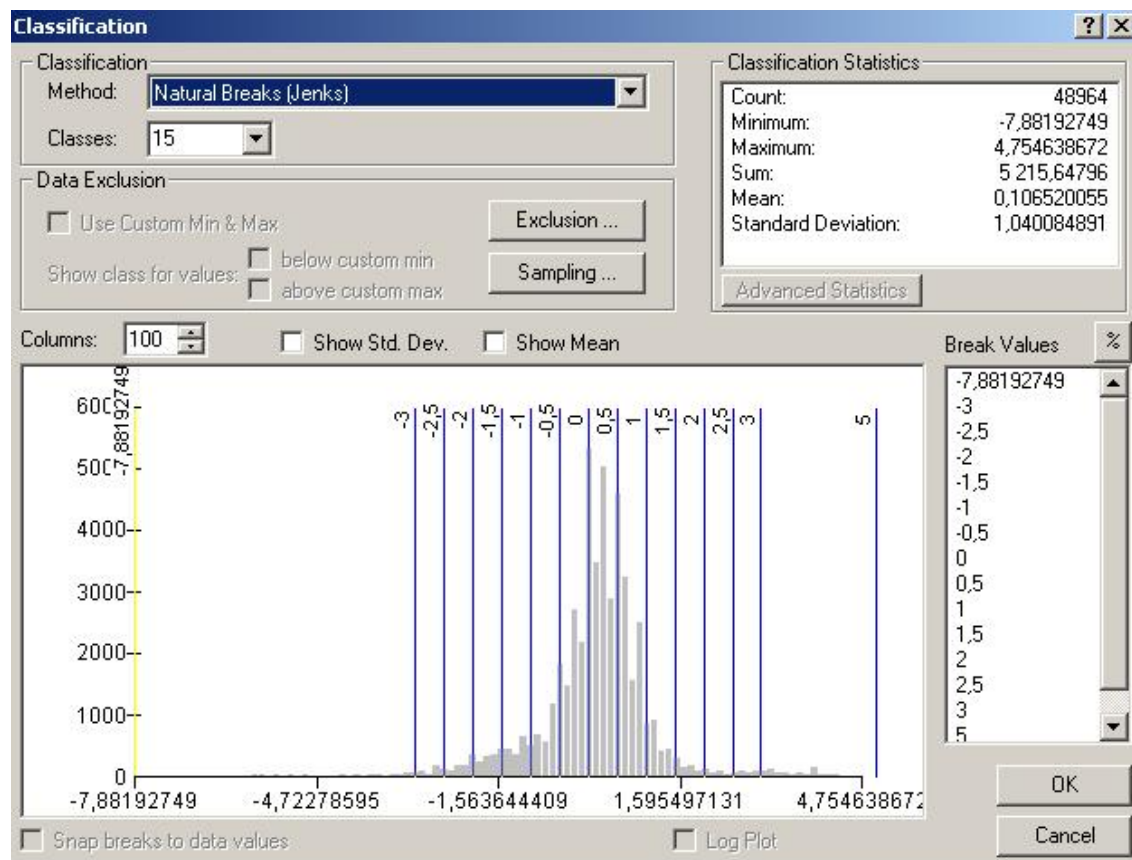
PŘEŠTICE 9-8/2 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



PŘEŠTICE 9-8/2 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



SOKOLOV 0-4/1

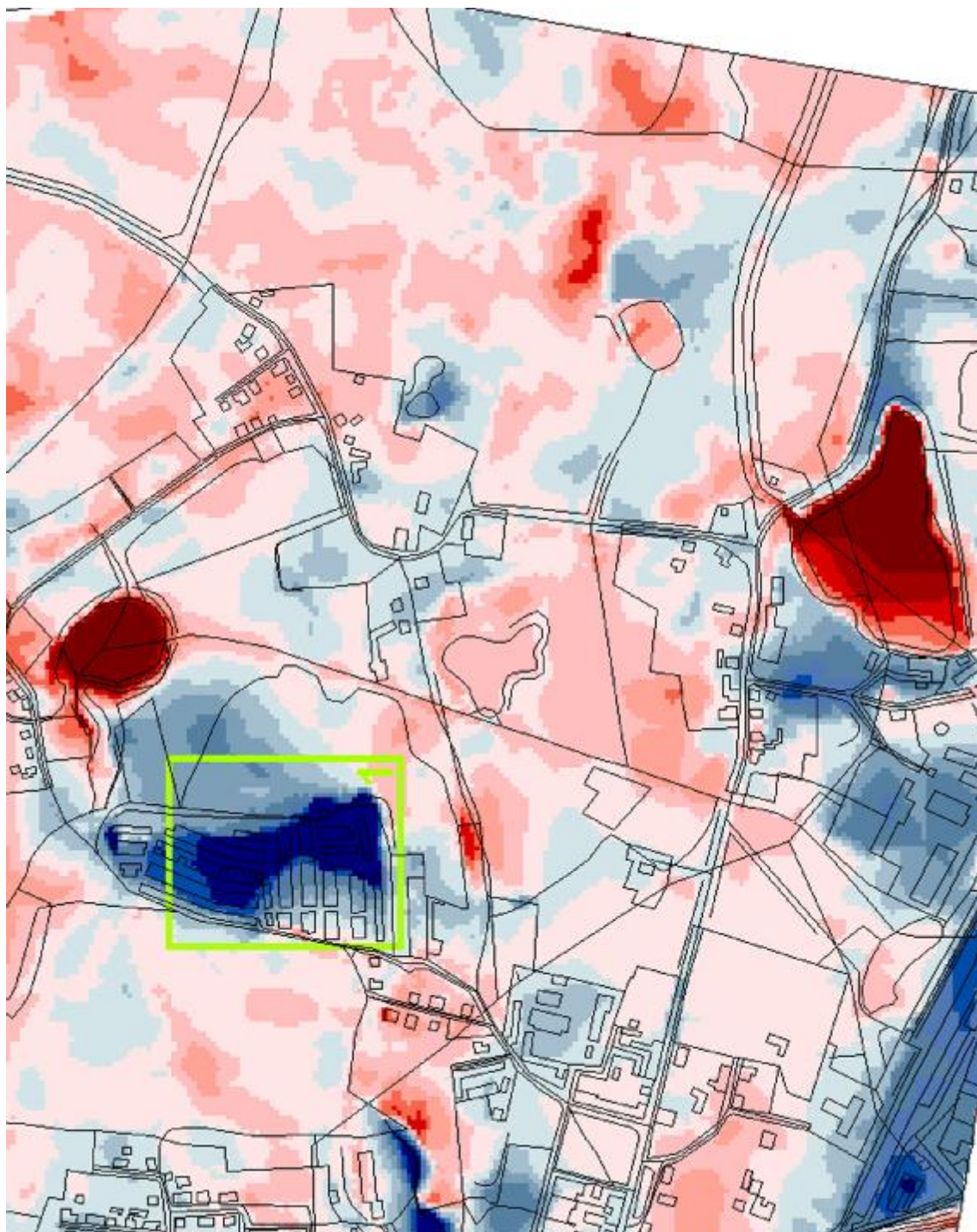


Množství buněk pro daný interval [m]

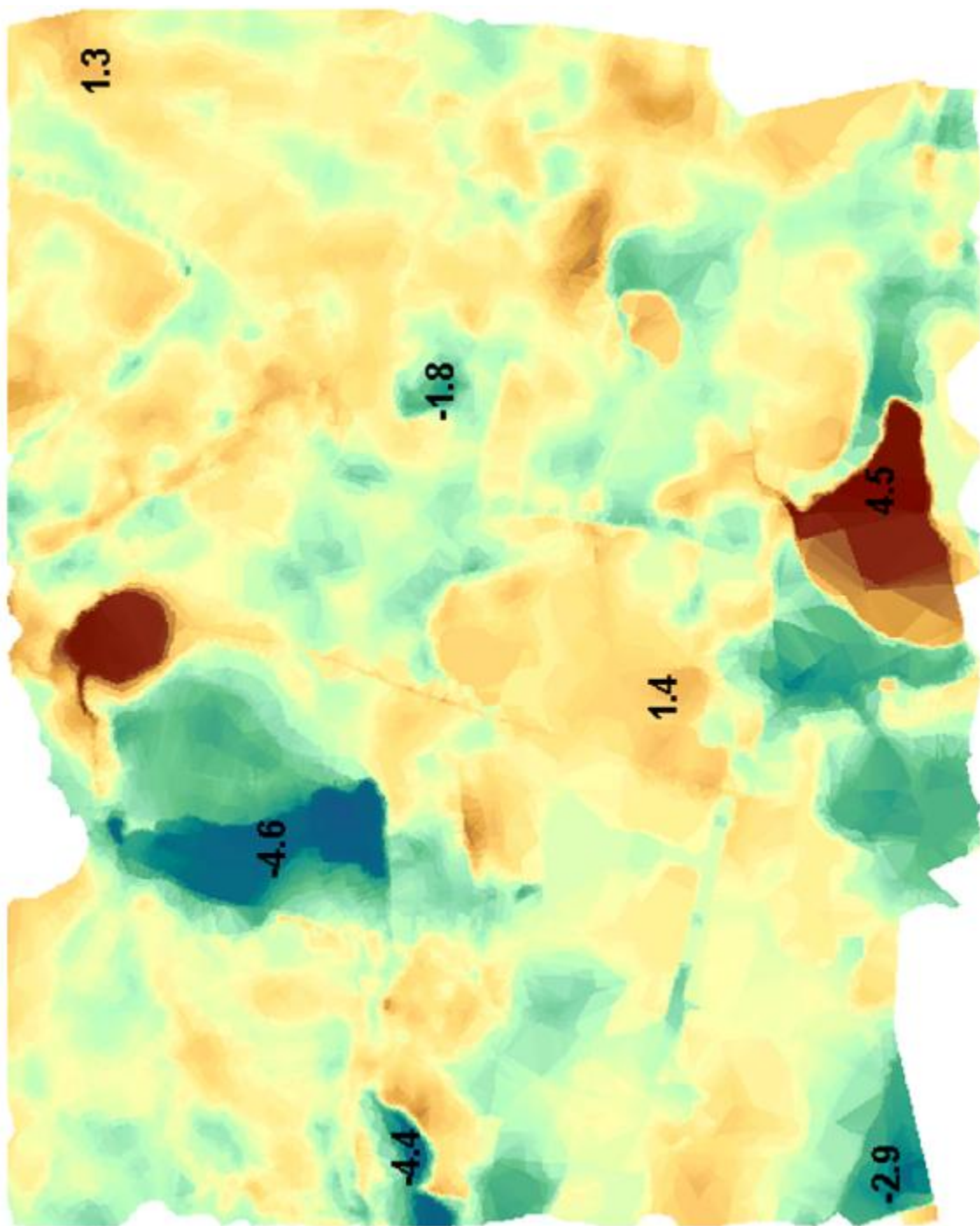
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
546		437		719		1335		1876		3206		9836	

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
16610		9756		2740		618		284		258		744	

SOKOLOV 0-4/1 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



SOKOLOV 0-4/1 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT

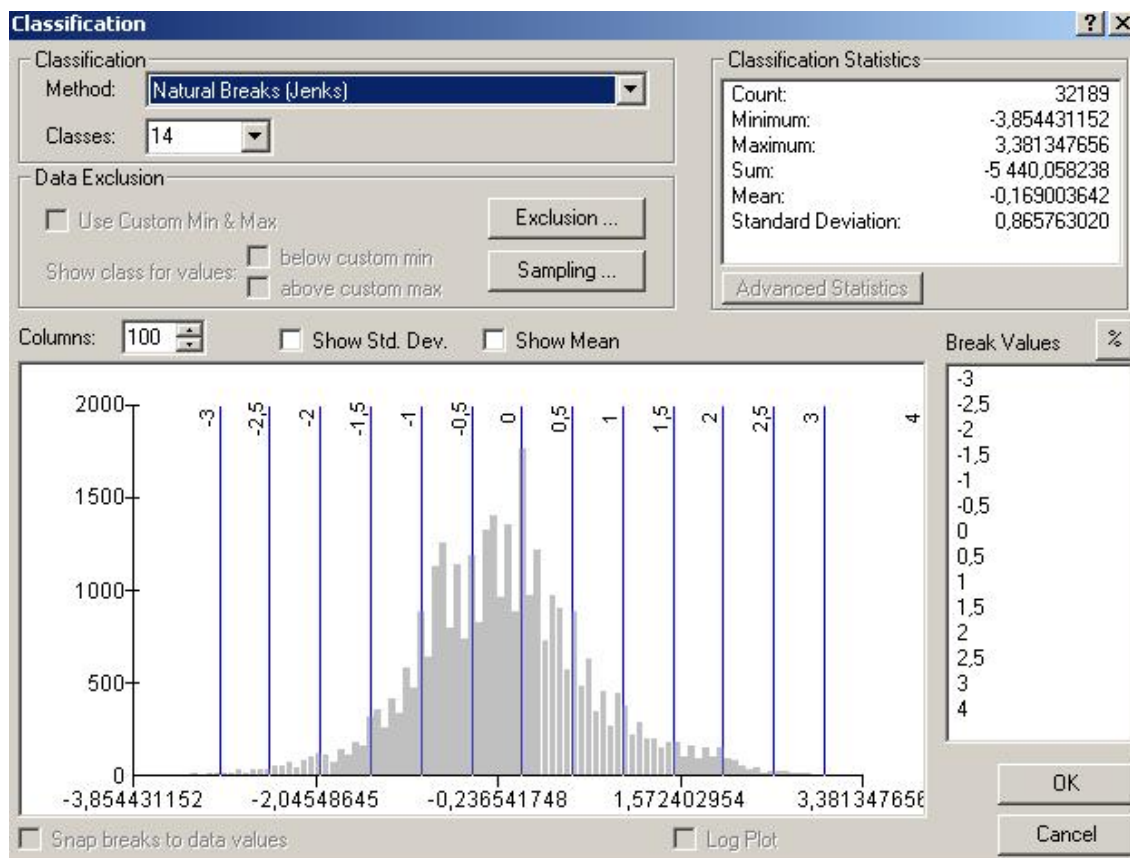


SOKOLOV 0-4/1



- $\Delta z = - 6,5 \text{ m}$: THM zachycuje zemní úpravy sídliště (násep 6,5 m), ZABAGED ignoruje; i při pozdější aktualizaci vrstevnice ukončeny před zemní úpravou.

SOKOLOV 1-2/4

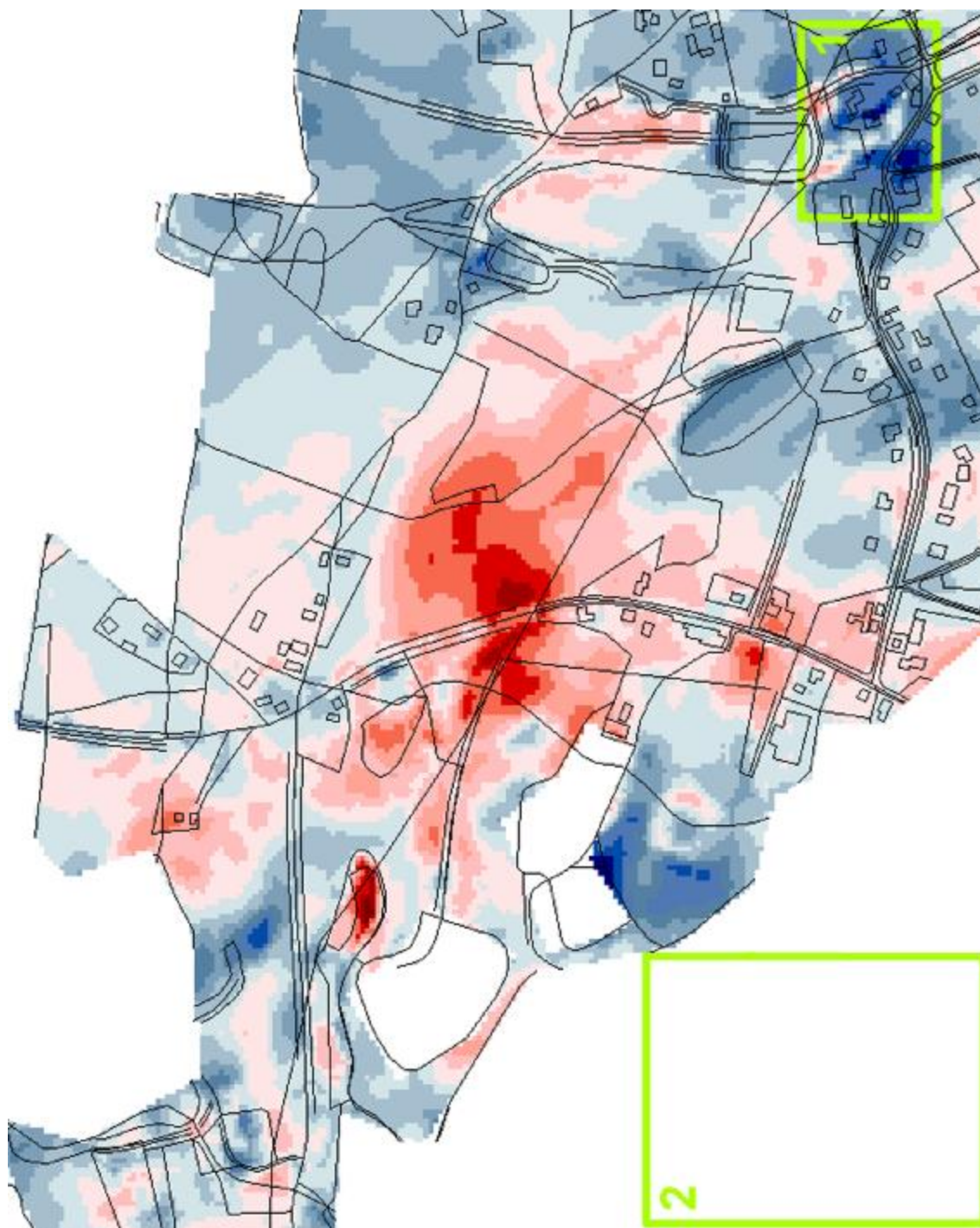


Množství buněk pro daný interval [m]

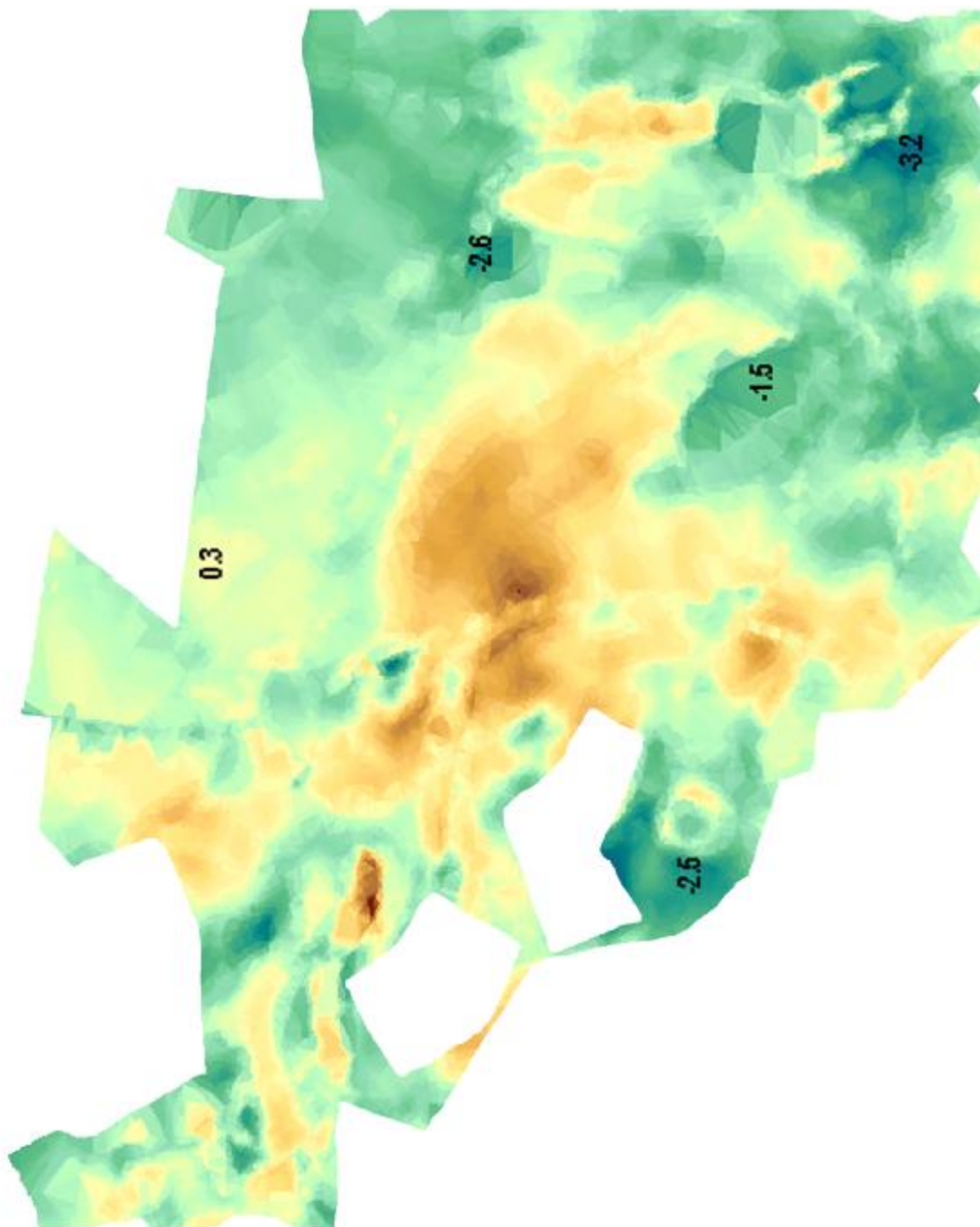
Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
....	-3	-3	-2,5	-2,5	-2	-2	-1,5	-1,5	-1	-1	-0,5	-0,5	0
51		142		492		988		2826		6663		8290	

Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do	Od	Do
0	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	....
6673		3167		1591		906		321		73		6	

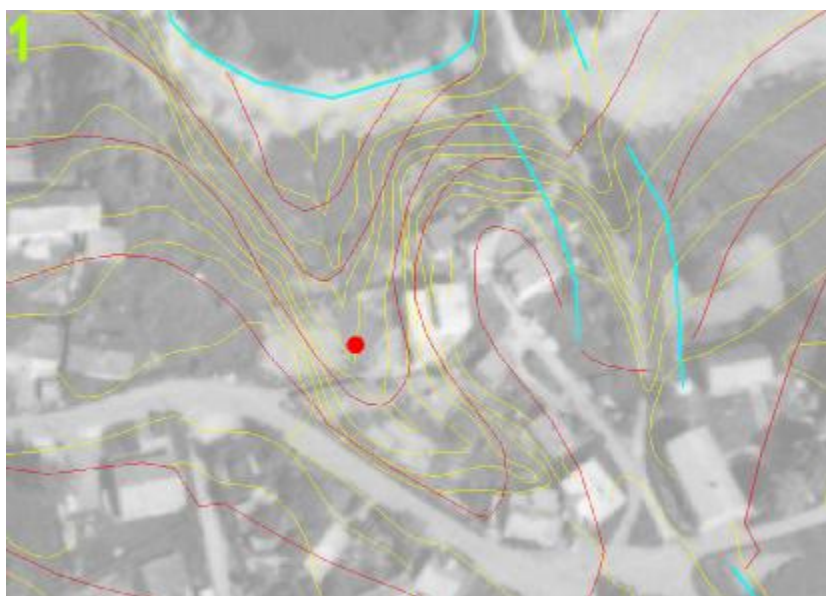
SOKOLOV 1-2/4 – barevná hypsometrie v SW ArcGIS



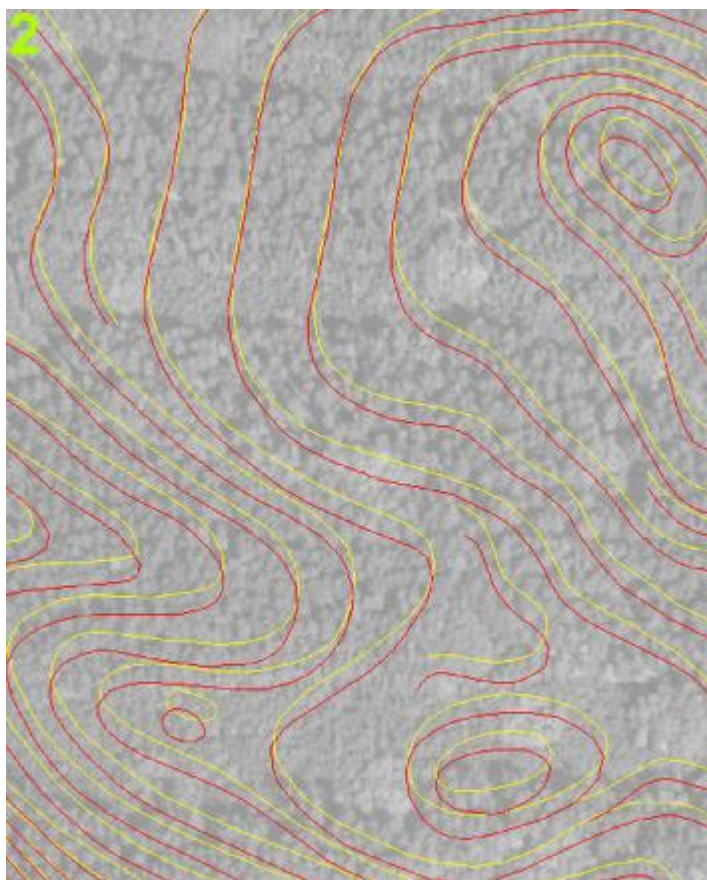
Příloha 24c
SOKOLOV 1-2/4 – barevná hypsometrie v SW ATLAS DMT



SOKOLOV 1-2/4



- $\Delta z < 1 \text{ m}$: zdařilé vystižení širšího zářezu v zastavěném terénu v ZABAGED.



Ukázka převzatých vrstevnic v souvislém lesním porostu (interval 2 m).

