

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

**HODNOCENÍ VLIVU ZNÁZORNĚNÍ VÝŠKOPISU
NA GRAFICKOU NÁPLŇ TOPOGRAFICKÝCH
MAP**

Bakalářská práce

Monika JÍLKOVÁ

Vedoucí práce Mgr. Radek BARVÍŘ

Olomouc 2020
Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Hlavním cílem bakalářské práce je porovnání a vyhodnocení vlivu znázornění výškopisu na grafickou náplň topografických map. Toto porovnání pomáhá zjistit, jaký vliv mají jednotlivé metody zobrazení výškopisu využívané v současných topografických mapách na grafickou náplň map, popřípadě jaké z těchto metod je vhodné používat pro určitý terén. Výsledky mohou pomoci tvůrcům map s výběrem vhodné metody znázornění výškopisu pro jejich mapy. Podle již existujících map byly vytvořeny mapové výřezy, které se lišily lokalitou, relativní výškovou členitostí a metodou zobrazení výškopisu. U těchto mapových výřezů byla následně změřena grafická náplň mapy, a to jak náplň celková, tak náplň zvláště výškopisu a polohopisu. K měření pak byly použity vhodné metriky. Naměřené hodnoty byly porovnány v rámci použitých metrik, relativní výškové členitosti, metod znázornění výškopisu i jednotlivých lokalit. Pro přehlednost byly výsledné hodnoty vizualizovány pomocí sloupcových diagramů. Výsledky jsou prezentovány pomocí posteru a webových stránek.

KLÍČOVÁ SLOVA

grafická náplň mapy; výškopis; topografická mapa

Počet stran práce: 45

Počet příloh: 6 (z toho 2 volné a 4 elektronické)

ANOTATION

The main aim of the thesis is to compare and evaluate the influence of elevation representation on graphic map load of topographic maps. This comparison helps to investigate the influence of individual elevation representation method used in current topographic maps on graphic map load. It can also show which of these methods is appropriate for a particular terrain shape. The results will help cartographers to choose an adequate elevation representation method for their maps. According to the methods already used in existing maps, new maps were designed. These maps differ over location, terrain shape and elevation representation method. Then, graphic map load was measured for each of the maps, including the overall map load, hypsography map load and planimetry map load. Appropriate metrics were used for measuring. The measured values were compared within the metrics, relative terrain, elevation representation methods and particular locations. Finally, values were visualised using bar charts for clarity. The results are presented using a poster and a website.

KEYWORDS

graphic map load; altitude; topographic map; comparison

Number of pages: 45

Number of appendixes: 6

Prohlašuji, že

- bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Monika Jílková

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Radku Barvířovi za podněty a připomínky při vypracování práce. Za poskytnutá data děkuji Českému úřadu zeměměřičskému a katastrálnímu.

V neposlední řadě děkuji mé rodině za pomoc a podporu během studia a tvorby bakalářské práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Monika JÍLKOVÁ**
Osobní číslo: **R17447**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Téma práce: **Hodnocení vlivu znázornění výškopisu na grafickou náplň topografických map**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je shromáždit a vyhodnotit poznatky z testování vlivu znázornění výškopisu na náplň topografických, případně vybraných tematických map s výrazným topografickým podkladem (turistické mapy, automapy atd.). V řešerši se student(ka) zaměří na současně využívané metody pro znázornění výškopisu na výše uvedených druzích map včetně jejich parametrů. Na základě ní vytvoří několik (cca 10-20) testovacích mapových výřezů podobajících se reálným mapám lišících se členitostí terénu (např. rovina, údolí, členitý horský terén) a použitými metodami. Následně provede měření složitosti mapového obrazu v rastrové podobě pomocí dostupných metrik s cílem analyzovat, jakou mírou se u jednotlivých testovacích map znázornění výškopisu a členitost terénu podílí na grafické náplni mapy.

Celá práce, tj. text včetně všech příloh, posteru, výstupů, zdrojových i vytvořených dat, map, programových kódů a databází, student(ka) odevzdá v digitální podobě na paměťovém nosiči (CD, DVD, SD karta, flash disk) s popisem (jméno, název, KGI, rok). Text práce s přílohami odevzdá ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry ve stanoveném termínu. O práci student(ka) vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle obecných zásad (Voženílek, 2002) a závazné šablony pro kvalifikační práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:


- [1] MACEACHREN, A. M.: Map Complexity: Comparison and Measurement. In *The American Cartographer*, Volume 9, Issue 1, 1982, p. 31-46.
- [2] FAIRBAIRN, D.: Measuring Map Complexity. In *The Cartographic Journal*, Volume 43, Issue 3, 2006, p. 224-238.
- [3] SCHNUR, S., BEKTAS, K. and CÖLTEKIN, A.: Measured and perceived visual complexity: a comparative study among three online map providers. In *Cartography and Geographic Information Science*, Volume 45, Issue 3, 2017, p. 238-254.
- [4] STYK, A. C.: Measuring maps graphical density via digital image processing method on the example of city maps. In *Geoinformation Issues*, Volume 3, Issue 1, 2011, p. 61-76.
- [5] ROSENHOLTZ, R., LI, Y. and NAKANO, L.: Measuring visual clutter. In *Journal of Vision*, Volume 7, 2007, p. 1-22.
- [6] ŠÁKROVÁ, M.: Analýza náplně a obsahu učivových map českých učebnic zeměpisu ve vztahu ke školním atlasům. Bakalářská práce. Praha, Univerzita Karlova v Praze, 2010.
- [7] VOŽENÍLEK, V.: Diplomové práce z geoinformatiky. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2002.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Radek Barvíř**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **6. května 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. května 2020**

LS.



doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE.....	11
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	13
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	15
3.1 Metody znázornění výškopisu.....	15
3.1.1 Kopečková metoda	15
3.1.2 Šrafování	16
3.1.3 Stínování	17
3.1.4 Vrstevnice.....	17
3.1.5 Barevná hypsometrie.....	18
3.1.6 Kóty.....	18
3.2 Výškopis na topografických mapách.....	19
3.3 Náplň mapy	22
3.3.1 Metody pro hodnocení grafické náplně mapy.....	22
4 PŘÍPRAVA MAPOVÝCH VZORKŮ PRO TESTOVÁNÍ	24
4.1 Pořízení dat	24
4.2 Výběr testovacích lokalit	24
4.3 Tvorba znakových klíčů.....	27
4.4 Sestavení mapových výřezů	29
5 MĚŘENÍ NÁPLNĚ MAPY.....	31
5.1 Metrika založená na detekci hran (DH)	31
5.2 Metrika Subband Entropy (SE).....	32
6 VÝSLEDKY	33
6.1 Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy	33
6.2 Podíl výškopisu na celkové náplni mapy	40
6.3 Vliv členitosti terénu na náplň mapy	48
7 DISKUZE	53
8 ZÁVĚR	55
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
CHKO	chráněná krajinná oblast
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČR	Česká republika
DMR 5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DH	metrika založená na detekci hran
OSM	OpenStreetMap
SE	Subband Entropy
SHP	Esri shapefile
WMS	Web Map Service

ÚVOD

Jednou z hlavních charakteristik při tvorbě mapy je náplň mapy. Jedná se o velmi důležitý faktor, který nám ukazuje, jaké množství obsahu se v mapě nachází. Od toho se pak odvíjí podrobnost a čitelnost mapy a její vhodnost pro cílovou skupinu (Voženílek a kol., 2011). S náplní mapy se tak setkávají uživatelé map všech druhů, aniž by si to uvědomovali. Náplň mapy jako taková je ale velmi často přehlížena, a to jak v Česku tak i v zahraničí (Šákrová, 2010).

V minulosti bylo napsáno několik publikací, kde je popisována náplň mapy. Její definice se však rozcházejí a stejně tak i možnosti a metody jejího měření. Některé zdroje se shodují na tom, že se náplň mapy dá rozdělit na grafickou a informační, popřípadě zmiňují pouze grafickou náplň mapy. Podle Fairbairna (2006) se náplň mapy dělí na intelektuální a grafickou. Vnitřní náplň mapy přitom posuzuje schopnosti vnímat a poznávat náplň mapy individuálních uživatelů, zatímco grafická pracuje pouze se značkami a objekty v mapě.

Pokud je již zmíněna některá metoda měření náplně mapy, nedá se obvykle použít univerzálně pro všechny typy map. Většina zmíněných metod a metrik navíc neuvádí škálu, na které se výsledné hodnoty pohybují, jak zmiňuje Barvíř a kol. (2019). Jednou z mála výjimek je Suchovův vzorec, který je určen přímo k výpočtu náplně mapy, pro provedení cílů práce je však poměrně nepraktický. S mapami s celoplošným pokrytím si totiž vzorec neporadí, při použití stínování nebo barevné hypsometrie by náplň změnil jako stoprocentní. Metrik určených přímo k měření náplně většího množství map je tak poměrně málo, k měření náplně mapy totiž moc často nedochází.

Tato práce se zabývá porovnáním grafických náplní map různých výškových členitostí, přičemž mapy budou zobrazovat výškopis pomocí několika v současnosti využívaných metod. Dále porovnává výsledky měření pomocí několika dostupných metrik k měření náplně obrazu, které již byly použity pro měření náplně mapy a zároveň jsou založeny na odlišných principech. Výsledek může pomoci tvůrcům map s výběrem vhodné metody pro zobrazení výškopisu na základě náplně polohopisu v mapě či na základě výškové členitosti terénu.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je shromáždit a vyhodnotit poznatky k testování vlivu znázornění výškopisu na náplň topografických, případně vybraných tematických map s výrazným topografickým podkladem (turistické mapy, automapy atd.). V rešerši jsou popsány současně využívané metody pro znázornění výškopisu na výše uvedených druzích map, případně na mapách, které využívají jiných metod pro znázornění výškopisu, které by byly vhodné pro porovnání s ostatními metodami.

Na základě této rešerše bude vytvořeno přibližně 250 testovacích mapových výřezů. Pro tyto výřezy bude vytvořen znakový klíč vycházející ze skutečných map, a to jak znakový klíč výškopisu, tak polohopisu i popisu. Pro výškopis bude vytvořeno celkem osm znakových klíčů, přičemž každý využívá jinou metodu zobrazení výškopisu, popř. jejich kombinace. Dále se budou výřezy lišit relativní výškovou členitostí, která pak může určovat množství náplně v mapách. Testovací mapové výřezy pak budou zahrnovat výřezy zobrazující pouze polohopis, pouze výškopis s použitím každé z vybraných metod zobrazení výškopisu a kombinaci výškopisů a polohopisu. Takto bude možné porovnat náplň mapy celkovou i výškopisu a to z různých úhlů pohledu. Tyto výřezy budou vytvořeny zvlášť pro každou lokalitu.

Dalším krokem bude samotné měření grafické náplně map pomocí dostupných metrik. Jednotlivé metriky budou vybrány tak, aby již předtím byly využity pro měření náplně mapy a byly tudíž pro tento úkol vhodné. Zároveň by jejich použití nemělo být příliš složité pro výpočet náplně velkého množství map. Metriky by se také měly lišit principem výpočtu.

Po realizaci měření grafické náplně mapy pomocí vybraných metrik budou výsledné hodnoty zaznamenány a dále zpracovány, což je nejdůležitějším cílem celé práce. Cílem zpracování výsledků bude analyzovat, jakou mírou se u jednotlivých testovacích map znázornění výškopisu a členitost terénu podílí na grafické náplni map. Toto porovnání bude rozděleno na tři hlavní části:

- vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy,
- podíl výškopisu na celkové náplni mapy,
- vliv členitosti terénu na náplň mapy.

První část bude zaměřena na porovnání jednotlivých vybraných metod znázornění výškopisu a jejich vlivu na náplň mapy, to všechno v rámci jednotlivých kategorií relativní výškové členitosti terénu a lokalit. Pro každou jednotlivou lokalitu tak bude vytvořeno srovnání, jak náplně výškopisu při použití různých metod znázornění výškopisu, tak při použití rozdílných měřících metrik. Z výsledků by mělo být patrné, jaká metoda je vhodná pro zobrazení výškopisu v různých výškových členitostech, u které metody mají mapy nedostatečné nebo naopak příliš vysoké množství náplně.

Druhá část bude porovnávat podíl výškopisu na celkové náplni mapy. Podíl bude porovnán v rámci jednotlivých metod zobrazení výškopisu. V potaz bude brána relativní výšková členitost, popř. konkrétní lokality. Zatímco předchozí část porovnávání nebere celkovou náplň v potaz, tato část umožňuje srovnání množství náplně výškopisu měřeném společně s použitím polohopisu a popisu. Toto srovnání pomůže zjistit, jak velkou část celkové náplně mapy zabírá výškopis, přičemž celková náplň představuje 100 %. Hodnoty náplně mapy tak ze srovnání nejsou čitelné.

Třetí část porovná celkovou náplň mapy a podíl výškopisu a polohopisu na ní. To vše v rámci kategorií relativní výškové členitosti. Tato část přitom hodnotí výsledky stejným způsobem, jako druhá část. Zde ovšem není podíl porovnáván v procentech, ale v absolutních číslech, tudíž je z tohoto srovnání patrné množství celkové náplně mapy, stejně tak podíl výškopisu a polohopisu na celkové náplni.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

V této kapitole jsou ve stručnosti popsány veškeré použité metody, data, programy a postupy zpracování. Jednotlivými body se zabývají následující příslušné podkapitoly.

Použité metody

Pro tvorbu znakových klíčů výškopisu i polohopisu posloužily jako vzor již existující topografické nebo obecně zeměpisné mapy. Jako metody pro měření náplně map byly vybrány metrika *Subband Entropy* a metrika založená na detekci hran. Jedná se o moderní metriky již použité pro měření náplně mapy. Každá metrika je přitom založena na jiném principu.

Pro vizualizaci naměřených hodnot byly zvoleny sloupcové diagramy, podle potřeby buď skupinový sloupcový nebo skládaný sloupcový. Tento typ diagramů totiž zobrazuje a porovnává naměřená data nejlépe v rámci vybraných kategorií.

Použitá data

Pro tuto práci byla potřeba data vektorová i rastrová, a to pro tvorbu testovacích mapových výřezů. Jako zdroj pro vektorová data byla zvolena datová sada *Data50* v měřítku 1 : 50 000. Získat se dají prostřednictvím webu ČÚZK, který je poskytuje jako otevřená data. Sada *Data50* obsahuje ve formátu Esri shapefile (SHP) složky popisu, polohopisu i výškopisu, celkově 59 typů geografických objektů. Podrobný popis těchto dat je dostupný v dokumentu *Katalog Data50*, který se dá získat společně s datovou sadou. K zobrazení rastrových dat byl použit *Digitální model reliéfu České republiky 5. generace* (DMR 5G), dostupný na webových stránkách ČÚZK jako služba *Web Map Service* (WMS).

Použité programy

Pro vytvoření testovacích mapových vzorků byl použit program *ArcGIS Pro 2.2*, což zahrnuje přípravu dat, tvorbu znakových klíčů a výsledných výřezů. Testování náplně map probíhalo v grafickém rastrovém editoru *GIMP 2.10.18* v případě metody založené na detekci hran, v programu *MATLAB R2020a* v případě metriky *Subband Entropy*.

Pro tvorbu srovnávacích diagramů byl použit tabulkový procesor *Microsoft Excel*, který je součástí kancelářského balíku *Microsoft Office 365*. Součástí tohoto balíku je i *Microsoft Word*, který byl použit pro tvorbu a editaci textu bakalářské práce. V případě potřeby byly diagramy upraveny v grafickém vektorovém editoru *Inkscape 1.0*. V tomto programu byl vytvořen i výsledný poster. Tvorba webových stránek probíhala v programu *PSPad editor 4.6.2*.

Postup zpracování

Pro tvorbu této práce bylo nejprve nutné provést rešerši na téma výškopis v topografických mapách. Bylo tak zjištěno, jaké metody pro zobrazení výškopisu v mapách jsou v současnosti nejčastěji využívány. Poté proběhl průzkum současných topografických a obecně zeměpisných map a jejich znázornění výškopisu (viz obr. 1). K tomuto průzkumu posloužily základní mapy ČÚZK, mapové atlasy či mapové portály, a to různých měřítek. Obecně zeměpisné mapy byly zahrnuty do průzkumu, jelikož často využívají metodu barevné hypsometrie a případně její kombinaci s jinými

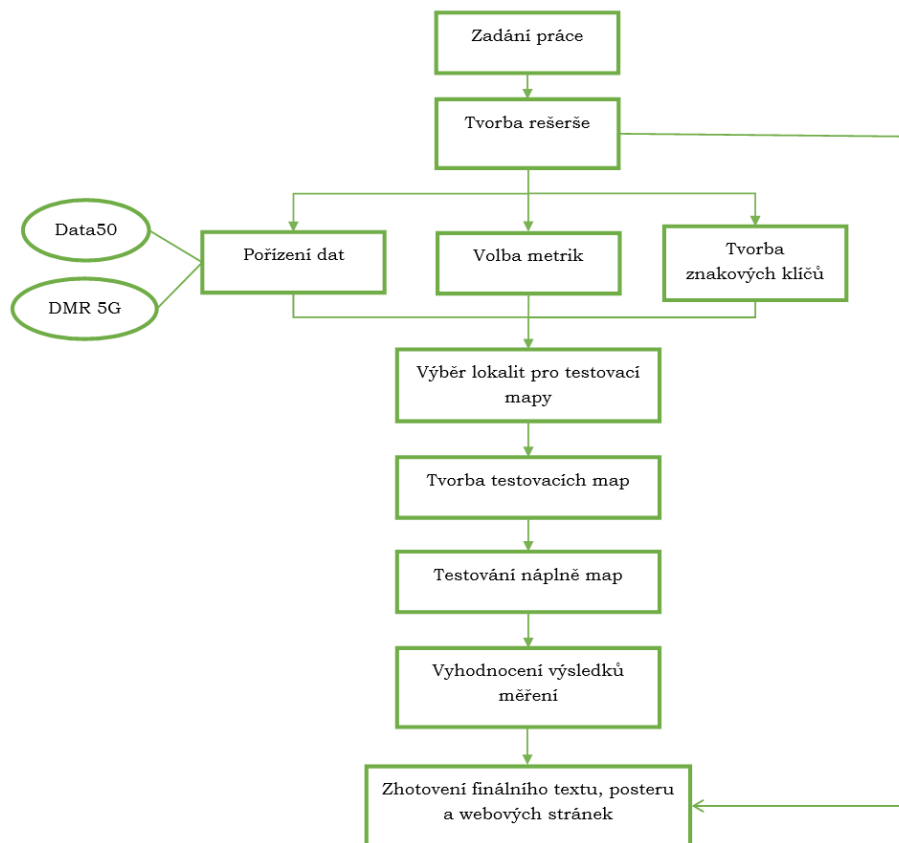
metodami. Jedná se totiž většinou o mapy malých měřítek, na rozdíl od topografických map, které jsou spíše velkých měřítek, tudíž barevnou hypsometrii běžně nevyužívají. Pro otestování barevné hypsometrie proto byla potřeba použít obecně zeměpisné mapy, jelikož v topografických mapách se barevná hypsometrie běžně nenachází.

Takto bylo vybráno celkem osm odlišných metod zobrazení výškopisu, případně jejich kombinací. Pro tyto metody byl následně vytvořen znakový klíč, který vycházel ze vzorových map. Podle stejného principu byl vytvořen i znakový klíč pro polohopis, který byl však sjednocen do stejné podoby pro všechny mapy.

Dalším krokem bylo vytvoření mapových vzorků pro testování náplně mapy. Pro tyto výřezy bylo vybráno celkově 15 lokalit rozmístěných po celé České republice. Vzorky se přitom lišily také relativní výškovou členitostí terénu, kategorizovanou podle Demka a kol. (1972) zahrnující kategorie *rovina*, *pahorkatina*, *vrchovina*, *hornatina* a *velehornatina*. Pro každou výškovou členitost tak připadaly tři lokality.

Následně byla na tyto lokality aplikována data ve vybraném znakovém klíči a vyexportována jako soubor TIFF v rozlišení 300 dpi bez komprese. Pro každou lokalitu bylo přitom vytvořeno osm výřezů s využitím samotného výškopisu, osm výřezů s využitím výškopisu a polohopisu a jeden výřez s využitím pouze polohopisu.

Vzniklé výřezy pak byly testovány pomocí dvou vybraných metrik, tedy metrice založené na detekci hran a metrice *Subband Entropy*. Tyto metriky byly vytvořeny pro program *GIMP*, respektive *MATLAB*. Hodnoty každé z těchto metrik se přitom pohybují na rozdílné škále. Výsledné hodnoty byly nakonec zpracovány a porovnány v podobě diagramů, které ukazují rozdíly hodnot jak mezi jednotlivými metrikami, tak mezi členitostmi terénu nebo použitými metodami zobrazení výškopisu.



Obr. 1: Postup práce

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Metody znázornění výškopisu

Výškopis představuje v mapě obraz výškových poměrů. Jedná se o jeden z hlavních prvků topografických a obecně geografických map. V tematických mapách se pak může vyskytovat jako součást všeobecně geografického podkladu (Miklín a kol., 2018). Zobrazení výškopisu v mapách znamená zobrazení třetího rozměru ve dvourozměrném prostoru mapy, což se dlouho jevilo jako problém a byly proto používány různé metody a způsoby (Rohelová, 2014).

Pro znázornění výškopisu tak v současnosti existuje řada metod, které využívají bodové, liniové a plošné znaky. Často využívané jsou i jejich kombinace. Hlavním způsobem bodového značení výškopisu jsou kóty, mezi liniové znaky patří vrstevnice nebo technické šrafování a plošné znaky zastupuje stínování nebo barevná hypsometrie (Čada, 2014). Existují ale i dnes už zastaralé metody, které se do těchto kategorií nedají zařadit, například kopečková metoda.

3.1.1 Kopečková metoda

Kopečková metoda je nejstarší způsob zobrazení výškopisu v mapách, výhradně využívaný od starověku až po 18. století (Kopřiva, 2015). Kopečky jsou zakreslovány schematicky od spodního okraje mapy. Původně měly zakreslované kopečky stejný homolovitý tvar, lišily se pouze velikostí (viz obr. 2). Později byl tvar kopečků přizpůsobován skutečnému tvaru vrcholů kopců, hor a pohoří, výsledná mapa tudíž působila realističtěji a přesněji. Přesto se však jedná o velmi nepřesnou metodu zobrazování výškopisu, jelikož není podložena geometricky a výsledek závisí na prostorové představivosti autora mapy (Čada, 2014). V současných topografických mapách se proto s touto metodou nesetkáme. Můžeme na ni však narazit v turistických mapách (Čada, 2014) nebo v mapách lyžařských středisek, které využívají perspektivy této metody.



Obr. 2: Kopečková metoda (zdroj: <https://mapy.geogr.muni.cz/img/MethodikaObjekty.pdf>)

3.1.2 Šrafovaní

Metoda šrafovaní využívá ke znázornění výškopisu v mapě krátkých úseček různé šířky, délky a hustoty. Místo úseček lze použít i geometrické obrazce, například trojúhelníky. Šrafy svojí polohou určují směr sklonu terénu, jsou vždy kolmé na vrstevnice. Svoji tloušťkou a hustotou pak ukazují příkrost sklonu terénu (Monhart, 2006). Pro náročnost jejich zakreslení a velkou zátěž na grafickou náplň mapy se v současnosti téměř nevyužívají. Šrafy můžeme rozdělit na několik typů (Rohelová, 2014).

Kreslířské šrafovaní

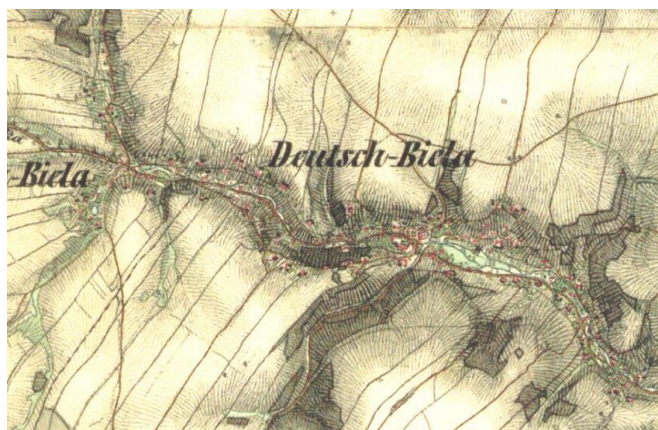
Tento typ šraf nemá žádnou geometrickou hodnotu, jedná se pouze o schematické zobrazení výškopisu. Nejedná se pouze o úsečky, čáry mohou být i zakřivené podle směru sklonu terénu. Terén s mírným sklonem je zobrazen pomocí delších čar s většími rozestupy, čím je terén příkřejší, tím jsou čáry kratší a blíže k sobě, mohou být i překřížené (Čada, 2014). Tato metoda byla využita u I. vojenského mapování (viz obr. 3).



Obr. 3: Kreslířské šrafovaní v I. vojenském mapování
(zdroj: <http://oldmaps.geolab.cz>)

Sklonové šrafovaní

Jedná se o první geometricky definované šrafovaní. Vychází z množství svislého světla dopadajícího na terén. Na velmi příkrý až svislý terén (skála) nedopadají žádné paprsky nebo minimum, proto je tato plocha zobrazena černě. Čím je terén plošší, tím více paprsků na něj dopadá a plocha je tedy světlejší, na plochý terén dopadá maximum paprsků, a proto je plocha bílá (viz obr. 4). Matematicky tyto šrafy definoval kartograf Lehmann, někdy se jim proto říká Lehmannovy šrafy. Toto šrafovaní bylo využito u II. a III. vojenského mapování (Rohelová, 2014).



Obr. 4: Sklonové šrafovaní v II. vojenském mapování
(zdroj: <http://oldmaps.geolab.cz>)

Stínové šrafovaní

U tohoto typu k vyjádření příkrosti terénu postačí délka čáry šrafu. Tloušťka čáry slouží k vytvoření prostorového efektu, fungujícím na stejném principu jako stínování. Při osvětlení ze severozápadního směru jsou pro osvětlené svahy použity slabé šrafy, pro zastíněné svahy silné šrafy (Miklín a kol., 2018).

Technické šrafovaní

Technické šrafy se na rozdíl od předchozích typů používají v mapách dodnes. Většinou se v mapách vyskytují v kombinaci s vrstevnicemi. Tyto šrafy totiž zobrazují velmi příkré a úzké terénní útvary (skály, hráze, rokliny, strže, terasy), které se pro velký výškový rozdíl na malém prostoru nedají zakreslit vrstevnicemi. Zakreslují se střídavě dlouhými a krátkými čarami ve směru spádu. Využití mají v mapách velkých a středních měřítek (Monhart, 2006).

3.1.3 Stínování

Stínování je založeno na šikmém osvětlení terénu, které dodává mapě plasticitu. Přitom záleží na poloze zdroje světla. Nejvhodnější je osvit ze severozápadu, ačkoli v našich zeměpisných šířkách k němu nemůže dojít (Kopřiva, 2014). Svah přivrácený ke světlu je na mapě světlý, svah odvrácený od světla je tmavý. Díky tomu jsou také snadno rozlišitelné hřebeny, které se nacházejí v místě zlomu světlé a tmavé plochy. Tato metoda je většinou používána jako doplňková, nejčastěji spolu s vrstevnicemi (Miklín a kol., 2018).

3.1.4 Vrstevnice

Vrstevnice jsou křivky spojující místa se stejnou nadmořskou výškou. Jinak řečeno, jedná se o svislé průměty průsečnic terénního reliéfu s vodorovnými rovinami, jenž mají pravidelný odstup od nulové nadmořské výšky. Interval určuje výškový rozdíl sousedních vrstevnic. Při jeho výběru záleží na měřítku a členitosti terénu na mapě. Minimální rozestup vrstevnic by měl být 0,2 až 0,3 mm. Přitom se interval zavádí pro základní vrstevnice a dá se vypočítat pomocí vzorce $i = M/5000$, kde i vyjadřuje výškový rozestup vrstevnic a M měřítkové číslo mapy (Čada, 2014). Doplňující vrstevnice se používají v případě, že jsou od sebe základní vrstevnice příliš vzdálené. K takovým případům dochází v rovinnatých oblastech. Tyto vrstevnice mají poloviční nebo čtvrtěnní

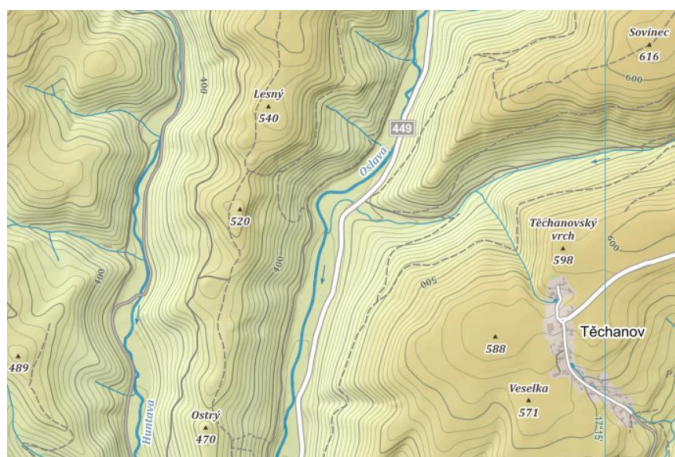
interval a značí se přerušovanou čarou. Termín hlavní (zdůrazněná) vrstevnice označuje vrstevnici s k-násobkem (k je většinou 5), která je zvýrazněná a často i okótovaná (Monhart, 2006).

3.1.5 Barevná hypsometrie

Metoda barevné hypsometrie spočívá ve vymezení několika výškových stupňů, které se odlišují barvou podle vybrané barevné stupnice. V podstatě se jedná o barevné vyplnění prostoru mezi vrstevnicemi ve zvoleném intervalu (Fialová, 2012). Intervaly nemusí být stejné, určují se podle členitosti terénu a počtu výškových stupňů (Monhart, 2006). Barevná hypsometrie se využívá hlavně u map středního a malého měřítka, jelikož je zde díky barevnému rozlišení jasně rozeznatelná výška terénu. Ostatní metody navíc nedokážou kvůli často velkému výškovému rozdílu spolehlivě vykreslit tvar reliéfu (Kopřiva, 2014). Například při použití vrstevnic by se v nížinách zobrazilo jen pár vrstevnic, což by nám o tvaru reliéfu moc neřeklo, zatímco v horách by se vrstevnice vyskytovaly velmi natěsno a mapa by byla nepřehledná. Barevná hypsometrie se často využívá ve školních atlasech, protože pro nezkušené uživatele map je nejlépe čitelná (Kopřiva, 2014).

3.1.6 Kóty

Kóty jsou body, často opatřené číselnou značkou, jejichž nadmořská výška je přesně určena. Mohou být buď absolutní či relativní. Absolutní výška značí svislou vzdálenost mezi bodem a nulovou nadmořskou výškou, používá se tedy pro označení nadmořské výšky nebo hloubky bodu pod hladinou (Čada, 2014). Relativní výška značí svislou vzdálenost mezi dvěma body. Je to vlastně rozdíl absolutních výšek bodů, tedy výškový rozdíl. Používá se pro označení výšky či hloubky příkopů, náspů, hrází, skal apod. vůči okolnímu terénu, jedná se tedy o převýšení (Monhart, 2006). Díky kótám získá uživatel přesnou informaci o výšce určitého místa, mapa však postrádá plasticitu, tvar reliéfu se z ní nedá vyčíst. Proto se kóty používají v kombinaci s jinými metodami znázornění výškopisu (viz obr. 5) (Fialová, 2012).



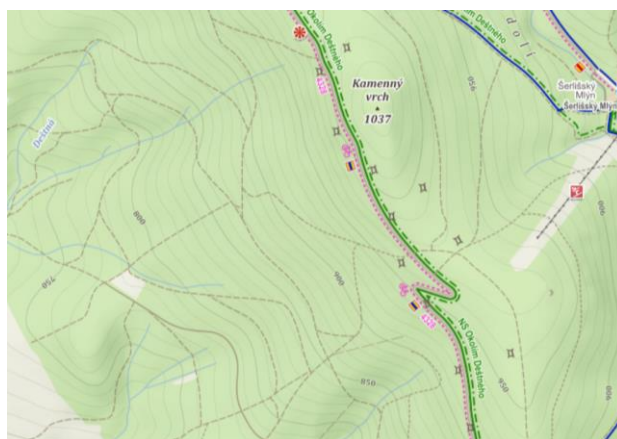
Obr. 5: Stínování s vrstevnicemi, barevnou hypsometrií a kótami (zdroj: <https://mapy.cz/zemepisna>)

3.2 Výškopis na topografických mapách

Obsah topografické mapy zahrnuje zpravidla prvky nezbytné pro orientaci v mapě, tedy výškopis, polohopis a popis prvků. Polohopis se používá pro zobrazení tvaru, velikosti a umístění jednotlivých objektů. Mezi jeho prvky patří vodní toky, komunikace, administrativní hranice, sídla nebo půdní a rostlinný kryt (Veverka, Zimová, 2008). Výškopis se v těchto mapách používá pro vertikální orientaci v mapě a pro správnou představu uživatele o tvaru reliéfu (Miklín a kol., 2018). Prvky výškopisu byly zmíněny v předchozí podkapitole.

Ne všechny výše zmíněné metody zobrazení výškopisu se používají v současných topografických mapách. Nevyužívá se kopečková metoda a všechny typy šrafování kromě technického. Ostatní metody výškového zobrazení se v současných topografických mapách používají, některé častěji než jiné (viz tab. 1), většinou záleží na měřítku. Jejich podoba se v rámci různých typů může lišit.

Vrstevnice se vyskytují v topografických mapách nejčastěji v barvě světle hnědé (viz obr. 7) až oranžové (barva půdy), přičemž tloušťka a typ čáry se drží základní charakteristiky, tedy hlavní vrstevnice je tlustší než základní plná vrstevnice, zatímco doplňující je čárkovaná, čerchovaná, případně je tenčí. Pro zobrazení skal se používá vrstevnice černé barvy, někdy však mají černou barvu všechny vrstevnice. Hloubnice využívají vždy modrou barvu (Kopřiva, 2014). Při použití vrstevnic v kombinaci s barevnou hypsometrií se mohou kvůli špatně zvolenému odstínu vrstevnice stát nečitelnými. Dále se pro vrstevnice používá světle šedá barva, která pro náplň mapy také nepředstavuje větší zátěž a dá se skombinovat s barevnou hypsometrií, jelikož v té se šedá barva zpravidla nepoužívá (viz kap. 3.1.5). Tuto podobu vrstevnic využívají např. Mapy.cz (viz obr. 6). Na druhou stranu se ale nemusí vyplatit jejich použití v kombinaci se stínováním, kde může zaniknout právě šedá barva. Barva popisu vrstevnic je většinou stejná jako barva vrstevnic, font bezpatkový (nejčastěji Arial). Popis je umístěn přímo na dané vrstevnici, přičemž hlava popisu je orientována směrem k rostoucí nadmořské výšce. Technické šrafování má zpravidla stejnou barvu jako vrstevnice.

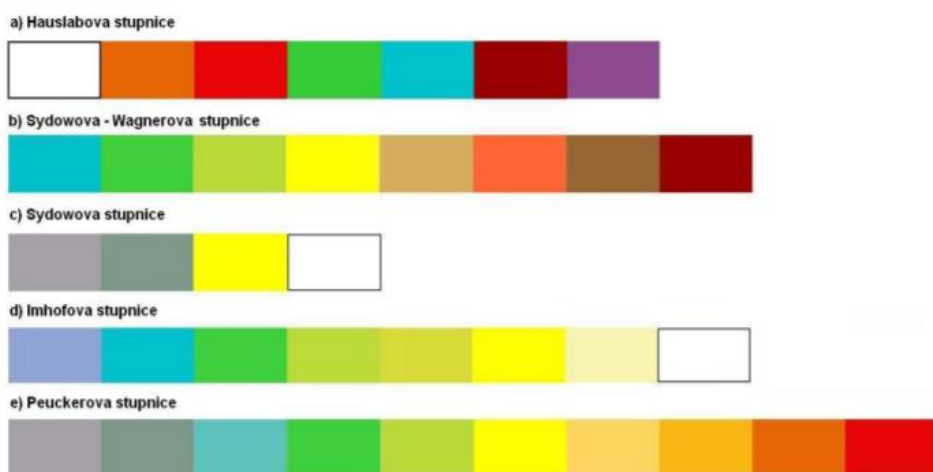


Obr. 6: Světle šedé vrstevnice – Mapy.cz (zdroj: <https://mapy.cz/turisticka>)



Obr. 7: Fialové vrstevnice – Geoportál Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČÚZK) (zdroj: <https://geoportal.cuzk.cz>)

Podoba barevné hypsometrie závisí na výběru jedné z barevných stupnic, ve kterých se tato metoda zobrazuje. Hauslabova stupnice může být jednobarevná nebo vícebarevná. Jednobarevná stupnice využívá jednoho barevného odstínu, přičemž čím větší je nadmořská výška, tím tmavší barva ji znázorňuje. Vícebarevná stupnice pak využívá barvu bílou, oranžovou, červenou, zelenou, modrozelenou, červenohnědou a fialovou, přičemž v tomto pořadí se značí plochy od nejnižších po nejvyšší (Kopřiva, 2014). Nejčastěji využívaná je ale Sydowova – Wagnerova stupnice. Ta se skládá z barev, které v přírodě v daných výškách převažují, tedy ze zelené, přes žlutou až k červenohnědé. Pro zobrazení vodních ploch se pak využívá modré barvy, kde platí, že čím hlouběji, tím je barva tmavší. Dále existují stupnice Imhofova a Peuckerova (viz obr. 8), které však nejsou příliš využívané (Fialová, 2012).



Obr. 8: Porovnání barevných stupnic pro barevnou hypsometrii (zdroj: Fialová, 2012)

Samostatné stínování je zpravidla zobrazované v barvách šedi, přičemž tmavší plochy jsou od zdroje světla odvrácené, zatímco světlejší jsou přivrácené. V některých případech je však obraz zbarvený do žluta (Čada, 2014). V kombinaci s barevnou hypsometrií závisí na zvolené barevné stupnici.

Kóty nemají žádnou jednotnou podobu, a proto záleží na autorovi, jaký font a velikost použije. Pro porovnání, kóty na Mapy.cz jsou psané větším písmem než popisy

vrstevnic, navíc kurzívou a s bílým halo efektem. Oproti tomu kóty na Geoportálu ČÚZK jsou psány stejným fontem i velikostí jako popisy vrstevnic, liší se od nich pouze barvou.

Tab. 1 Porovnání topografických map

Mapa	Metoda zobrazení výškopisu	Parametry
Mapy.cz - turistická	stínování vrstevnice	světlé/tmavé odstíny, osvětlení ze SZ šedá
Mapy.cz - zeměpisná	stínování vrstevnice bar. hypsometrie	světlé/tmavé odstíny, osvětlení ze SZ šedá Sydowova – Wagnerova stupnice
OpenStreetMap (OSM) – cyklomapa	stínování vrstevnice	světlé/tmavé odstíny, osvětlení ze SZ šedá
Geoportál ČÚZK – Základní mapy	vrstevnice	hnědá
Základní mapa ČÚZK ČR 1 : 50 000	vrstevnice	oranžová
Geologická mapa ČÚZK ČR 1 : 50 000	vrstevnice	oranžová
Swiss National Map 1 : 1 000 000 (Esri Map Book, 2017)	stínování bar. hypsometrie	světlé/tmavé odstíny, osvětlení ze SZ Sydowova – Wagnerova stupnice
Swiss National Map 1 : 25 000 (Esri Map Book, 2017)	vrstevnice	hnědá
Atlas of the Carpatian Macroregion (2010)	bar. hypsometrie	Sydowova – Wagnerova stupnice
Autoatlas ČR 1 : 150 000 (Kartografie Praha, 2017)	stínování	světlé/tmavé odstíny, osvětlení ze SZ
Školní atlas světa (Kartografie Praha, 2004)	bar. hypsometrie	Sydowova – Wagnerova stupnice
Neuer Illustrierter Atlas der Welt (Kunth, 2002)	bar. hypsometrie	Sydowova – Wagnerova stupnice
World Encyclopedia Atlas (čínský, 2013)	bar. hypsometrie	Sydowova – Wagnerova stupnice
USGS topografická mapa	vrstevnice stínování	hnědá světlé/tmavé odstíny, osvětlení ze SZ
Švýcarská topografická mapa <i>map.search.ch</i>	stínování	světlé/tmavé odstíny, osvětlení ze SZ

3.3 Náplň mapy

Náplň mapy je charakteristika, která ukazuje zaplnění mapy a množství informací v mapě. Dá se z ní určit, zda lze z mapy snadno a srozumitelně vyčíst potřebné informace. Náplň mapy se dá charakterizovat jako kvantifikace mapových prvků a informací v kartografickém díle nebo také jako množství obsahu mapy. Pro vytvoření mapy je nutné najít ideální hranici mezi nedostatečným zaplněním a přeplněním (Barvív a kol., 2019).

Při vytváření jakéhokoli mapového díla je důležité znát jeho účel a zaměření. Pro maximální využití daného díla je nutné, aby zahrnovalo dostatek informací. Pokud ale mapa obsahuje informací příliš, ztrácí svoji funkci a pro uživatele se stane nečitelná. V tomto ohledu je nezbytné, aby náplň mapy odpovídala cílové skupině, pro kterou je mapa vytvářena (Šáková, 2010). Mapa pro žáka základní školy musí být obsahově chudší než mapa tematická určená pro odborníka daného oboru. Dítě ani není schopno využít větší množství informací z mapy, jelikož nemá potřebné znalosti a zkušenosti s orientací v mapě, zatímco odborník potřebuje informací v mapě co nejvíce.

Náplň mapy se dělí několika způsoby. Drápela (1983) člení náplň na informační, grafickou a číselnou. Informační náplň určuje množství informací čitelné z mapy. Grafická pak určuje souhrn veškerých prvků uvnitř mapy. Číselná náplň určuje počet prvků v jednotkové ploše.

Pravda a Kusendová (2007) dělí náplň na znakovou, názvovou, grafickou a informační. Znaková náplň určuje celkový počet mapových znaků v mapě. Názvová náplň pak zahrnuje minimální, maximální nebo průměrný počet názvů v určité části mapy. Voženílek a kol. (2011) pak navíc uvádějí popisnou náplň, která zahrnuje veškeré popisy a další alfanumerické znaky v mapě.

Podle Voženílka a kol. (2011) se dá náplň mapy definovat jako poměr plochy obrazu prvků mapy k ploše mapy a udává se v procentech. Optimální zaplnění se pohybuje mezi 12 a 18 %, maximální zaplnění mapy pak mezi 25 a 30 %.

3.3.1 Metriky pro hodnocení grafické náplně mapy

Náplň mapy je v současné době velmi opomíjena (Šáková, 2014), tudíž se v mapách ani prakticky neměří. Existují však různé přístupy a principy měření náplně mapy. Mezi starší a ne příliš moderní metody pro hodnocení grafické náplně mapy patří Suchovův vzorec (1) (Drápela, 1983).

$$\Omega = \sum_{(i=1)} q_i \cdot r_i \cdot K \quad (1)$$

q_i – hustota prvků i -tého druhu na 100 km² ve skutečnosti

r_i – střední plocha jednotlivého množství prvku i -tého druhu na mapě v mm²

K – koeficient převodu mapové plochy v M (2)

$$K = 10^6 \cdot M \quad (2)$$

Rosenholtz a kol. (2007) uvádějí, že dříve byly vytvořeny metody pro měření hlavně informační náplně, málokteré však byly uvedeny do praxe, přičemž všechny měly

velké nedostatky. Autoři sami přišli na dva způsoby pro moderní měření náplně mapy, které pomocí experimentu testovali, a to *Feature Congestion* a *Subband Entropy*. V obou případech se pracuje s barvou, orientací, jasem a sytostí. První zmíněný zkoumá účinnost těchto faktorů a druhý vliv na rozmístění. Pro výpočet se využívají počítačové kódy.

Schnur a kol. (2017) pak pro zjištění náplně měří dvě složky – měřenou náplň a vnímanou náplň, přičemž pro konečný výsledek tyto dvě složky porovnávají. Pro jejich měření autoři použili celkem devět map s daty s různou podrobností a měřítkem a od různých poskytovatelů. U každé mapy přitom měří náplň pomocí manuálního spočítání symbolů v mapě a zároveň pomocí obou metrik *Feature Congestion* a *Subband Entropy* od Rosenholtze a kol. (2007).

Podobně jako Schnur náplň mapy popisuje i Fairbairn (2006), který ji rozděluje na intelektuální a grafickou. Vnitřní náplň přitom závisí na schopnostech uživatele číst mapu a rozeznávat náplň mapy. Grafická náplň pak závisí na množství objektů v mapě, jejich velikosti nebo způsobu zobrazení. Při testování náplně pomocí vybraných metrik autor zohledňoval měřítko, typ mapy nebo barevnost mapy.

4 PŘÍPRAVA MAPOVÝCH VZORKŮ PRO TESTOVÁNÍ

Pro otestování jednotlivých metod znázornění výškopisu a vyhodnocení jejich vlivu na náplň topografických map byly nejprve vytvořeny mapové vzorky pro testování. K tomu bylo potřeba pořídit data, vybrat testovací lokality, vytvořit znakové klíče a nakonec sestavit mapové výřezy. Teprve poté se mohlo přejít k měření náplně mapy právě v těchto výřezech.

4.1 Pořízení dat

Prvním krokem k vytvoření mapových vzorků pro testování bylo pořízení a příprava dat. Jedná se o vektorová a rastrová data potřebná pro tvorbu všech prvků využívaných běžně v topografických, popřípadě obecně zeměpisných mapách. Jako zdroj pro vektorová data byla zvolena datová sada *Data50* v měřítku 1 : 50 000 dostupná na stránkách ČÚZK pod záložkou *Geoportál / Datové sady / Mapy / Data50*. Zde je možné stáhnout datovou sadu po částech (sídlá, komunikace, reliéf apod.) nebo jako celou sadu. Všechna data byla poté zpracovávána v programu ArcGIS Pro. Sada *Data50* obsahuje ve formátu SHP složky popisu, polohopisu i výškopisu. Mezi prvky polohopisu patří znaky bodové (kostel, železniční stanice), liniové (vodní tok, hranice, silnice a dálnice) a polygonové (les, vodní plocha). Prvky výškopisu pak zahrnují vrstevnice a kótované body.

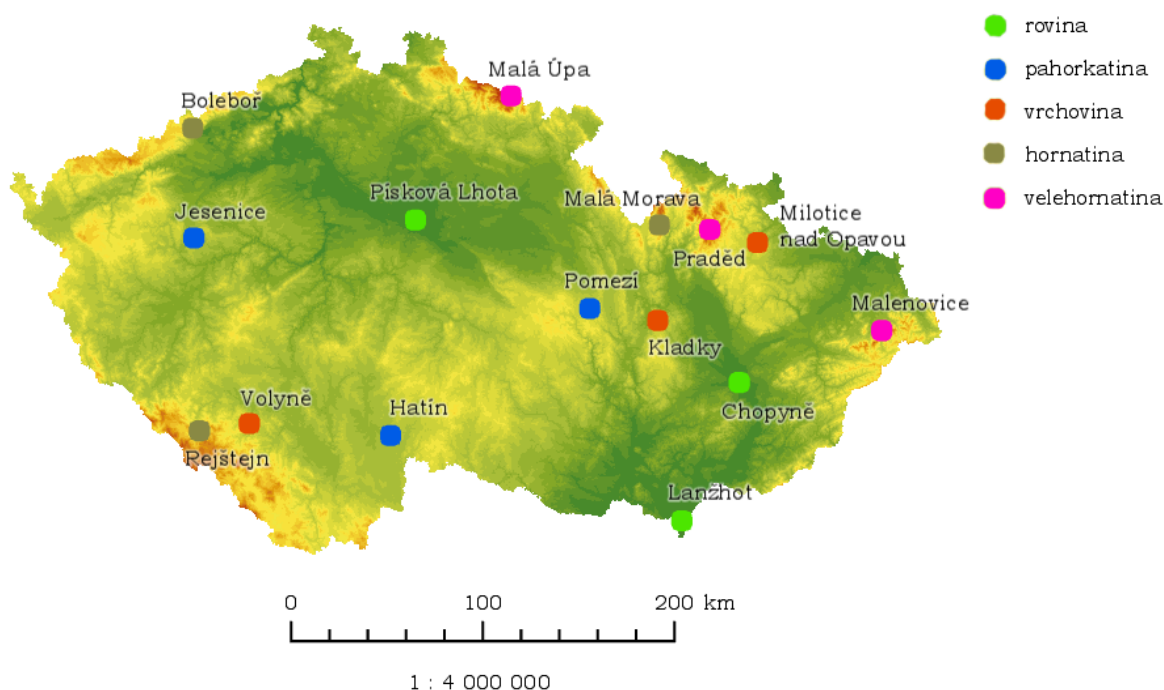
K zobrazení rastrových dat byl použit DMR 5G. Tento model je dostupný jako služba WMS na stránkách ČÚZK pod záložkou *Geoportál / Síťové služby / Prohlížeč / Prohlížeč služby – WMS*. Z těchto dat byla později vytvořena barevná hypsometrie a stínování. K tvorbě barevné hypsometrie stačilo změnit parametry mapového znaku (viz kap. 4.3), při tvorbě stínování přímo z modelu však docházelo k velmi pomalému načítání. Bylo proto nutné model oříznout podle vektorové vrstvy hranic vybraných testovacích lokalit (viz kap. 4.2). K tomu byl použit nástroj *Clip (Data Management Tools / Raster / Raster Processing / Clip)*, kde jako *Input Raster* byl zvolen DMR 5G a jako *Output Extent* vrstva hranic jednotlivých lokalit. Pro výsledné výřezy byl pak použit nástroj *Hillshade (3D Analyst Tools / Raster Surface / Hillshade)*, kde byla jako *Azimuth* zvolena hodnota 315, jako *Altitude* 45 a jako *Z factor* 1. *Azimuth* je úhel světelného zdroje a měří se ve stupních od severu ve směru hodinových ručiček. Jelikož nejčastějším směrem osvětlení při stínování je ze severozápadu (Kopřiva, 2014), nejlépe tomuto směru odpovídá hodnota 315. *Altitude* je úhel světelného zdroje nad horizontem. Jelikož hodnota 0 značí umístění světelného zdroje na horizontu a hodnota 90 nad objektem, byla zvolena střední hodnota 45. *Z factor* se nastavuje v případě, že měřicí jednotka u z-hodnoty je odlišná od jednotek x, y hodnot (ArcGIS Pro Help). V případě, že jsou jednotky stejné, se použije hodnota 1. u vzniklých vrstev byly nakonec jen upraveny parametry mapového znaku.

4.2 Výběr testovacích lokalit

Pro vytvoření vhodných testovacích výřezů bylo potřeba najít vhodná území odpovídající vybraným požadavkům. Tyto požadavky zahrnují relativní výškovou členitost terénu (rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou nadmořské výšky na vybraném území) a rozmístění výřezů po celé České republice (ČR). Jako kategorie členitosti terénu byly zvoleny roviny (relativní výšková členitost do 30 m), pahorkatiny (30–150 m), vrchoviny (150–300 m), hornatiny (300–600 m) a velehornatiny (nad 600 m). Tato klasifikace byla zvolena podle Demka a kol. (1972). Podle nich bylo doporučeno Mezinárodní

geomorfologickou unií měřit relativní výškovou členitost při této klasifikaci v území o rozloze 4 × 4 km, aby relativní výšková členitost odpovídala menšímu vybranému území.

Lokality byly vybrány pomocí zeměpisné mapy serveru Mapy.cz, kde čím menší byly rozestupy mezi vrstevnicemi, tím vyšší byla výšková členitost. Dále byla výšková členitost přeměřena pomocí vrstvy vrstevnic z datové sady *Data50* tak, aby rozdíl vrstevnic s nejvyšší a nejnižší nadmořskou výškou ve výřezu odpovídal potřebným hodnotám. Zároveň byly výřezy vybírány tak, aby byly rozmístěny pokud možno po celé ČR, alespoň v rámci kategorií členitosti. Pro každou kategorii členitosti byly vybrány tři výřezy, celkově tak bylo vytvořeno 15 výřezů (viz obr. 9).



Obr. 9: Rozmístění testovacích výřezů a jejich výšková členitost

Tab. 2: Rozmístění testovacích výřezů

Výšková členitost	Lokalita (kraj)		
rovina	Chropyně (Zlínský kraj)	Lanžhot (Jihomoravský kraj)	Písková Lhota (Středočeský kraj)
pahorkatina	Hatín (Jihočeský kraj)	Jesenice (Středočeský kraj)	Pomezí (Pardubický kraj)
vrchovina	Kladky (Olomoucký kraj)	Milotice (Moravskoslezský kraj)	Volyně (Jihočeský kraj)
hornatina	Boleboř (Ústecký kraj)	Malá Morava (Olomoucký kraj)	Rejštejn (Plzeňský kraj)
velehornatina	Malá Úpa (Královéhradecký kraj)	Malenovice (Moravskoslezský kraj)	Praděd (Olomoucký kraj)

Roviny se v České republice nacházejí především v nížinách kolem velkých vodních toků. Tedy v Polabské nížině, Dyjsko-svrateckém úvalu, Dolnomoravském úvalu a Hornomoravském úvalu. Pro tuto práci byly vybrány lokality v okolí Chropyně, Lanžhotu a Pískové Lhoty. V lokalitě Chropyně se nachází velká část města Chropyně, většinu území však zabírají pole, v menším množství pak lesy. Krajem území protéká řeka Morava. Lokalita Lanžhot se nachází mezi řekami Dyje a Morava, tyto řeky však do vybraného území nezasahují. Protéká tudy několik menších vodních toků, jako řeka Kyjovka. Mezi těmito toky se tvoří malé kopečky, které však svojí výškou nenarušují rovinný charakter území. Ve vybraném území se nenachází žádná zástavba, většinu plochy zabírají lesy. Na zbytku plochy jsou louky a pole. Území kolem Pískové Lhoty zabírají z většiny pole, popř. malé plošky lesíků. Nacházejí se zde dvě menší obce představující jedinou zástavbu v této lokalitě.

V České republice mají největší zastoupení pahorkatiny a vrchoviny, které tvoří přibližně $\frac{3}{4}$ území. Nacházejí se v oblastech dále od hranic země a od větších vodních toků například ve Středočeské pahorkatině, Svitavské pahorkatině nebo v Českomoravské vrchovině, Dražanské vrchovině. Jako lokality pro pahorkatiny byla vybrána území v okolí Hatína (Jihomoravský kraj), Jesenice (Středočeský kraj) a Pomezí (Pardubický kraj). Lokalita Hatín se přitom od ostatních odlišuje tím, že její velkou část zabírá vodní plocha rybníku Holná. Zbylá plocha lokality je téměř celá zakrytá lesem, přičemž spadá do chráněné krajinné oblasti (CHKO) Třeboňsko. V lokalitě se nevyskytuje téměř žádná zástavba. Z velké části je lesem zakrytá i lokalita Jesenice. Zde se také nacházejí malé plochy zástavby, i když ve větším množství než u Hatína. V lokalitě Pomezí je zastavěná mnohem větší plocha, nachází se v ní totiž téměř celá obec Pomezí. Zástavba se však nachází pouze podél hlavní komunikace. Největší část území proto zabírají pole a louky a na menší části území se rozkládají lesy.

Pro lokality ve výškové členitosti vrchovin byla vybrána území v okolí Kladek (Olomoucký kraj), Milotic nad Opavou (Moravskoslezský kraj) a Volyně (Jihočeský kraj). Území poblíž obce Kladky má charakter vrchoviny zejména proto, že její protíná hlubší údolí říčky Nectavy. Na většině území se nacházejí lesy, zbytek jsou louky a pole a v malém množství zástavba několika menších obcí. Milotice nad Opavou jsou obec nacházející se v Nízkém Jeseníku. Největší výškový rozdíl tvoří kopec Velký Tetřev a údolí Milotického potoka. V tomto údolí se pak nachází zástavba obce Milotice, pouze však podél potoka a hlavní komunikace. Většina území je zakrytá lesem a loukami. V lokalitě Volyně se nachází téměř veškerá zástavba města Volyně, jedná se o největší množství zástavby ve všech patnácti lokalitách. Městem protéká řeka Volyňka, kolem města se pak nacházejí louky a pole. Na západ od Volyně se terén zvedá k Ostrému vrchu a Kravskému vrchu, v jejichž okolí se nacházejí lesy.

Hornatiny se na území České republiky nacházejí především v blízkosti státních hranic, hřebeny pohoří často samotné hranice tvoří. Takovéto lokality je tak možné najít v Krkonoších, Hrubém Jeseníku, Orlických horách, Moravskoslezských Beskydech, Krušných horách nebo na Šumavě. Pro tuto práci byly vybrány lokality Boleboř (Ústecký kraj), Malá Morava (Olomoucký kraj) a Rejstejn (Plzeňský kraj). Lokalitu Boleboř z většiny zabírají lesy. Územím protéká potok Lužec, který zde vytváří hluboké údolí. Zástavba je tu v minimálním množství, zbytek jsou louky. Kvůli kopcovitému terénu na tomto území nenajdeme téměř žádná pole. Lokalita Malá Morava se nachází pod Králickým Sněžníkem. Územím protéká řeka Morava, která zde také vytváří údolí. Na sever od údolí se terén zvedá. Většina území je pokryta loukami a lesy, pole zde úplně chybí. Zástavby je zde minimum. Území kolem Rejštejna se nachází na rozhraní národního parku Šumava a CHKO Šumava. Zástavby je zde minimum, nejvíce jí zabírají

obce Rejštejn a Klášterský mlýn. Ta se nachází na soutoku řek Otava a Losenice. Řeka Otava protéká hlubokým údolím, od řeky na západ se terén prudce zvedá k Radkovskému vrchu, někdy až v podobě skal. Na většině území se nacházejí lesy, v menším množství pak louky.

Množství lokalit, které by členitostí odpovídaly velehornatinám, je na území ČR velmi málo. Konkrétně je můžeme najít v Krkonoších, Moravskoslezských Beskydech a Hrubém Jeseníku. Jako lokality pro tuto práci byly proto vybrány Malá Úpa (Královéhradecký kraj), Malenovice (Moravskoslezský kraj) a Praděd (Olomoucký kraj). Lokalita Malá Úpa se nachází v Krkonošském národním parku. Většina území je pokryta lesy nebo malými loukami. Protéká tudy několik malých vodních toků, které vytvářejí větší či menší údolí. Hlavním vodním tokem je zde Jelení potok. Severozápadně od něj se terén prudce zvedá až k nejvyššímu bodu ČR – Sněžce. Lokalita Malenovice se nachází v CHKO Beskydy. Do území zasahuje část obce Malenovice, což je veškerá zástavba v této lokalitě. Odtud se směrem k jihovýchodu terén zvedá. Nejvyšším bodem lokality je Lysá hora, která je zároveň nejvyšším bodem Moravskoslezských Beskyd. Většinu území pokrývají lesy, kromě malých luk v blízkosti Malenovic. Poslední vybranou lokalitou je Praděd. Toto území se nachází v CHKO Jeseníky. Nejvyšším bodem území je Praděd, nacházejí se zde také Petrovy kameny. V okolí těchto vrcholů jsou louky, zbytek území pokrývají lesy. Od Pradědu klesá terén dolů až k řece Desné, která se vlévá do dolní vodní nádrže Dlouhé Stráně.

4.3 Tvorba znakových klíčů

Dalším krokem bylo vytvořit pro vybrané výřezy znakový klíč tak, aby obsahoval všechny prvky topografických map. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.1, veškerá vektorová data pocházejí z datové sady *Data50*. Při tvorbě znakového klíče pro polohopis se vycházelo ze znakových klíčů již existujících topografických map, především základní mapy ČR v měřítku 1 : 50 000.

Datová sada *Data50* obsahuje vrstvy bodové, liniové a polygonové. Mezi bodové vrstvy patří vysoké stavby (kostel, hrad, zámek, zřícenina, rozhledna, vysílač, věžovitá stavba, vodojem věžový, větrný motor, lyžařský můstek), budovy (stadion, budova), dopravní prvky (železniční stanice/zastávka, přístav, letiště) a terénní prvky (jeskyně, skalnatý sráz). Liniové vrstvy zahrnují hranice (správní jednotky a katastrální území), vodohospodářské prvky (vodní tok, akvadukt, shybka, jez, hráz), mosty (most, lávka), komunikace (železniční trať, železniční vlečka, lanová dráha, tunel, silnice a dálnice, cesta, pěšina, silnice ve výstavbě, ulice, přívoz) a ostatní (letiště obvodová linie, elektrické vedení, terénní stupeň). Mezi polygonové vrstvy patří hřbitov, chatová kolonie, zničená budova, usazovací nádrž, vodní plocha, rašeliniště, les, louka/pastvina, zahrada/sad/park/vinice, budova/blok budov.

Dále byly vytvořeny znakové klíče pro celkem osm různých metod znázornění výškopisu. Tyto metody byly vybrány podle toho, aby opět vycházely z již existujících topografických map. Jejich znakové klíče pak byly vytvořeny podle znakových klíčů těchto map (viz tab. 3).

Metoda číslo jedna je barevná hypsometrie. Ta vychází z atlasu Školní atlas světa, vydaného nakladatelstvem Kartografie Praha roku 2004. Jedná se o atlas map malých měřítek, je zde proto použita právě barevná hypsometrie. Ta se sice v topografických mapách nepoužívá, byla však vybrána pro porovnání s dalšími metodami, u obecně zeměpisných map je totiž často využívána. Pro barevnou hypsometrii v tomto atlase byla

zvolena Sydowova-Wagnerova stupnice, která využívá barev od zelené (nížiny) přes žlutou (vrchoviny) po hnědou (hornatiny). Barvy jsou zde velmi syté. Podle toho byla pro vrstvu DMR 5G vytvořena odpovídající barevná škála (zelená: RGB 80-140-40, na pozici 0 %, žlutá: RGB 250-235-70, na pozici 50 %, hnědá: RGB 190-60-0, na pozici 100 %). Poté byly upraveny parametry mapového znaku pro vrstvu tak, že byla škála rozdělena do dvaceti tříd podle metody *Natural breaks (Jenks)*.

Metoda číslo dvě je hnědá vrstevnice. Tu používají základní mapy ČR různých měřítek od ČÚZK, dostupné k prohlížení na Geoportálu ČÚZK. Pro vytvoření této metody byla použita vrstva vrstevnic z datové sady *Data50*. Tato vrstva byla podle atributové tabulky rozdělena na vrstevnice základní, zdůrazněné, doplňkové a pomocné. V symbologii byla změněna barva na hnědou v odstínu co nejpodobnějším vzorové barvě (RGB 200-170-140). Pro vrstevnici doplňkovou a pomocnou byl zvolen odstín o něco světlejší (RGB 200-190-160). Tloušťka zdůrazněné vrstevnice je 1,7 bodu, u zbylých tříd je 1 bod. Vrstevnice pomocná je zobrazena pomocí přerušované linie, ostatní třídy pomocí linie plné. Nakonec byly k vrstevnicím přidány jejich popisky, ve stejné barvě jako základní vrstevnice.

Metoda číslo tři je kombinace šedé vrstevnice a stínování. Šedé vrstevnice byly vytvořeny stejným principem jako vrstevnice hnědé. Odstín šedé barvy byl opět vybrán jako co nejpodobnější k vzorové turistické mapě portálu *Mapy.cz*. Vrstevnice však byly ztenčeny, zdůrazněná vrstevnice na 1 bod a zbylé vrstevnice na 0,5 bodu. Barva popisků vrstevnic je opět stejná jako barva základní vrstevnice. Pro základní a zdůrazněnou vrstevnici byla vybrána barva RGB 180-180-180, zatímco pro vrstevnici doplňkovou a pomocnou RGB 200-200-200. Princip vytvoření vrstvy stínování byl popsán v kapitole 4.1. Následně byly vrstvy upraveny v symbologii tak, že černobílá škála byla rozdělena do dvou tříd. Bílá třída byla změněna na bezbarvou a u černé byla nastavena průhlednost na 90 %.

Metoda číslo čtyři je samostatné stínování. To je použito v Autoatlasu ČR 1 : 150 000 vydaném nakladatelstvím Kartografie Praha roku 2017. Průhlednost je zde velmi podobná jako u stínování vytvořeného pro třetí metodu, u této vrstvy proto neproběhly žádné změny.

Metoda číslo pět je kombinace stínování a barevné hypsometrie. Tato kombinace byla použita v Esri Map Book z roku 2017, konkrétně u švýcarské národní mapy měřítko 1 : 1 000 000. i zde je průhlednost stínování velmi podobná jako u již vytvořeného stínování, proto zde nebylo opět nic změněno. Stejně tak u barevné hypsometrie, která používá Sydowovu – Wagnerovu stupnici a to ve velmi sytých barvách. Pro tuto metodu byly proto použity již vytvořené vrstvy.

Metoda číslo šest je kombinace stínování a hnědých vrstevnic. i zde byly použity již vytvořené vrstvy bez jakýchkoli změn. Při porovnání se vzorovou topografickou mapou USGS jsou totiž tyto vrstvy velmi podobné.

Metoda číslo sedm je kombinace šedých vrstevnic, stínování a barevné hypsometrie. Jako vzor posloužila zeměpisná mapa portálu *Mapy.cz*. Zde jsou barvy mnohem jemnější, odstíny v barevné škále použité u předchozích metod byly proto změněny na pastelové škála (zelená: RGB 160-215-135, na pozici 0 %; žlutá: RGB 250-255-185, na pozici 50 %; hnědá: RGB 225-170-110, na pozici 100 %). Vrstevnice byly použity ve stejné podobě jako u třetí metody. Stínování je na vzorové mapě při kombinaci s barevnou hypsometrií mnohem méně výrazné než u předchozích vzorových map. Průhlednost proto byla změněna na 95 %.

Metoda číslo osm je druhý typ stínovaného reliéfu. Tento typ stínování byl vytvořen pro porovnání a názornou ukázkou, že i v rámci jednotlivých metod zobrazení výškopisu se náplň mapy může lišit. K zobrazení této metody byla použita stejná data jako u metody první, pouze s rozdílem nastavení parametrů mapového znaku. Byla zde použita kategorie *Stretch – Standard Deviation*. Jako barevná škála pak byla použita černobílá (černá = nejnižší nadmořská výška, bílá = nejvyšší nadmořská výška), kde u bílé barvy byla nastavena 100% průhlednost.

Tab. 3: Metody zobrazení výškopisu v testovacích výřezích

Číslo metody	Metoda	Použití
1	barevná hypsometrie (Sydowova-Wagnerova stupnice)	Školní atlas světa (Kartografie Praha, 2004)
2	vrstevnice hnědá	Geoportál ČÚZK – Základní mapy ČR
3	vrstevnice šedá + stínování	Mapy.cz - turistická
4	stínování	Autoatlas ČR 1 : 150 000 (Kartografie Praha, 2017)
5	stínování + barevná hypsometrie (Sydowova-Wagnerova stupnice)	Swiss National Map 1 : 1 000 000 (Esri Map Book, 2017)
6	stínování + vrstevnice hnědá	USGS topografická mapa
7	vrstevnice šedá + barevná hypsometrie (Sydowova-Wagnerova stupnice) + stínování	Mapy.cz - zeměpisná
8	stínování 2	Mapy Google

4.4 Sestavení mapových výřezů

Posledním krokem pro vytvoření mapových vzorků pro testování bylo sestavit konečné mapové výřezy. Nejprve bylo zvoleno měřítko výřezů. Jelikož se pracovalo výhradně s daty z *Data50*, bylo nejprve zvoleno měřítko 1 : 50 000. Při tomto přiblížení však byly mapy velmi generalizované a vrstvy nebyly tolik přesné, nakonec bylo proto pro výřezy zvoleno měřítko 1 : 20 000. V programu ArcGIS Pro byl pak vytvořen layout o rozměrech 20 × 20 cm. Map Frame byl pak nastaven na stejnou velikost a byly v něm postupně zobrazovány vybrané lokality. Ty byly pro snadnější následnou práci ukládány do záložek (Bookmarks). Podrobností odpovídají vyexportované mapy měřítku 1 : 50 000 a množstvím obsahu jsou porovnatelné s topografickými mapami tohoto měřítka, zvětšena byla pouze plocha zobrazovaných map.

Pro každou lokalitu pak bylo vytvořeno 17 výřezů. Jeden výřez pouze s polohopisem, osm výřezů s jednotlivými metodami zobrazení výškopisu a osm výřezů s kombinací výškopisu a polohopisu. Celkový počet je 15 lokalit krát 17 výřezů, tedy 255 výřezů.

Výřezy samotné byly vytvořeny tak, že byla potřebná data zobrazena v již nastaveném Map Frame u layoutu. Poté byla data pod záložkou *Share / Export / Layout* vyexportována jako soubor TIFF s rozlišením 300 DPI bez komprese. Výřezy pak byly

uloženy do složek pojmenovaných podle lokalit, kde první tři písmena značí výškovou členitost (ROV, PAH, VRCH, HOR, VEL) a zbytek zkrácený název lokality. Samotné výřezy pak byly pojmenovány podle zobrazených dat (polohopis, vyskopis, kombinace) a v případě výškopisu a kombinace označeny číslem metody zobrazení výškopisu.

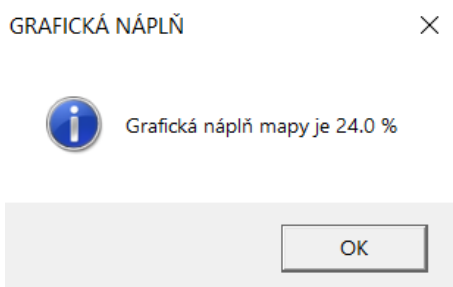
5 MĚŘENÍ NÁPLNĚ MAPY

Dalším krokem po vytvoření testovacích výřezů bylo měření náplně mapy. Pro toto měření byly vybrány dvě metriky. První metrika je založena na detekci hran, druhá na výpočtu Shannonovy entropie z jasu a tónu barvy v mapě.

5.1 Metrika založená na detekci hran (DH)

První metrikou použitou k měření náplně mapy je metrika založená na detekci hran. Byla vytvořena Radkem Barvířem jako skript/plugin v jazyce Python pro grafický editor GIMP. Tento skript byl vybrán z toho důvodu, že byl vytvořen právě pro měření náplně mapy, na rozdíl od jiných metrik, které jsou používány spíše obecně pro měření grafické náplně obrazu. Pro spuštění skriptu byla použita nejnovější verze tohoto programu, GIMP 2.10.18. Samotný skript byl poté nahrán do složky *Program Files / GIMP 2 / lib / gimp / 2.0 / python*. V programu byl poté přes záložku *Soubor / Otevřít* otevřen potřebný výřez, který byl následně upraven naší metrikou. Tato metrika se po instalaci pluginu nachází v uživatelském rozhraní programu GIMP pod záložkou *Filtry / Detekce hran* jako *NÁPLŇ MAPY 1.0*.

Po spuštění metriky skript pomocí Sobelova filtru detekuje hrany rastrové mapy. Poté obraz převede na monochromatický rastr, kde hodnoty pixelů odpovídají jasu. Tmavé hodnoty představují oblasti bez výrazných hran, světlé plochy odpovídají oblastem s ostrými hranami. Poté je vypočítán poměr průměrné světlosti pixelu oproti maximální možné (bílé), který značí výslednou grafickou náplň mapy (Barvíř, 2020). Po proběhnutí této metriky se otevře okénko s výslednou hodnotou náplně výřezu vyjádřený v procentech (viz obr. 10). K tomu se vytvoří nový soubor rozdělený do mřížky 10×10 , kde každý pixel má svoji hodnotu (viz obr. 11). Hodnoty jsou pak zobrazeny na černobílé škále, přičemž bílá značí vysokou grafickou náplň. Čím tmavší odstín, tím nižší náplň pak pixel má. Výsledné hodnoty pak byly zaznamenány do tabulky.



Obr. 10: Okénko s výslednou hodnotou náplně v programu *GIMP*

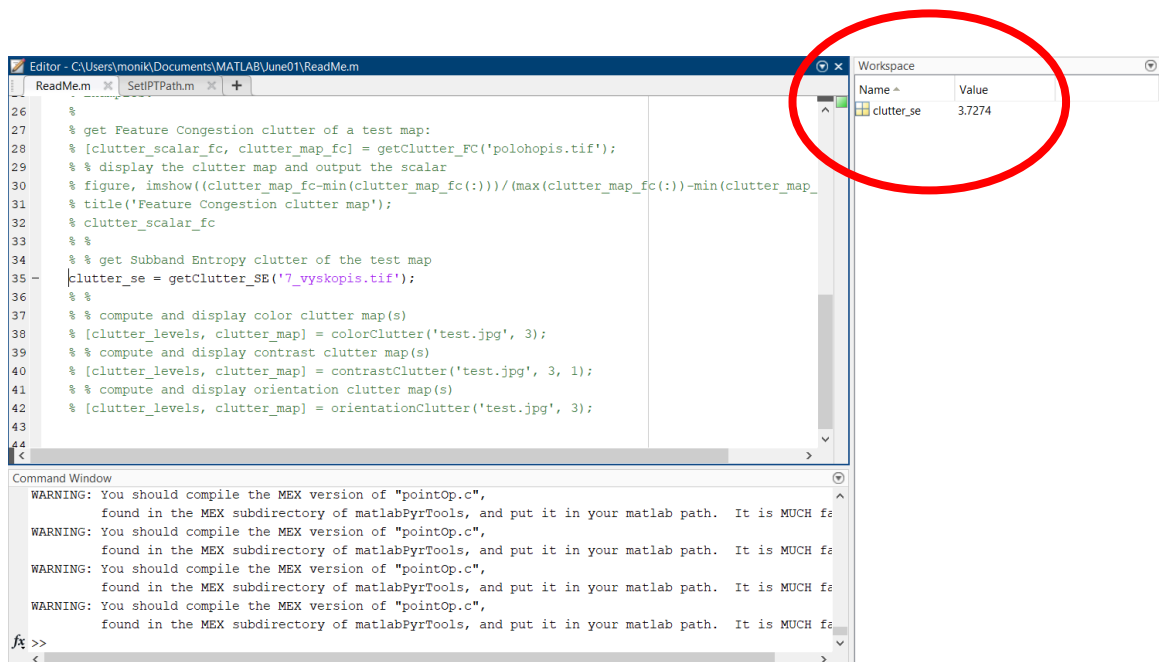


Obr. 11: Soubor rozdělený do mřížky 10×10 v porovnání s původním výřezem

5.2 Metrika Subband Entropy (SE)

Metrika Subband Entropy byla vytvořena Rosenholtzem a kol. (2007). V tomto článku je pak metoda a její použití v rámci experimentu detailně popsána. Tato metrika byla vytvořena pro program MATLAB. Pro měření byla použita verze MATLAB R2020a. Metrika byla vybrána opět z toho důvodu, že autoři ji podle zdrojového článku použili na měření náplně mapy. Zároveň je však metrika základním principem odlišná od metriky založené na detekci hran. Tato metrika nejprve rozloží jas a tón barvy obrazu do vlnových pásem. Podle vzorce poté vypočítá Shannonovu entropii a výsledky pro jednotlivá vlnová pásma sečte. Nakonec vypočítá vážený součet výsledků pro jas a tón barvy, kde výsledná hodnota označuje celkovou náplň mapy.

Ve stažené složce s metrikou se přitom nachází soubor několika navzájem provázaných skriptů. Pro spuštění metriky byl použit skript *ReadMe.m*. V tomto skriptu byly zakomentovány všechny řádky kromě řádku 35, na kterém se nachází příkaz ke spuštění metriky SE. Nesmí se zapomenout na odemčení složky *Simoncelli* v programu, nachází se v ní totiž část skriptu a bez ní by nefungoval. Poté byly potřebné testovací výřezy přesunuty do složky se skripty, aby se k nim nemusela nastavovat cesta. V příkazu ke spuštění skriptu pak postačí napsat název vstupního souboru. Skript se spustí přes záložku *Editor / Run*. Po proběhnutí skriptu se změřené hodnoty objevovaly v okně *Workspace* (viz obr. 12). Hodnoty pak byly průběžně zaznamenány do tabulky.



Obr. 12: Grafické rozhraní programu *MATLAB*, ukázka skriptu *Subband Entropy* a vyznačená vypočtená hodnota celkové náplně mapy

6 VÝSLEDKY

Hlavním cílem této práce bylo analyzovat, jakou mírou se u jednotlivých testovacích map znázornění výškopisu a členitost terénu podílí na grafické náplni mapy. Tato kapitola detailně popisuje výsledky všech měření, porovnává výsledné hodnoty pomocí sloupcových diagramů a vyhodnocuje vliv všech metod, metrik a členění na výslednou náplň map. Jednotlivé podkapitoly se zabývají výsledky podle následujícího hodnocení:

- vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy,
- podíl výškopisu na celkové náplni mapy,
- vliv členitosti terénu na náplň mapy.

Pro přehledné srovnání a vizualizaci výsledných hodnot byly zvoleny sloupcové diagramy v jednotném grafickém stylu. Pro každou metodu znázornění výškopisu byl vybrán odlišný barevný odstín (zelená, hnědá, modrá, růžová, oranžová, žlutá, červená, fialová). Pro metriku založenou na detekci hran je jas odstínů nižší, sloupce pro metriku *Subband Entropy* jsou zobrazeny odstíny s vyšším jasnem. Při vzájemném porovnávání obou metrik určuje hlavní svislá osa hodnoty metriky založené na detekci hran, popisky hodnot jsou pak zobrazeny opět odstínem s nižším jasnem. Vedlejší svislá osa pak určuje hodnoty metriky *Subband Entropy* a hodnoty jsou zobrazeny odstínem s vyšším jasnem. Dále byly odlišeny sloupce zobrazující výškopis a polohopis. Pro sloupce s výškopisem byla zvolena plná výplň, jelikož se jedná o hlavní předmět zájmu této práce. Pro sloupce s polohopisem pak byla zvolena šrafovaná výplň.

6.1 Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy

Prvním cílem bylo zjistit vliv odlišných metod znázornění výškopisu na grafickou náplň mapy. Jedná se totiž o jeden z hlavních cílů práce a během měření bylo zjištěno, že se hodnoty mohou mezi jednotlivými metodami velmi lišit. Pro toto srovnání byly použity hodnoty náplně výškopisu společně s popisem. Dále byly hodnoty porovnány mezi jednotlivými metrikami pro měření náplně map a mezi jednotlivými lokalitami měření.

Při pohledu na výsledné hodnoty měření v lokalitě Chropyně (rovina) je patrné, že zde na výběru metody znázornění výškopisu příliš nesejde. Hodnoty všech metod jsou totiž téměř stejné, a to u obou metrik (viz diagram 1). Náplň změřená metrikou se je přitom o něco nižší než náplň změřená metrikou DH. Jedinou odchylku zde představuje metoda *stínování 2*, kde jsou hodnoty mnohem vyšší než u ostatních metod u obou metrik. U metriky SE je změřená náplň dokonce vyšší než u metriky DH. Důvodem může být to, že tato metoda je mnohem citlivější na terénní nerovnosti než první metoda stínování. Vytváří proto mnohem více malých plošek stínů, které způsobují vyšší náplň mapy.

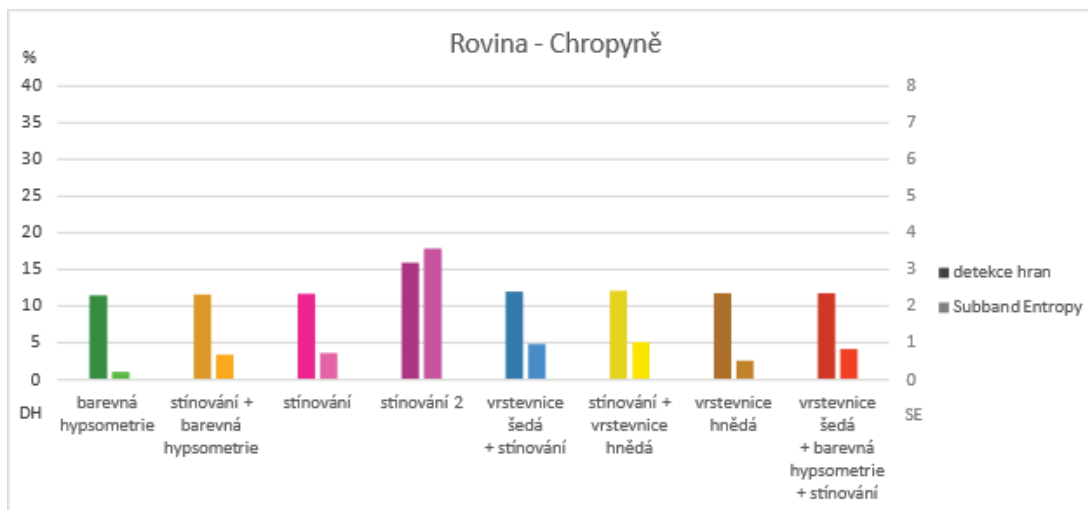


Diagram 1: Náplň výškopisu v lokalitě Chropyně

Lokalita Lanžhot má ve srovnání s Chropyní úplně jiný charakter (viz diagram 2). Hodnoty jsou u všech metod mnohem vyšší, největší nárůst je přitom zřejmý u metod používajících stínovaný reliéf. V této lokalitě se nachází velké množství kopečků, které jsou dostatečně vysoké na to, aby na nich bylo stínování znázorněno, ale zároveň ne příliš vysoké, takže území splňuje podmínky pro charakter roviny. Stejně jako stínování 2 u Chropyně zde byly vytvořeny četné malé plošky stínů, které zvyšují množství náplně mapy. Metody *barevná hypsometrie* a *vrstevnice hnědá* pak mají hodnoty téměř stejné, jako byly u Chropyně, a to u obou metrik. Terén totiž není dostatečně členitý na to, aby se v území nacházelo větší množství vrstevnic.

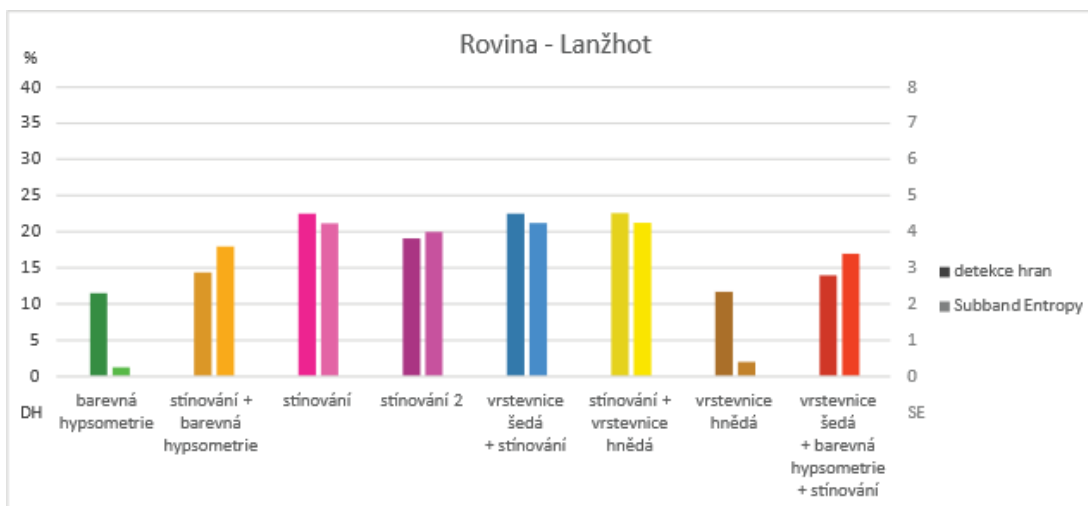


Diagram 2: Náplň výškopisu v lokalitě Lanžhot

Při srovnání lokality Písková Lhota s lokalitou Chropyně je vidět, že hodnoty jsou téměř stejné (viz diagram 3). Náplň u metriky SE je nižší než u metriky DH, stínování 2 se značně liší od ostatních metod. Z těchto výsledků měření náplně map u rovin je proto zřejmé, že náplň je ve výsledku více méně stejná, pokud se ovšem v lokalitě nenachází netypická odchylka (Lanžhot). Celkově jsou hodnoty poměrně nízké a u všech metod znázornění výškopisu až na výjimky srovnatelné.

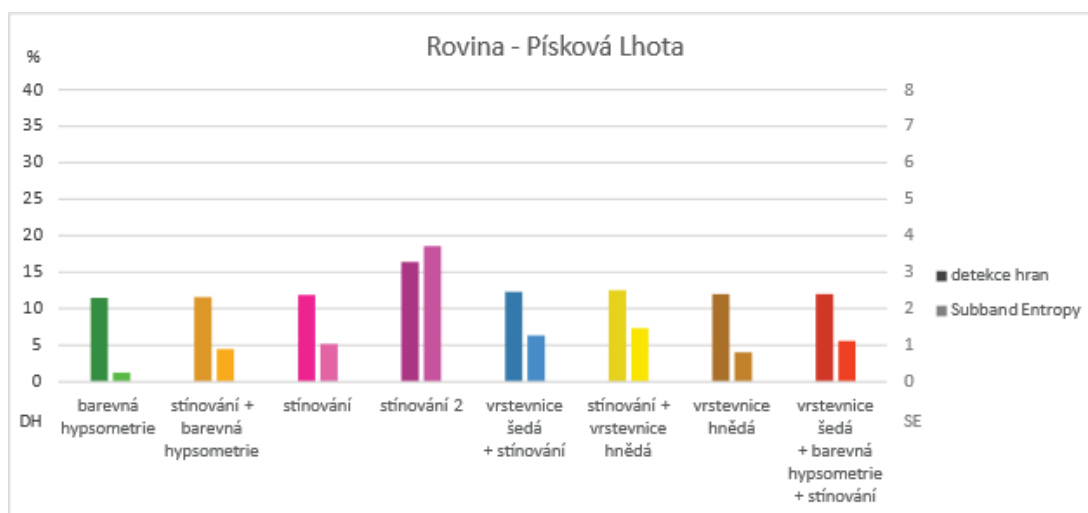


Diagram 3: Náplň výškopisu v lokalitě Písková Lhota

Další lokalitou pro měření náplně mapy je Pomezí, v tomto případě se již jedná o pahorkatinu. Náplň mapy se zde oproti rovinám zvýšila průměrně o 3 %, především u metriky SE (viz diagram 4). Pouze u samostatné barevné hypsometrie jsou hodnoty téměř stejné a u stínování 2 dokonce náplň u obou metrik klesla. Jinak jsou náplně u všech metod znázornění výškopisu velmi podobné, hodnoty obou metrik se pohybují kolem stejného čísla a množství náplně je u obou metrik srovnatelné.

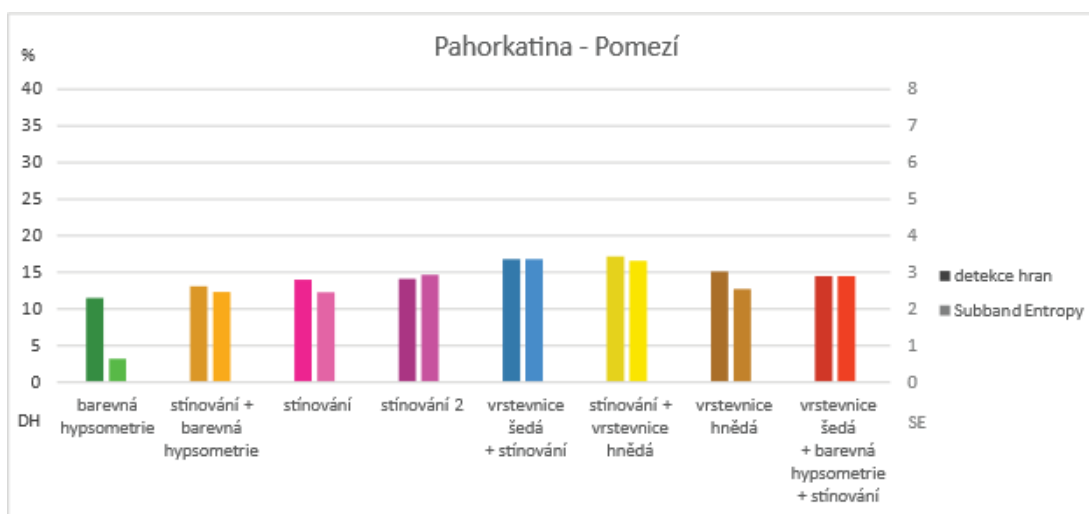


Diagram 4: Náplň výškopisu v lokalitě Pomezí

Náplň mapy v lokalitě Hatín je velmi podobná Pomezí. U metod používajících stínovaný reliéf jsou hodnoty obou metrik o něco vyšší (viz diagram 5). Jinak se výsledné náplně obou lokalit téměř neliší. Při pohledu na náplň lokality Jesenice je zřejmé, že náplně této lokality a lokality Hatín jsou téměř stejné. Náplň map zobrazujících pahorkatiny je proto o něco vyšší než u rovin, kromě metody stínování 2, kde jsou hodnoty o trochu nižší a u barevné hypsometrie, kde hodnoty zůstávají téměř stejné.

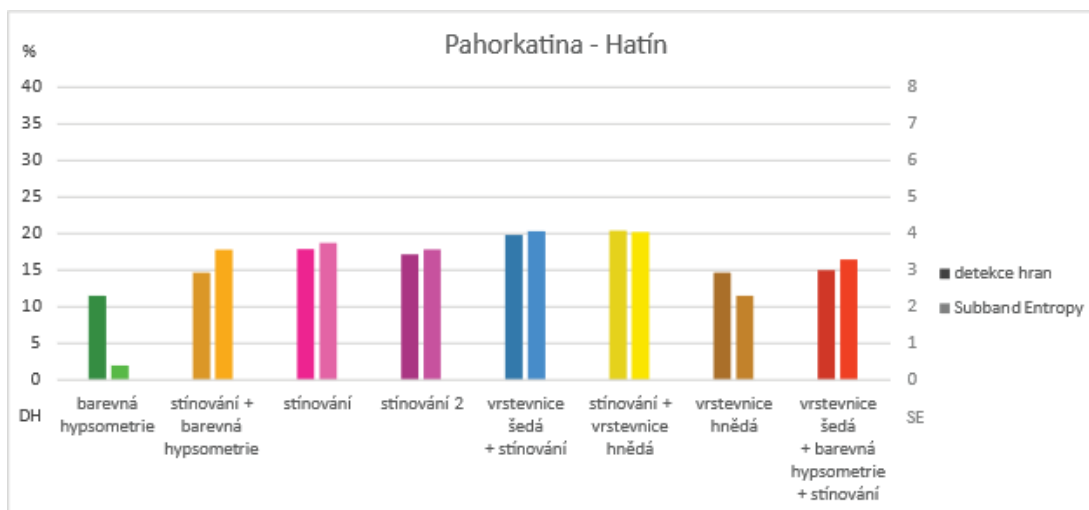


Diagram 5: Náplň výškopisu v lokalitě Hatín

Dále byla náplň mapy měřena u lokalit s relativní výškovou členitostí vrchoviny. U lokality Kladky vzrostla náplň mapy u všech metod znázornění výškopisu používajících vrstevnice (viz diagram 6). U samostatné hnědé vrstevnice je náplň u obou metrik o více než dvě třetiny vyšší než u pahorkatin. Zvýšila se také hodnota náplně barevné hypsometrie měřené metrikou SE, a to více než dvakrát. Přesto je zde náplň ve srovnání s ostatními metodami mnohem nižší. Náplň u kombinace barevné hypsometrie a stínování při měření metrikou se je pak mnohem vyšší než náplň měřená metrikou DH, stejně tak je vyšší než náplň této metody u jakékoli jiné lokality. Jinak jsou náplně při srovnání jednotlivých metrik velmi podobné.

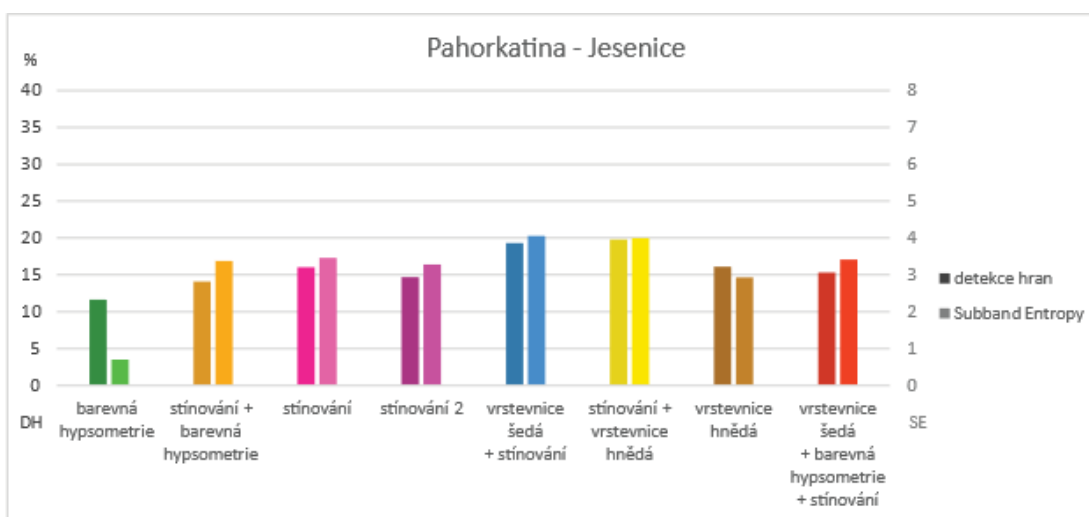


Diagram 6: Náplň výškopisu v lokalitě Jesenice

U lokality Milotice jsou všechny hodnoty o něco nižší než u lokality Jesenice, pouze u barevné hypsometrie, stínování a stínování 2 zůstává náplň podobná náplni u Kladek. U všech metod používajících vrstevnice je náplň u obou metrik menší, stejně tak u kombinace barevné hypsometrie a stínování. U barevné hypsometrie je pak náplň

změřená metrikou se opět nižší než náplň měřená metrikou DH. Všechny ostatní metody znázornění výškopisu mají u obou metrik náplň velmi podobnou.

Při pohledu na hodnoty lokality Volyně je zřejmé, že je náplň u všech metod zobrazení výškopisu buď o něco vyšší, nebo stejná (barevná hypsometrie, vrstevnice hnědá) jako u Milotic. Náplně jsou pak mezi metrikami téměř stejné, opět s výjimkou barevné hypsometrie, kde je náplň metriky SE nižší než náplň metriky DH. Při porovnání grafických náplní lokalit ve vrchovinách s předchozími lokalitami je vidět, že s rostoucí výškovou členitostí roste náplň při použití vrstevnic, naproti tomu u barevné hypsometrie zůstává náplň velmi podobná.

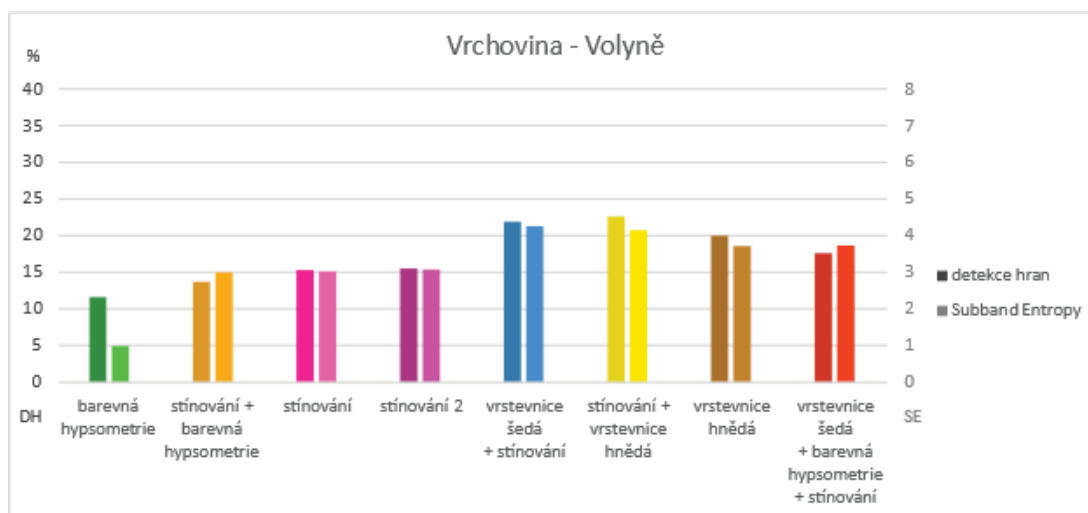


Diagram 7: Náplň výškopisu v lokalitě Volyně

Lokalita Rejštejn spadá do výškové členitosti kategorie hornatina. Zde se potvrzuje úsudek z předchozího odstavce, jelikož náplň barevné hypsometrie je pořád téměř stejná, jako u předchozích lokalit. Metody s vrstevnicemi pak mají náplň opět o něco vyšší než vrchoviny, náplň u ostatních metod zůstává velmi podobná (viz diagram 8).

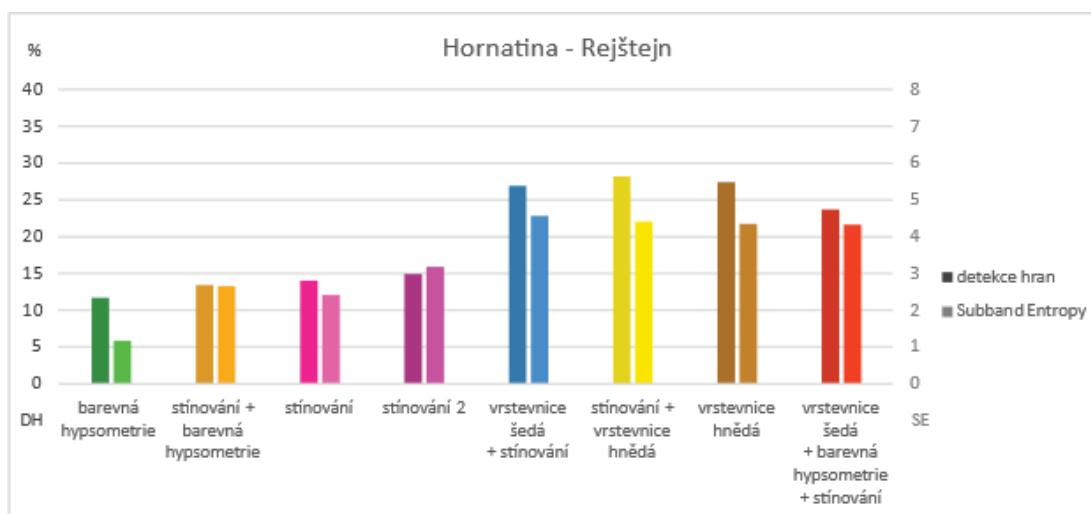


Diagram 8: Náplň výškopisu v lokalitě Rejštejn

Výsledná náplň lokality Malá Morava se pak velmi podobá náplni lokality Volyně, hodnoty u metod s vrstevnicemi jsou jen nepatrně vyšší, zatímco hodnoty u metod se stínováním, ale bez vrstevnic o trochu klesly. Pokud se srovná grafická náplň lokality Malá Morava a lokality Boleboř, zjistí se, že jsou téměř stejné. Pro výškovou členitost proto opět platí, že u metod s vrstevnicemi náplň roste u obou metrik, zatímco náplň barevné hypsometrie je téměř stejná.

Poslední testovaná kategorie relativní výškové členitosti je velehornatina. Náplň mapy u lokality Malá Úpa je opět téměř stejná u barevné hypsometrie jako u předchozích lokalit. Naopak největší změnu zaznamenávají hodnoty u metod znázornění výškopisu s vrstevnicemi, zde se oproti hornatinám zvyšuje náplň až téměř o třetinu (viz diagram 9). Navíc je zde velký rozdíl mezi náplněmi jednotlivých metrik. Náplň metriky DH je opět o něco vyšší než u metriky SE. Náplň u ostatních metod zůstává u obou metrik velmi podobná náplni u hornatin. Při srovnání hodnot u této lokality a lokalit Praděd a Malenovice je zřejmé, že se hodnoty nijak výrazně nemění. Náplň je zde podobná nebo téměř stejná.

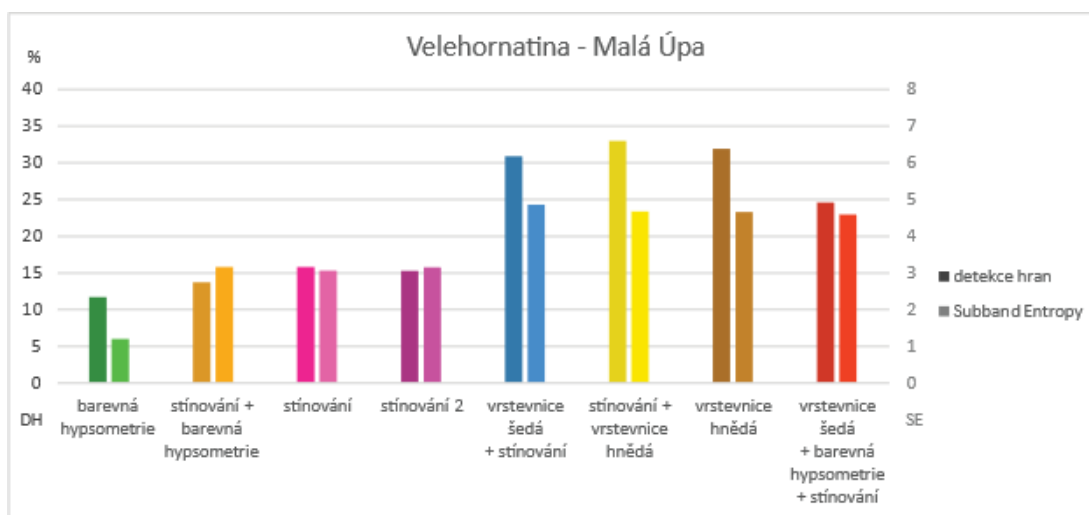


Diagram 9: Náplň výškopisu v lokalitě Malá Úpa

Z celkového srovnání výsledných hodnot a náplní vyplývá, že u barevné hypsometrie na relativní výškové členitosti příliš nezáleží, hodnoty jsou u všech lokalit velmi podobné. S rostoucí členitostí sice roste náplň u metriky SE, rozdíl je ale minimální. Naopak při použití vrstevnic ať už samotných, nebo v kombinaci, je rozdíl mezi náplněmi s rostoucí členitostí čím dál vyšší. Metody používající stínování (kromě těch s vrstevnicemi) pak u všech výškových členitostí zaznamenávají podobnou náplň, případně nepatrně rostoucí se zvyšující se výškovou členitostí. Výjimkou jsou roviny, kde jsou hodnoty většinou velmi nízké.

Následně byly vypočteny průměrné hodnoty pro každou kategorii relativní výškové členitosti, a to pro obě metody. Poté byly zprůměrované hodnoty porovnány v rámci jednotlivých členitostí, metod zobrazení výškopisu i použitých měřících metrik. Tyto výsledky potvrzují závěry vyvozené v předešlém odstavci. Náplň barevné hypsometrie je u metriky DH u všech výškových členitostí téměř stejná (viz diagram 10). Následující tři metody jsou u všech členitostí velmi podobné, mění se jen minimálně. U metod s vrstevnicemi pak náplň roste přímo s rostoucí členitostí. U velehornatin je náplň více

něž dvakrát vyšší oproti rovinám. U rovin je naopak vidět, že nejvyšší náplň byla zaznamenána u metody stínování 2.

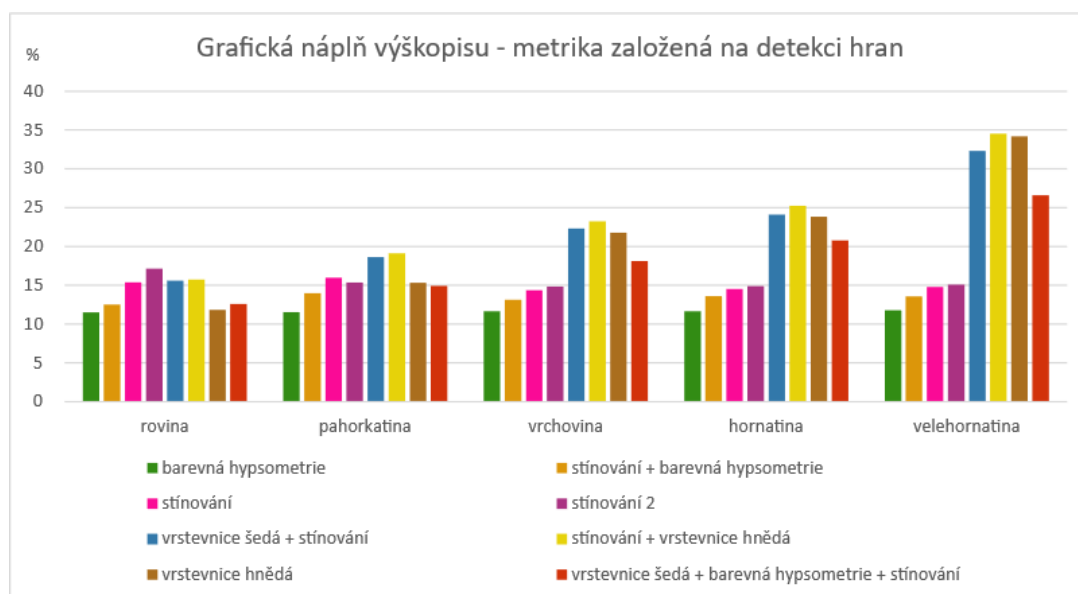


Diagram 10: Náplň výškopisu u jednotlivých výškových členitostí – měreno metrikou DH

U metriky SE se pak jedná o poměrně podobné výsledky (viz diagram 11). Největší rozdíl je vidět u rovin, kde je náplň jednotlivých metod velmi odlišná. Náplň u barevné hypsometrie a hnědých vrstevnic je více než o polovinu menší než u zbylých metod, kromě stínování 2, kde je náplň naopak téměř dvakrát vyšší než u ostatních metod. Zbylé metody mají náplň velmi podobnou, pohybuje se kolem hodnoty 2. Náplň u rovin je zároveň výrazně nižší než u zbylých výškových členitostí, opět s výjimkou stínování 2, které zde převyšuje hodnoty u ostatních členitostí. S touto výjimkou pak u všech metod roste náplň s členitostí terénu, a to i u barevné hypsometrie, na rozdíl od metody DH, i když nijak výrazně. Nejvíce pak rostou hodnoty u metod s vrstevnicemi, ne však tak výrazně jako u metody DH.

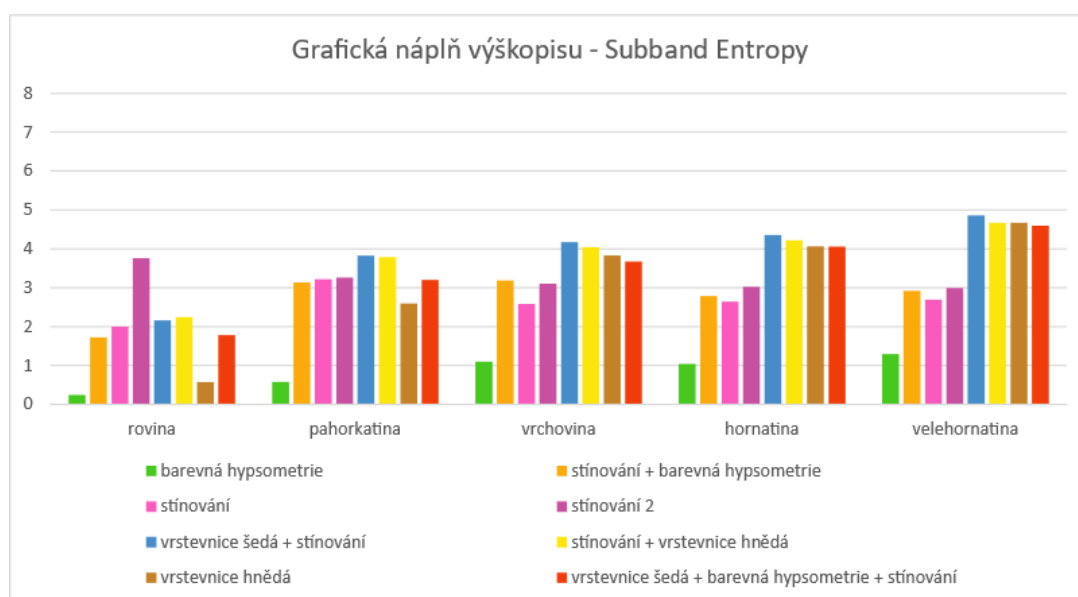


Diagram 11: Náplň výškopisu u jednotlivých výškových členitostí – měreno metrikou SE

6.2 Podíl výškopisu na celkové náplni mapy

Dalším cílem bylo zjištění podílu výškopisu na celkové náplni mapy. K tomuto účelu byly použity hodnoty náplně mapy zvláště pro výškopis a zvláště pro polohopis. Tyto hodnoty byly potom vizualizovány ve strukturních sloupcových diagramech. Celková náplň je zde vyjádřena jako 100 %.

Podíl výškopisu na celkové náplni mapy je u barevné hypsometrie při použití metody DH velmi podobný u všech výškových členitostí (viz diagram 12). Výškopis zde zabírá ve všech případech okolo 40 % celkové náplně map. Při srovnání s podílem u metriky SE se jedná o velký rozdíl, zde se totiž podíl liší na základě výškové členitosti (viz diagram 13). Zatímco u rovin se podíl výškopisu pohybuje okolo 5 %, s rostoucí výškovou členitostí se podíl zvyšuje a u velehornatin dosahuje k hodnotě 30 %.

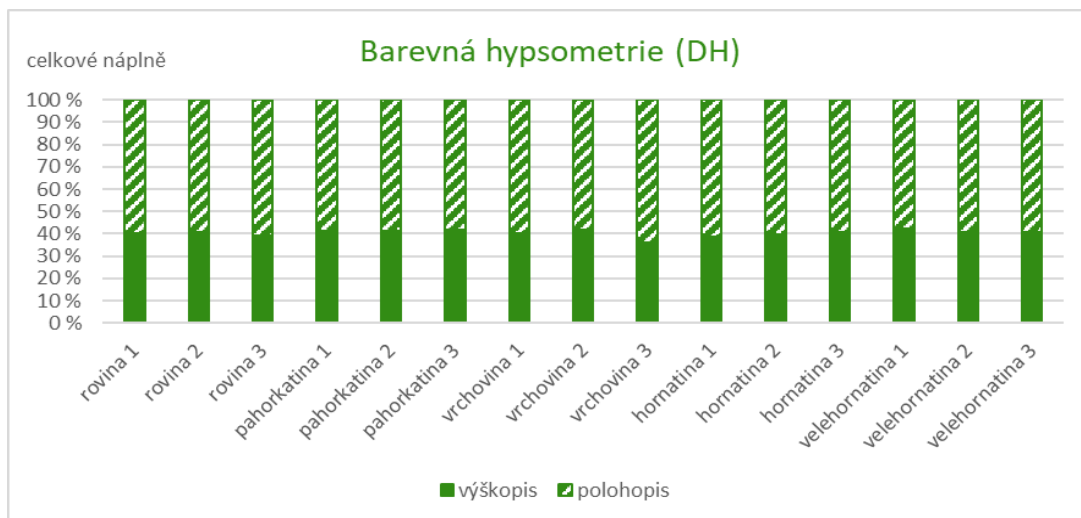


Diagram 12: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u barevné hypsometrie – metrika DH

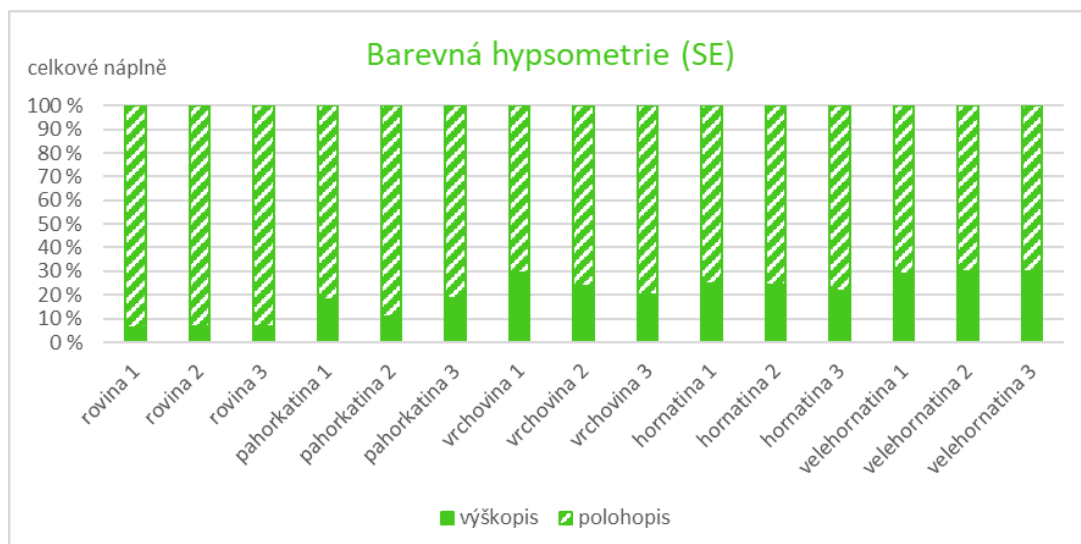


Diagram 13: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u barevné hypsometrie – metrika SE

Při pohledu na výsledky pro metodu *stínování + barevná hypsometrie* metriky DH je zřejmé, že podíl výškopisu se zde oproti samotné barevné hypsometrii nijak výrazně

neliší, hodnoty jsou navzájem velmi podobné a kolísají mezi 40 a přibližně 47 % (viz diagram 14). Nezdá se, že by relativní výšková členitost měla vliv na podíl výškopisu na celkové náplni. Zato u metriky SE jsou rozdíly mezi hodnotami u jednotlivých výškových členitostí větší (viz diagram 15). U rovinatých lokalit dosahuje podíl výškopisu sotva 20 %, s výjimkou druhé lokality, kde je podíl výškopisu kolem 50 %. U pahorkatin pak hodnoty dosahují až nad 50 %. První lokalita vrchoviny má největší podíl výškopisu na celkové náplni ze všech lokalit, kolem 55 %. U zbylých lokalit vrchoviny jsou hodnoty o něco nižší, něco nad 40 %. Podíl výškopisu u zbylých kategorií výškových členitostí se pak pohybuje mezi 40 a 50 %. Nezdá se proto, že by zde měla na podíl výškopisu velký vliv relativní členitost terénu, spíše se jedná o odlišné charakteristiky jednotlivých lokalit (více nízkých kopečků, méně vysokých kopců).

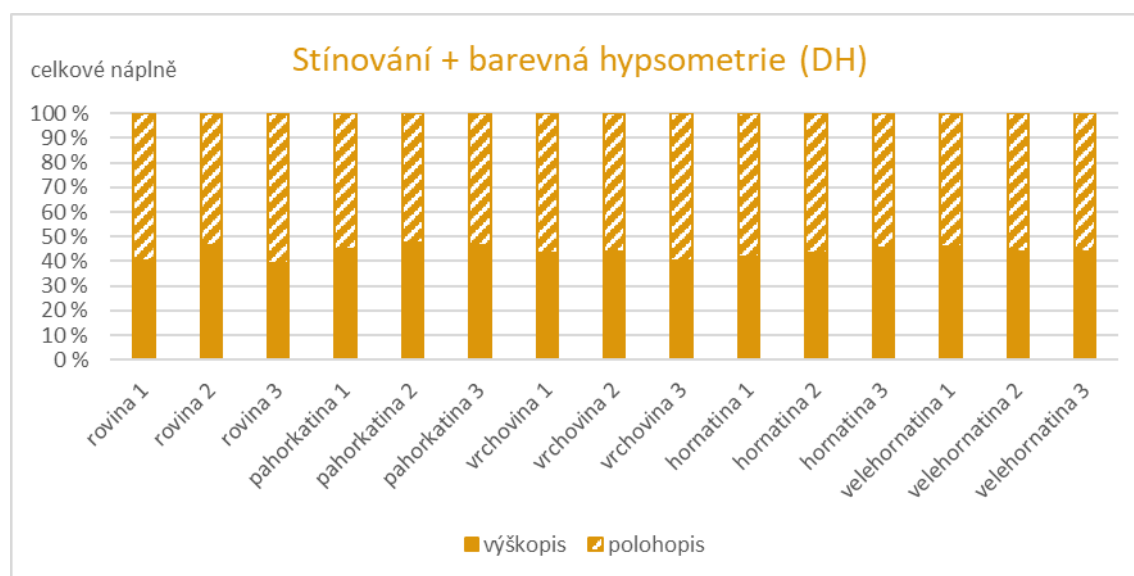


Diagram 14: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u barevné hypsometrie a stínování – metrika SE

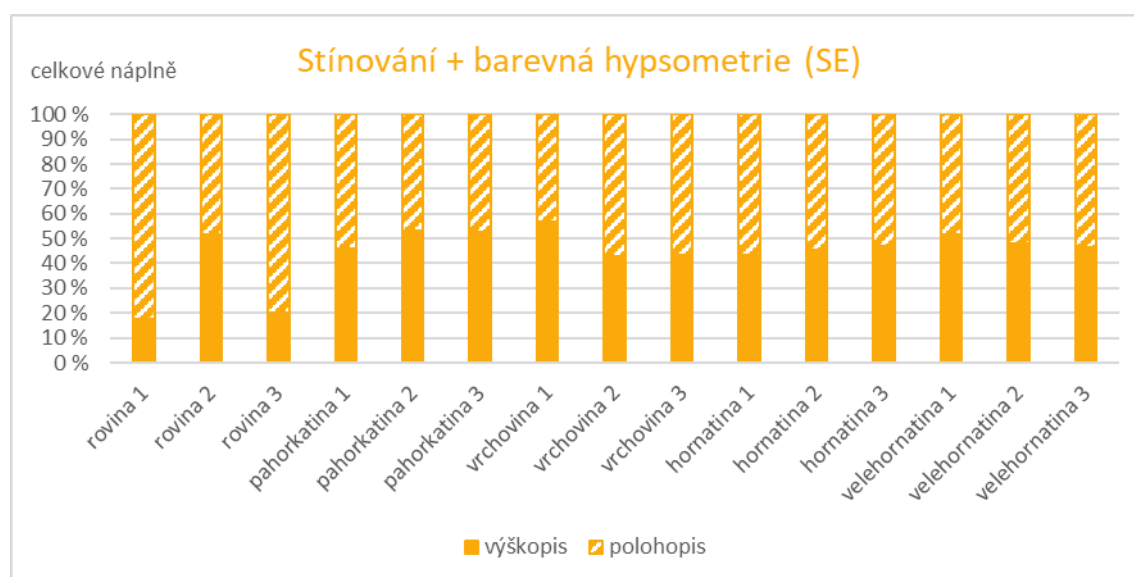


Diagram 15: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u barevné hypsometrie a stínování – metrika SE

Podíl výškopisu na celkové náplni mapy je při použití metody *stínování* u metriky DH velmi podobný jako u předešlé metody měřené stejnou metrikou (viz diagram 16). i zde dosahuje podíl výškopisu u rovin hodnot 40 %, s výjimkou druhé rovinaté lokality, kde hodnota dosahuje téměř 60 %. U zbylých lokalit různých výškových členitostí se pak hodnoty pohybují mezi 40 a přibližně 52 %.

U metriky SE je opět u rovin ze všech výškových členitostí nejnižší podíl výškopisu na celkové náplni, s výjimkou druhé lokality, kde je podíl výškopisu téměř 60 % (viz diagram 17). Podíl výškopisu u zbylých výškových členitostí se pohybuje mezi 40 a 55 %. Ani u této metody se proto nezdá, že by měla relativní výšková členitost zásadní vliv na podíl výškopisu na celkové náplni mapy.

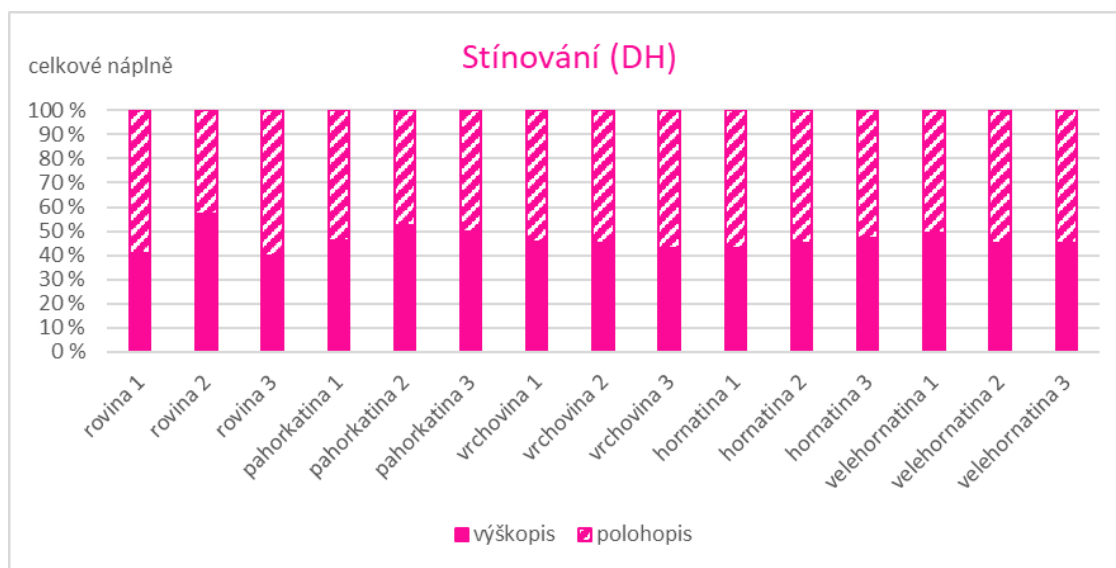


Diagram 16: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u stínování – metrika DH

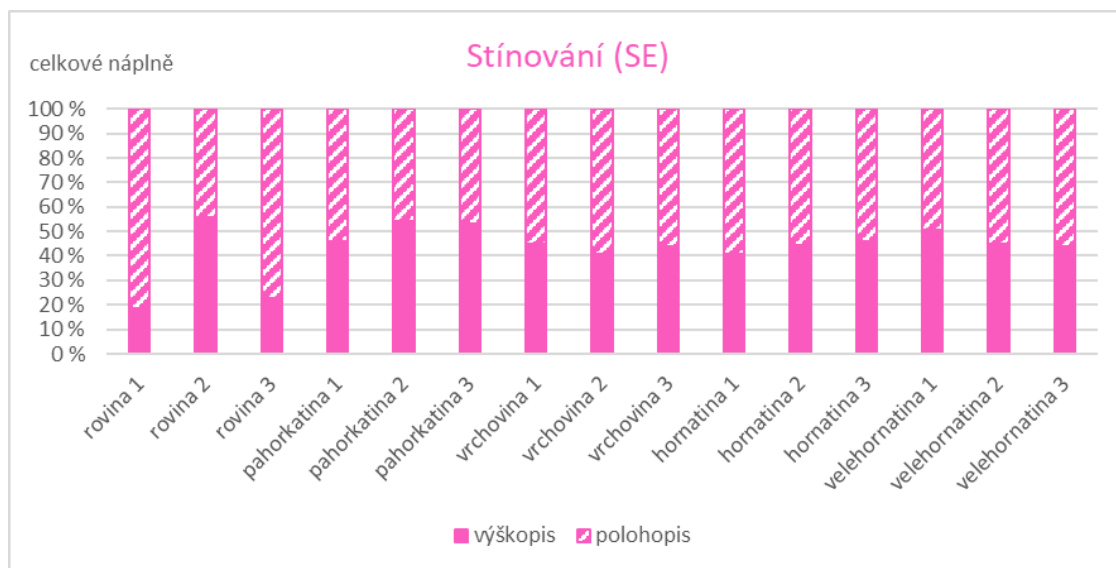


Diagram 17: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u stínování – metrika SE

Při použití metody *stínování 2* měřené metrikou DH dosahuje podíl výškopisu na celkové náplň mapy velmi podobných hodnot (viz diagram 18). Hodnoty se pohybují mezi 45 a 52 %. Přitom se nezdá, že by měla relativní výšková členitost na podíl výškopisu vliv, s rostoucí členitostí nemají hodnoty ani vzestupný, ani sestupný trend. U metriky SE je podíl výškopisu u všech lokalit velmi podobný, oproti metrice DH zde dochází k navýšení maximálně 5 % (viz diagram 19). Při tomto nepatrném navýšení hlavně u rovin a pahorkatin je pak podíl výškopisu o pár procent vyšší než u hornatin nebo velehornatin. Rozhodně se ale nedá říct, že by měly hodnoty sestupný trend, jelikož jsou navzájem téměř stejné.

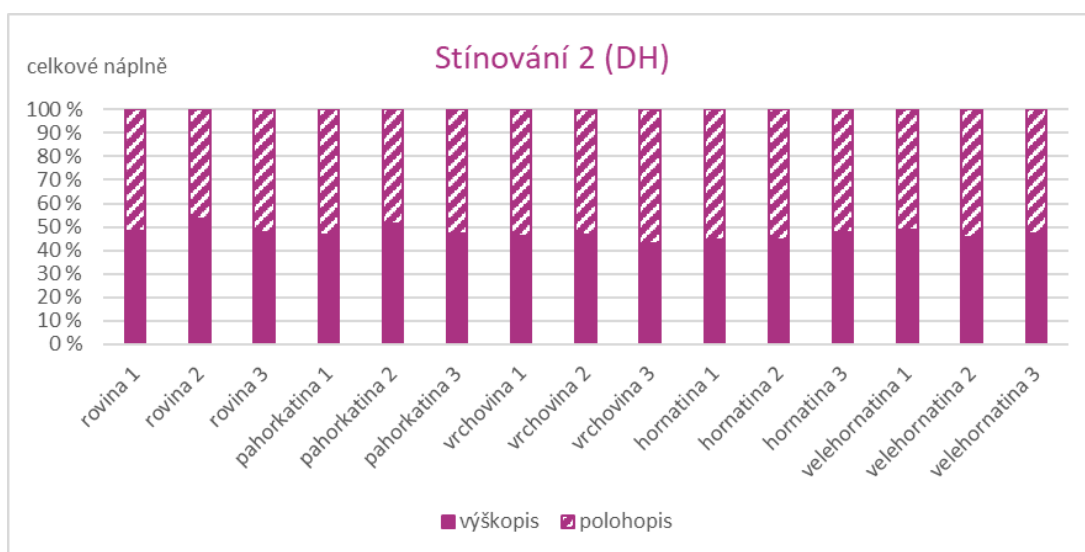


Diagram 18: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u stínování 2 – metrika DH

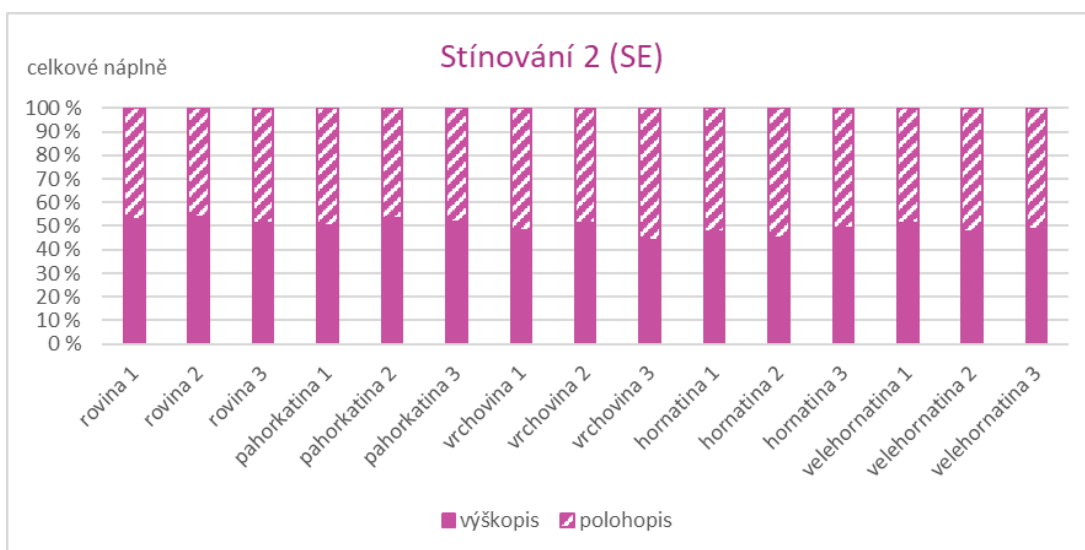


Diagram 19: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u stínování 2 – metrika SE

Podíl výškopisu na celkové náplni mapy má u metody *vrstevnice šedá + stínování* při použití metriky DH s rostoucí relativní výškovou členitostí stoupající trend (viz diagram 20). U rovin se podíl pohybuje opět kolem 40 %, u druhé lokality je podíl opět přibližně o polovinu větší. Podíl výškopisu u pahorkatin se pak pohybuje okolo 55 %, stejně tak u vrchovin (s výjimkou první lokality, kde podíl dosahuje 60 %) a hornatin. Velehornatiny pak mají podíl výškopisu téměř 70 %.

Při použití metriky SE dosahují nejnižšího podílu výškopisu opět roviny, kromě druhé lokality ale dosahuje podíl pouze 20 až 25 %. Hodnoty ostatních výškových členitostí se pohybují mezi 50 a 60 %, u velehornatin je podíl výškopisu na celkové náplni map nepatrně nad 60% (viz diagram 21).

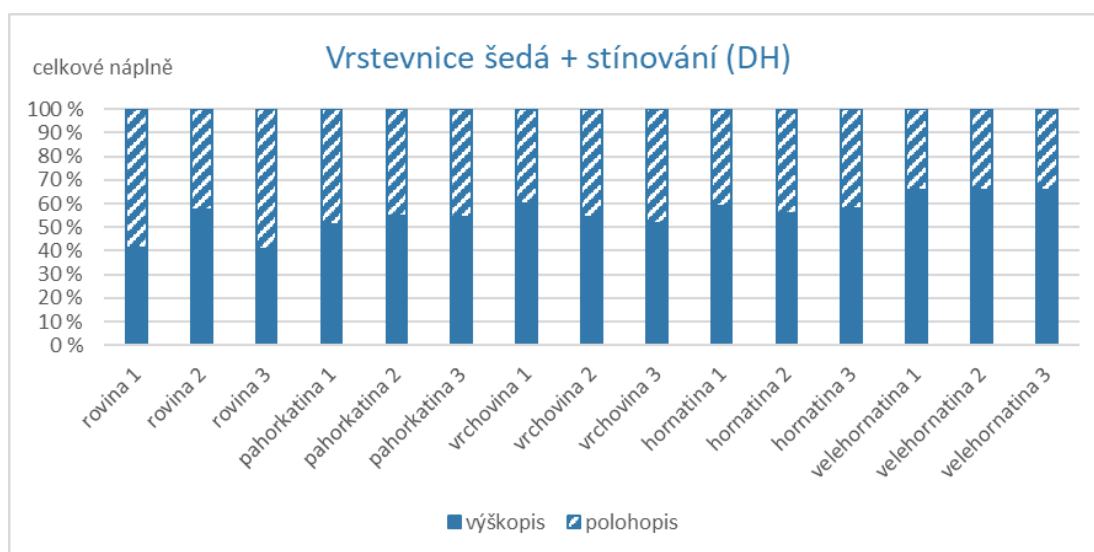


Diagram 20: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u šedé vrstevnice a stínování – metrika DH

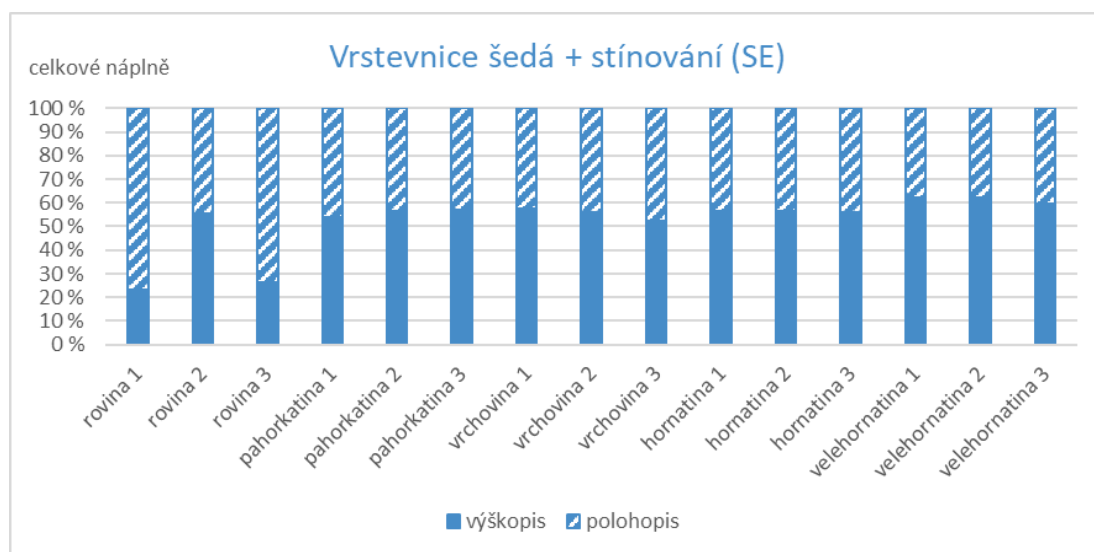


Diagram 21: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u šedé vrstevnice a stínování – metrika SE

Při pohledu na výsledky pro metodu *stínování + vrstevnice hnědá* by se dalo říct, že je podíl výškopisu u této metody téměř stejný jako u metody *vrstevnice šedá + stínování*. U metriky DH je nejnižší podíl opět u rovin, poté s rostoucí relativní výškovou členitostí mírně stoupá (viz diagram 22). U metriky SE jsou pak u rovin s výjimkou druhé lokality hodnoty podílu výrazně nižší než u ostatních členitostí (viz diagram 23). U zbylých členitostí se pak podíl výškopisu na celkové náplni mapy pohybuje mezi 50 a 60 %. Důvod podobnosti je pravděpodobně ten, že jsou pro obě metody použita stejná data, rozdíl je pouze v barvě a tloušťce vrstevnice.

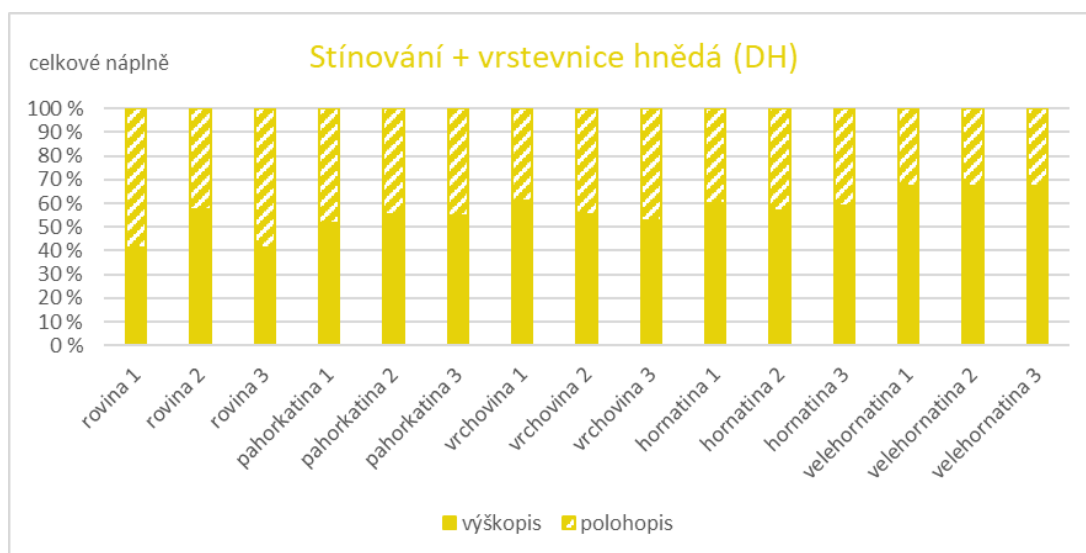


Diagram 22: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u hnědé vrstevnice a stínování – metrika DH

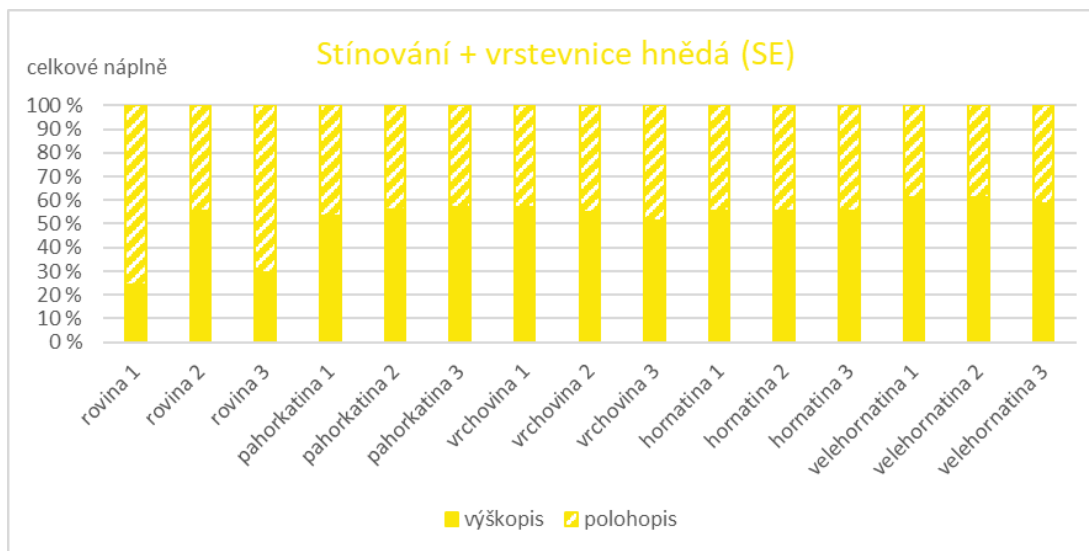


Diagram 23: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u hnědé vrstevnice a stínování – metrika SE

Podíl výškopisu u metody *vrstevnice hnědá* už se značně liší na základě relativní výškové členitosti. Hodnoty změřené metrikou DH ukazují, že podíl je nejnižší

v rovinách a pohybuje se kolem 40 % (viz diagram 24). U pahorkatin pak přichází nárůst o téměř 10 %. Hodnoty u vrchovin se pohybují mezi 50 a 60 %, stejně tak u hornin. U velehornatin pak podíl výškopisu dosahuje téměř 70 %. Z těchto porovnání je patrné, že podíl výškopisu na celkové náplni mapy roste společně s relativní výškovou členitostí.

To stejné se dá říct o výsledcích metriky SE. Mezi hodnotami nejmenší a největší výškové členitosti je však mnohem větší rozdíl (viz diagram 25). Podíl výškopisu se u rovin pohybuje pouze mezi 10 a 20 %. U pahorkatin je pak podíl mezi 40 a 50 %, vrchoviny a hornatiny zaznamenávají hodnoty 50 až 60 %. Podíl výškopisu u velehornatin je pak u všech lokalit na 60 %.

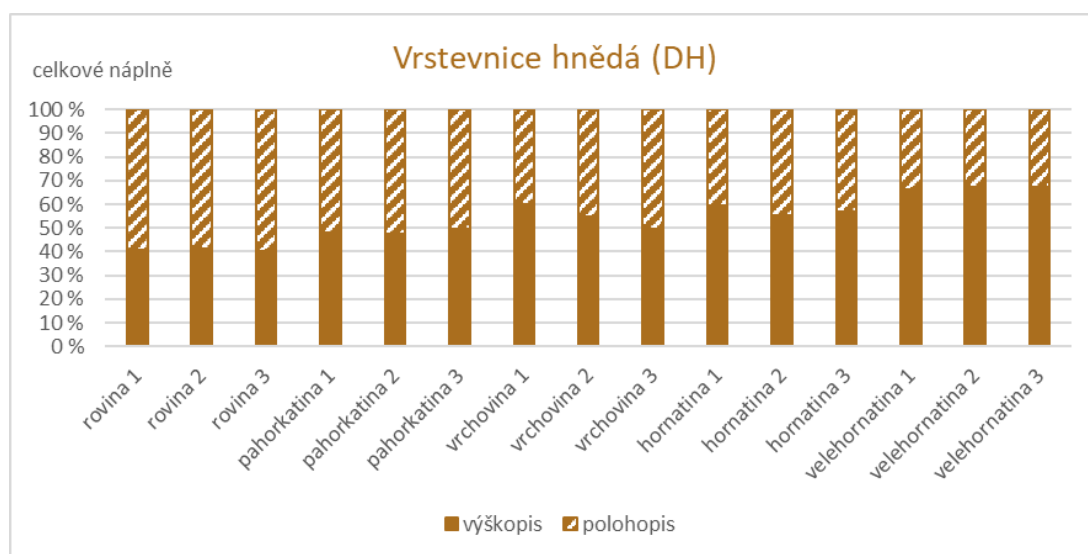


Diagram 24: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u hnědé vrstevnice – metrika DH

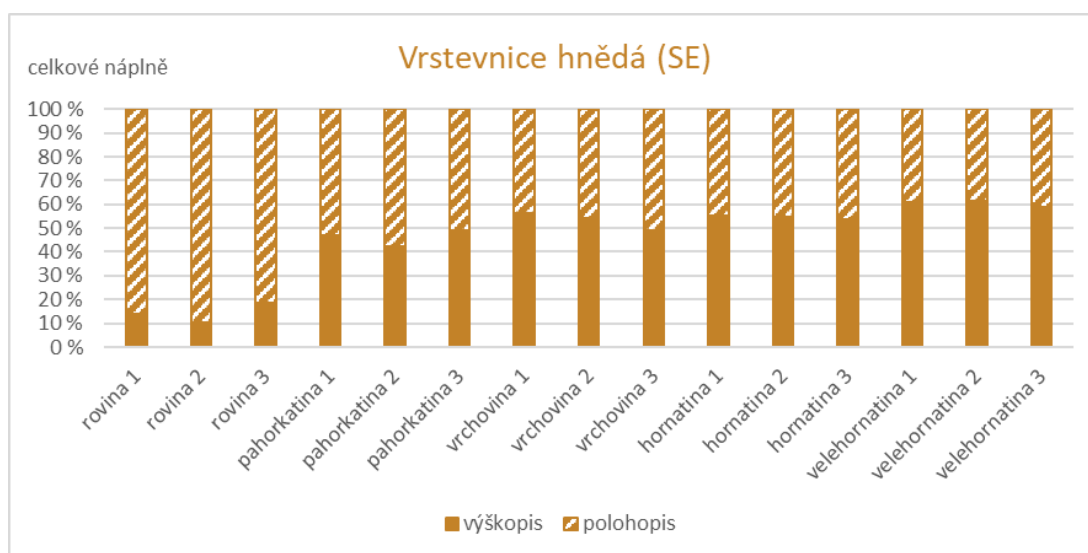


Diagram 25: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u hnědé vrstevnice – metrika SE

Na závěr byly porovnány výsledky pro metodu znázornění výškopisu *vrstevnice šedá + barevná hypsometrie + stínování*. i zde dochází k růstu společně s rostoucí výškovou členitostí, ovšem ne tak prudce jako u předchozí metody. Při použití metriky DH

se podíl výškopisu u rovin pohybuje mezi 40 a 45 % (viz diagram 26). S rostoucí výškovou členitostí pak podíl narůstá jen o pár procent. Podíl výškopisu u velehornatin tak dosahuje 60 %. U metriky SE se pak u jednotlivých kategorií výškové členitosti jedná o velmi podobné hodnoty, od pahorkatin k velehornatinám podíl naroste od 50 do 60 % (viz diagram 27). Pouze u rovin jsou hodnoty mnohem nižší, kolem 20 %, s výjimkou druhé lokality. Jedná se tak o podobný vývoj jako u všech metrik zahrnujících metodu stínovaného reliéfu.

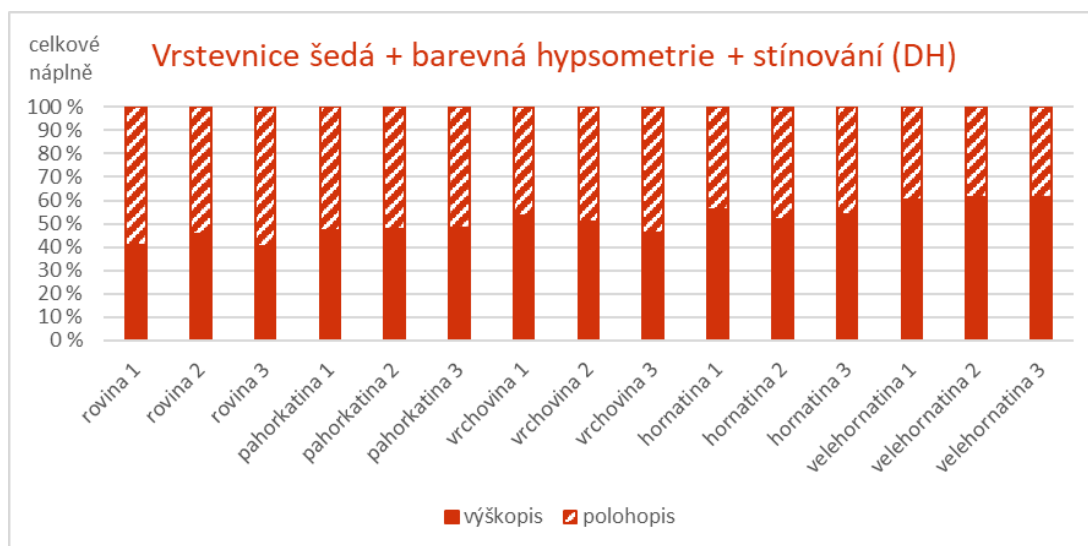


Diagram 26: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u šedé vrstevnice, barevné hypsometrie a stínování – metrika DH

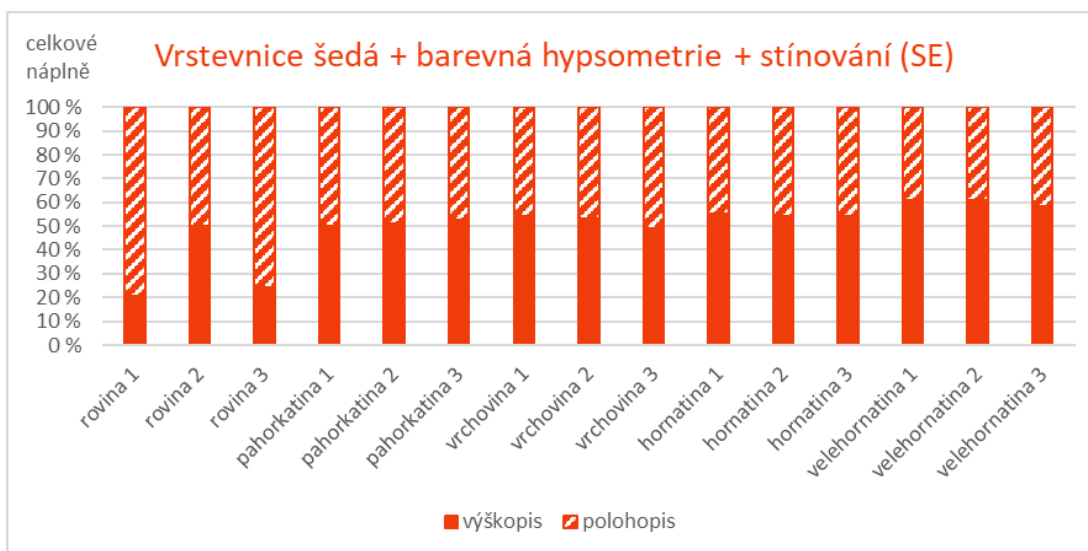


Diagram 27: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u šedé vrstevnice, barevné hypsometrie a stínování – metrika SE

6.3 Vliv členitosti terénu na náplň mapy

Nakonec byl porovnán vliv členitosti terénu na náplň mapy. Pro tento účel byl z celkové náplně mapy (kombinace výškopisu, polohopisu i popisu) vypočten výškopis a polohopis. K tomu byla použita rovnice, kde podíl celkové náplně a součtu výškopisu a polohopisu je vynásoben výškopisem v případě výpočtu výškopisu (3). Při výpočtu polohopisu je podíl celkové náplně a součtu výškopisu a polohopisu vynásoben polohopisem (4).

$$V_2 = \frac{C}{V+P} \cdot V \quad (3)$$

$$P_2 = \frac{C}{V+P} \cdot P \quad (4)$$

Výsledné hodnoty byly následně zprůměrovány v rámci jednotlivých kategorií relativní výškové členitosti. Výsledky byly porovnány tak, aby z nich byla čitelná i celková náplň map. Zároveň byly navzájem porovnány hodnoty jednotlivých metrik.

Při použití barevné hypsometrie je zřejmé, že celková náplň se mezi výškovými členitostmi příliš nemění (viz diagram 28). Mění se ale podíl výškopisu na celkové náplni mapy. Při použití metriky SE roste podíl s výškovou členitostí mnohem více, než u metriky DH. Přesto je i u velehornatin podíl výškopisu na celkové náplni u metriky SE menší než u metriky DH. U rovin je totiž podíl výškopisu na celkové náplni u metriky SE minimální, zatímco u metriky DH je mnohem vyšší a s rostoucí výškovou členitostí si drží velmi podobné hodnoty. Celková náplň u metriky DH je zároveň u všech výškových členitostí větší než u metriky SE.

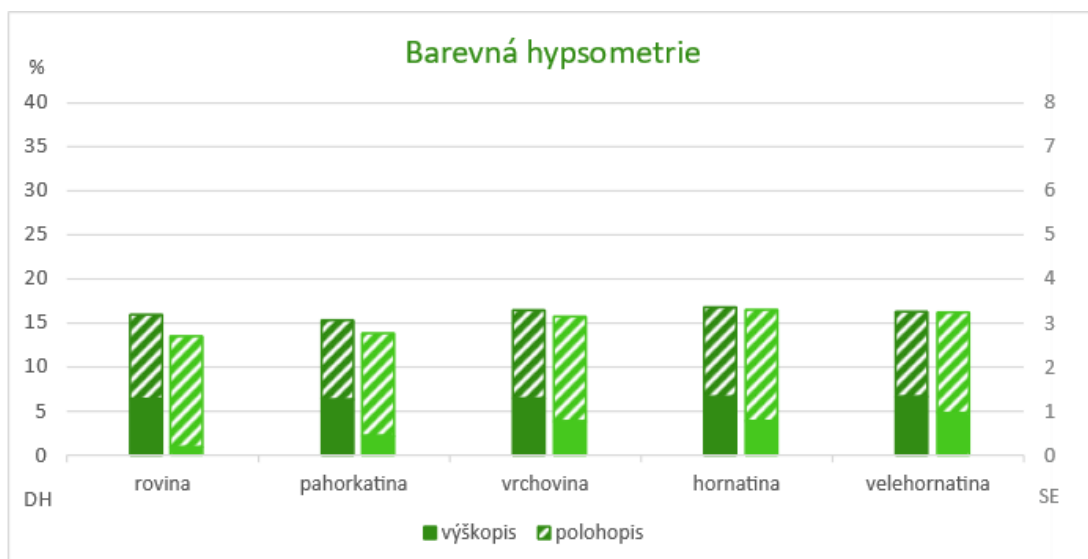


Diagram 28: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u barevné hypsometrie

Náplň u kombinace stínování a barevné hypsometrie se značně liší. Zatímco u rovin je náplň mapy u metriky SE nižší než u metriky DH, u všech ostatních kategorií relativní výškové členitosti metricku DH převyšuje nebo alespoň dorovná (v případě vrchovin). Celková náplň u metriky DH je totiž u všech výškových členitostí stejná nebo velmi podobná, zatímco u metriky SE roste jak celková náplň mapy, tak i podíl výškopisu na ní (viz diagram 29). Jelikož tentokrát nejsou mezi rovinami nijak velké

rozdíly, u ostatních členitostí metrika SE s rostoucí celkovou náplní metricku DH převyšuje.

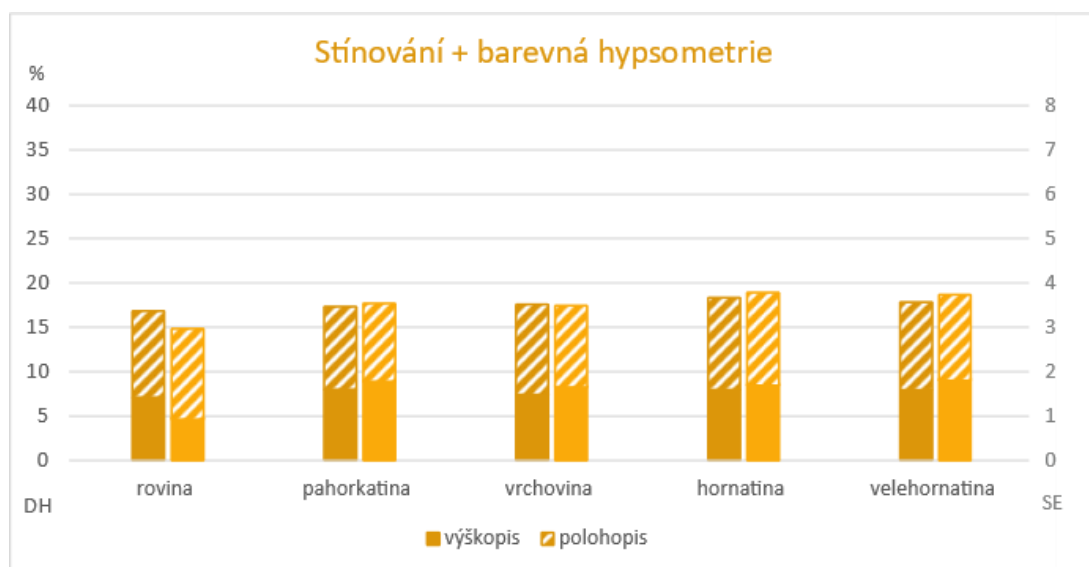


Diagram 29: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u stínování a barevné hypsometrie

Při pohledu na výsledky metody stínování je patrné, že u této metody nemá výšková členitost na celkovou náplň mapy nijak zásadní vliv (viz diagram 30). U všech kategorií relativních výškových členitostí se totiž hodnoty u obou metrik pohybují kolem stejného čísla. Celková náplň je tak při porovnání mezi metrikami navzájem velmi podobná, přestože u metriky SE je celková náplň o trochu nižší než u metriky DH. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy je u metriky DH stejná nebo velmi podobná u všech výškových členitostí. Jediný rozdíl je tak vidět v podílu výškopisu na celkové náplni mapy u metriky SE. U rovin je tento podíl mnohem nižší než u ostatních výškových členitostí. Nejvyšší je tento podíl naopak u pahorkatin, kde dokonce převyšuje podíl u metriky DH, přestože celkové náplně jsou zde téměř stejné. Dále podíl s rostoucí výškovou členitostí nepatrně klesá.

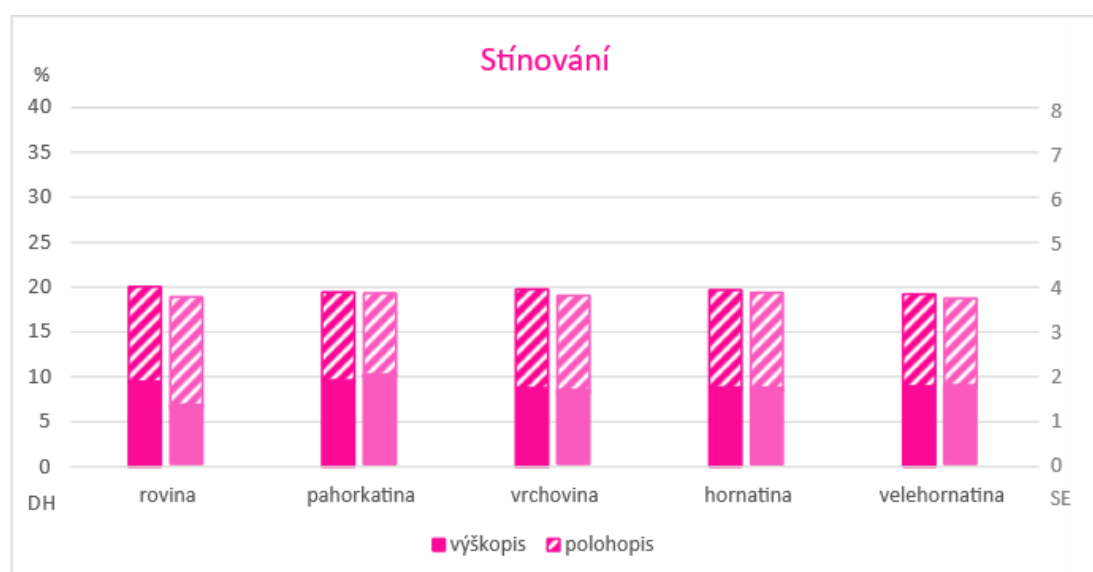


Diagram 30: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u stínování

Podobně jako u předešlé metody, i u metody stínování 2 je celková náplň u všech výškových členitostí velmi podobná, jen s malými rozdíly (viz diagram 31). Na rozdíl od všech předešlých i následujících metod je zde však vyšší celková náplň u metriky SE oproti metrice DH. Nejvyšší celková náplň je pak zaznamenána u rovin, čímž se tato metoda opět liší od ostatních. Jedná se ale o velmi malé rozdíly, tudíž se nemusí jednat o pravidlo, zvláště když jsou hodnoty v rámci výškových členitostí zprůměrované.

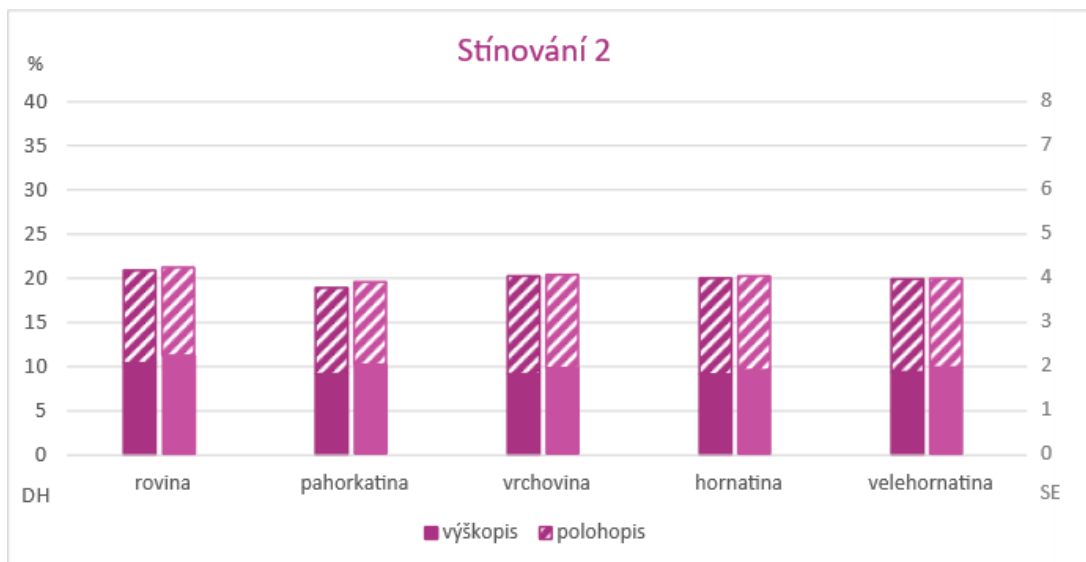


Diagram 31: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u stínování 2

Při použití metody šedé vrstevnice a stínování jsou již s rostoucí výškovou členitostí vidět mnohem vyšší rozdíly (viz diagram 32). U všech kategorií relativní výškové členitosti je celková náplň u metriky SE nižší než u metriky DH, s výjimkou pahorkatin, kde jsou celkové náplně téměř stejné. Jinak zde ale platí, že s rostoucí výškovou členitostí roste jak celková náplň map, tak i podíl výškopisu na celkové náplni map, a to u obou metrik. Zatímco u rovin je podíl výškopisu menší než polovina celkové náplně, u velehornatin je zřetelně vidět, že podíl výškopisu na celkové náplni překračuje hranici padesáti procent. Úplně stejně se pak vyvíjejí výsledky u metody stínování a hnědé vrstevnice (viz diagram 33).



Diagram 32: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u šedé vrstevnice a stínování



Diagram 33: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u hnědé vrstevnice a stínování

U metody hnědé vrstevnice jsou výsledky opět velmi podobné jako u předchozích dvou metod. Je tedy zřejmé, že hlavní vliv na celkovou náplň mapy i podíl výškopisu má použití vrstevnic, nehledě na jejich odstín a tloušťku. S rostoucí relativní výškovou členitostí tak poměrně strmě roste i množství celkové náplně mapy, stejně tak i podíl výškopisu na celkové náplni. U rovin je celková náplň u obou metrik téměř stejná, rozdíl je zde však v podílu výškopisu, kdy u metriky SE je podíl více než dvakrát menší jak u metriky DH (viz diagram 34). U následujících výškových členitostí nejsou u podílů rozdíly nijak vysoké, přihlédně-li se k celkové náplni. Velký rozdíl se pak objevuje u velehornatin, zde je ale rozdíl i u celkové náplně mapy. Je zde však opět vidět, že podíl výškopisu je zde mnohem vyšší, než u rovin. U metody kombinující šedou vrstevnici, barevnou hypsometrii a stínování jsou výsledky velmi podobné jako u hnědé vrstevnice, pouze u rovin není mezi podíly výškopisů jednotlivých metrik tak velký rozdíl (viz diagram 35).



Diagram 34: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u hnědé vrstevnice

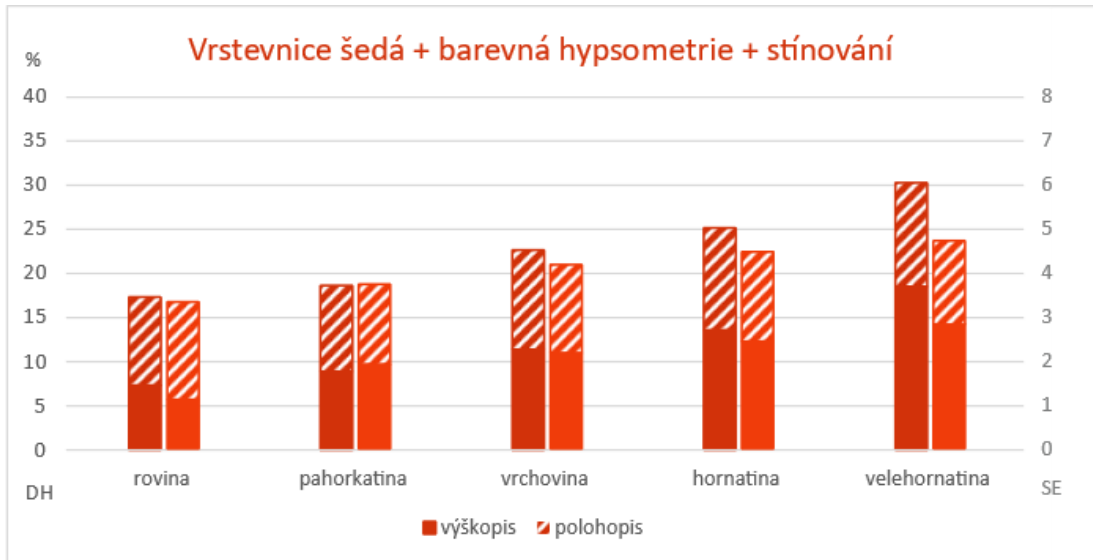


Diagram 35: Vliv členitosti terénu na náplň mapy u hnědé vrstevnice, barevné hypsometrie a stínování

7 DISKUZE

Při tvorbě této bakalářské práce byly objeveny skutečnosti, které autorku donutily předem zadané dílčí cíle pozměnit, případně najít jiné alternativy. Jedním z těchto bodů bylo zahrnutí obecně zeměpisných map a jejich výškopisů do rešerše a následně praktického zpracování práce. Tento typ map totiž běžně využívá metody barevné hypsometrie, na rozdíl od map topografických nebo tematických. Jedná se totiž většinou o mapy malých měřítek a barevná hypsometrie tak představuje nejpřehlednější způsob zobrazení výškopisu. Přestože mapové výřezy jsou většího měřítka, než je pro použití barevné hypsometrie obvyklé, byla tato metoda zobrazení výškopisu pro porovnání zahrnuta do vybraných metod, jelikož se jedná o často využívaný způsob zobrazování výškopisu, i když ne přímo u topografických map. Při vytváření výřezů byl u této metody objeven další problém, a sice že vrstvy lesů, luk a zahrad překrývaly samotný výškopis. Bylo proto nutné při použití barevné hypsometrie tyto vrstvy vypustit. U ostatních metod byly přitom tyto vrstvy normálně zobrazeny, jedná se totiž o běžnou součást polohopisu topografických map. Výsledné celkové náplně map se proto nedají přímo porovnat.

Dalším krokem bylo vytvoření druhého typu stínování navíc. Možnosti nastavení při vizualizaci stínovaného reliéfu totiž mohou být různé a mohou mít zásadní vliv na náplň mapy. Druhý typ stínování byl proto vytvořen pro porovnání s prvním a vizualizován odlišným způsobem než první typ stínování, použitý i v kombinaci s dalšími metodami. Díky tomu jsou výsledné hodnoty náplně mapy mezi jednotlivými typy stínování velmi rozdílné a je tak jasně vidět, že i v rámci jedné metody je náplň mapy může velmi lišit v závislosti na vizualizaci výškopisu (kontrast, jas, barevný odstín).

Jako zdroj dat byla použita datová sada *Data50*, jelikož se jedná o nejpodrobnější datovou sadu, kterou se podařilo sehnat a která by zároveň obsahovala všechny prvky běžně využívané v topografických mapách. Byly z nich pouze vyřazeny prvky terénních zlomů. Tyto prvky se totiž objevují pouze v hornatinách a velehornatinách. Při měření náplně by se tak jednalo o velký rozdíl v porovnání s ostatními výškovými členitostmi, jelikož by v podstatě obsahovaly prvek výškopisu navíc. Pro vizualizaci dat v prostoru 4×4 km by bylo vhodnější použít data většího měřítka s větší podobností (ideálně 1 : 20 000), žádná data této podrobnosti však nebyla nalezena. Pracovalo se proto s daty s podrobností 1 : 50 000, plocha byla pouze na větší měřítko přiblížena.

Dále bylo vyzkoušeno, zda se výsledné hodnoty náplně mapy mění s rozdílným rozlišením map. Pro zkoušku byly proto vytvořeny další mapové výřezy pro lokalitu Milotice (vrchovina). Pro tuto lokalitu byly vyexportovány mapové výřezy při použití výškopisu s hnědými vrstevnicemi, kombinací hnědých vrstevnic a stínování a kombinací šedých vrstevnic a stínování. Přitom byly všechny výřezy vytvořeny v rozlišení 150 DPI a 600 DPI bez komprese. Následně byla náplň u všech výřezů změřena pomocí obou metrik. Při měření náplně u metricky *vrstevnice hnědá* metrikou DH bylo zjištěno, že náplň se s rozdílným rozlišením změní poměrně výrazně. Zatímco u rozlišení 300 DPI byla naměřena hodnota 19,5 %, u 150 DPI vyšla hodnota 23,2 % a u 600 DPI 16,4 %. Metoda SE pak naměřila hodnoty 3,50 (300 DPI), 3,49 (150 DPI) a 3,28 (600 DPI). Při použití metody *vrstevnice šedá + stínování* byla u 300 DPI naměřena hodnota 19,3 %, u 150 DPI 21,3 % a u 600 DPI 15,9 %. Metoda SE naměřila hodnoty 3,75 (300 DPI), 3,47 (150 DPI) a 3,75 (600 DPI). Při použití metody *stínování + vrstevnice hnědá* byla u 300 DPI naměřena hodnota 20,1 %, u 150 DPI 25,6 % a u 600 DPI 16,5 %. Metoda SE pak naměřila hodnoty 3,61 (300 DPI), 3,57 (150 DPI) a 3,57 (600

DPI). Z tohoto srovnání vyplývá, že při měření mapy záleží na zvoleném rozlišení. Při jeho změně se mění i náplň mapy, při použití metriky DH o něco výrazněji než u metriky SE. Je proto důležité hodnotit mapy přesně v rozlišení, ve kterém budou zobrazovány a tištěny.

Metriky pro měření náplně mapy byly vybírány na základě rešerše, předem se počítalo s třemi různými měřicími metrikami. První metrika, metrika založená na detekci hran, byla použita z toho důvodu, že byla vytvořena a testována přímo pro měření grafické náplně v mapách. Jako další dvě metriky byly vybrány *Subband Entropy* a *Feature Congestion*. Tyto metriky vyvinuli Rosenholtz a kol. (2007) jako skripty pro program *MATLAB*, a vybrány byly ze stejného důvodu jako první metrika, navíc se od první metriky liší způsobem měření. Zatímco s licenci pro rastrový grafický editor *GIMP*, potřebný pro spuštění první metriky, nebyl problém (jedná se o software free and open source), pro *MATLAB* bylo potřeba využít katederní licenci. Ta však fungovala pouze pro metriku *Subband Entropy*. Ke spuštění metriky *Feature Congestion* bylo potřeba nainstalovat knihovny, ke kterým autor práce licenci neměl. Tato metrika byla proto z práce vypuštěna a pracovalo se pouze s dvěma metrikami.

Již výše bylo zmíněno, že v i v rámci jednotlivých metod zobrazení výškopisu se může náplň mapy lišit, v závislosti na vizualizaci metody a vybrané symbologii. Názorným příkladem v této práci je právě porovnání výsledných hodnot u metod *stínování* a *stínování 2*. Záviset však může i na tloušťce či odstínu vrstevnice. V této práci jsou sice použity typy vrstevnic, které se liší jak tloušťkou linie, tak barevným odstínem, rozdíl však nejsou tak výrazné, aby se promítly na výsledné celkové náplni mapy. Pokud by například byla použita černá vrstevnice, hodnoty by se mohly lišit více, jelikož by se jednalo o výrazně vyšší kontrast. Tento typ vrstevnic však v práci použit nebyl, jelikož se v mapách běžně nevyskytuje. Stejně tak by mohl mít na grafickou náplň mapy vliv odstín barevné hypsometrie, například při porovnání tmavě zeleného odstínu pro roviny/nížiny se žlutým odstínem pro vrchoviny. Žádná z vybraných měřících metrik však barevný odstín nezohledňuje.

Hlavní cíl této práce byl však splněn – porovnat vliv metody znázornění výškopisu na celkovou grafickou náplň map, a to v rámci různých relativních výškových členitostí. Pro testování byly vybrány určité znakové klíče využívané v současných mapách. Jelikož však způsob vizualizace jednotlivých metod není nijak sjednocený, prakticky v každé již existující mapě může výškopis vypadat jinak a představovat jinou náplň mapy, přestože bude využita stejná metoda zobrazení výškopisu. Otestování všech různých typů zobrazení výškopisu v současných mapách v rámci jedné práce je proto téměř nemožné, určitě se ale vyplatí věnovat se tomuto tématu nadále.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo shromáždit a vyhodnotit poznatky z testování vlivu znázornění výškopisu na náplň topografických, případně vybraných tematických map s výrazným topografickým podkladem (turistické mapy, automapy atd.). V rámci dosažení tohoto hlavního cíle byly provedeny všechny dílčí cíle vedoucí ke konečnému výsledku. Celý postup této práce je podrobně zaznamenán v příslušných kapitolách textu.

Pro bližší seznámení se s tématem topografických map, výškopisu a náplně map byla provedena rešerše, která se zaměřovala především na metody znázornění výškopisu využívané v současných topografických, případně tematických nebo obecně zeměpisných mapách. Díky těmto poznatkům bylo možné sestavit vlastní znakový klíč tak, aby co nejvíce připomínal skutečně používané znakové klíče v současných mapách, tištěných i digitálních. Znakový klíč byl sestaven pro polohopis, popis a výškopis. Pro výškopis bylo přitom vytvořeno celkem osm znakových klíčů lišících se metodou znázornění výškopisu.

Pro použití vzniklých znakových klíčů bylo nutné vybrat testovací lokality odpovídající určitým požadavkům. Lokality se liší relativní výškovou členitostí terénu, pro kterou bylo vytvořeno pět kategorií (rovina, pahorkatina, vrchoviny, hornatina, velehornatina). Pro každou kategorii pak byly vybrány tři lokality rozmístěné po celém území ČR. Díky tomu byly lokality dostatečně odlišné i v rámci stejných kategorií relativní výškové členitosti. Následně byly z těchto lokalit za použití vlastního znakového klíče vytvořeny testovací mapové výřezy, které posloužily pro měření náplně a porovnávání vlivu metod znázornění výškopisu a i výškové členitosti.

Pro měření náplně mapy byly použity vhodné testovací metriky, metrika založená na detekci hran a metrika *Subband Entropy*. Každá z těchto metrik však měřila hodnoty na jiné číselné škále, porovnávání výsledných náplní proto není zcela přesné. Výsledné hodnoty byly zaznamenány do tabulky a následně navzájem porovnány podle relativní výškové členitosti, jednotlivých lokalit, metody znázornění výškopisu či použité metriky.

Při vyhodnocování výsledků byla objevena celá řada poznatků. Při použití vrstevnic jakéhokoli odstínu a tloušťky roste celková náplň mapy, náplň výškopisu i podíl výškopisu na náplni mapy společně s rostoucí výškovou členitostí. Naopak samotná barevná hypsometrie nemá na náplň mapy při použití vybraných metrik téměř žádný vliv. Náplň mapy se pohybuje u všech výškových členitostí kolem stejných hodnot. Důvodem je nejspíš to, že žádná z vybraných metrik se nezaměřuje na barevný odstín, což je hlavní prvek, kterým barevná hypsometrie rozlišuje nadmořskou výšku. Při použití stínování bez vrstevnic pak na relativní výškové členitosti příliš nezáleží. U některých metod se zdá, že s rostoucí relativní výškovou členitostí celková náplň mapy klesá, u některých se náplň pohybuje kolem podobných hodnot. Rozdílné náplně jsou tak nejspíš důsledkem charakteristiky terénu jednotlivých lokalit. Zde se proto vyplácí výběr lokalit z různých míst po celé zemi, terén lokalit se může totiž velmi lišit, i když spadají do jedné kategorie výškové členitosti.

Pro přehlednou vizualizaci výsledků byly vytvořeny sloupcové diagramy s jednotným grafickým vzhledem, které umožní každému snadno se ve výsledcích měření vyznat. Tyto výsledky pak mohou posloužit tvůrcům map, kteří se mohou inspirovat k použití vhodné metody zobrazení výškopisu pro určitý terén, třeba i na základě relativní výškové členitosti, a to tak, aby zaplnění mapy odpovídalo optimálnímu množství.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ČADA, Jan. *Vývoj zobrazování výškopisu v mapách*. České Budějovice, 2014, 60 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Ing. Magdalena Maršíková.

BARVÍŘ, Radek. *GIMP – GNU Image Manipulation Program*. Olomouc, 2020. 13 s. Univerzita Palackého, Katedra geoinformatiky.

BARVÍŘ, Radek, VOŽENÍLEK, Vít, VONDRÁKOVÁ, Alena (2019). *Náplň mapy – přístupy k vymezení a měření*. Kartografické listy, 27 (2), 39-50

DRÁPELA, M. V. (1983). *Vybrané kapitoly z kartografie*. První vydání. Praha (Univerzita J. E. Purkyně v Brně), 128, s. 18-29.

DEMEK, J., EMBLETON, C., GELLERT, J. F., VERSTAPEN, H. (1972). *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Praha, Academia, 344 s.

FAIRBAIRN, D. (2006). *Measuring Map Complexity*. In *The Cartographic Journal*, Volume 43, Issue 3, p. 224-238.

FIALOVÁ, Martina. *Vývoj metod zobrazování terénního reliéfu*. České Budějovice, 2012, 57 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Ing. Magdalena Maršíková.

KOPŘIVA, Tomáš. *Metody zobrazování výškopisu v mapách*. České Budějovice, 2015, 53 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Ing. Magdalena Maršíková.

MIKLÍN, Jan, DUŠEK, Radek, KRTIČKA, Luděk, KALÁB, Oto. *Tvorba map*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2018, 302 s. ISBN 978-80-7599-017-4. Dostupný na: <https://tvorbamap.osu.cz/download/123/>

MONHART, Václav. *Metody znázorňování výškopisu na mapách*. Plzeň, 2006, 60 s. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky. Vedoucí práce Ing. Karel Jedlička.

PRAVDA, J., KUSENDOVÁ, D. (2007). *Aplikovaná kartografie*. Bratislava (Geo-grafika), 244, s. 99.

ROHELOVÁ, Kamila. *Šrafy v digitální kartografii*. Praha, 2014, 66 s. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Vedoucí práce RNDr. Jakub Lysák.

SCHNUR, S., BEKTAS, K. and CÖLTEKIN, A.: *Measured and perceived visual complexity: a comparative study among three online map providers*. In *Cartography and Geographic Information Science*, Volume 45, Issue 3, 2017, p. 238-254.

ROSENHOLTZ, R., LI, Y. and NAKANO, L.: *Measuring visual clutter*. In *Journal of Vision*, Volume 7, 2007, p. 1-22.

ŠÁKROVÁ, Michaela. *Analýza náplně a obsahu učivových map českých učebnic zeměpisu ve vztahu ke školním atlasům*. Praha, 2010, 38 s. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Vedoucí práce RNDr. Tomáš Hudeček, Ph.D.

VEVERKA, Bohuslav, ZIMOVÁ, Růžena. *Topografická a tematická kartografie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008, 197 s.

VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J., NĚMCOVÁ, Z., et al. (2011). *Metody tematické kartografie, Vizualizace prostorových jevů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 216 s. ISBN: 9788024427904.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

- Příloha 1 Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy u jednotlivých lokalit
- Příloha 2 Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy u rozdílných výškových členitostí v průměru
- Příloha 3 Podíl výškopisu na celkové náplni mapy
- Příloha 4 Vliv členitosti terénu na náplň mapy

Volné přílohy

- Příloha 5 Poster
- Příloha 6 SD disk

Popis struktury SD disku

Adresáře:

Text_Prace

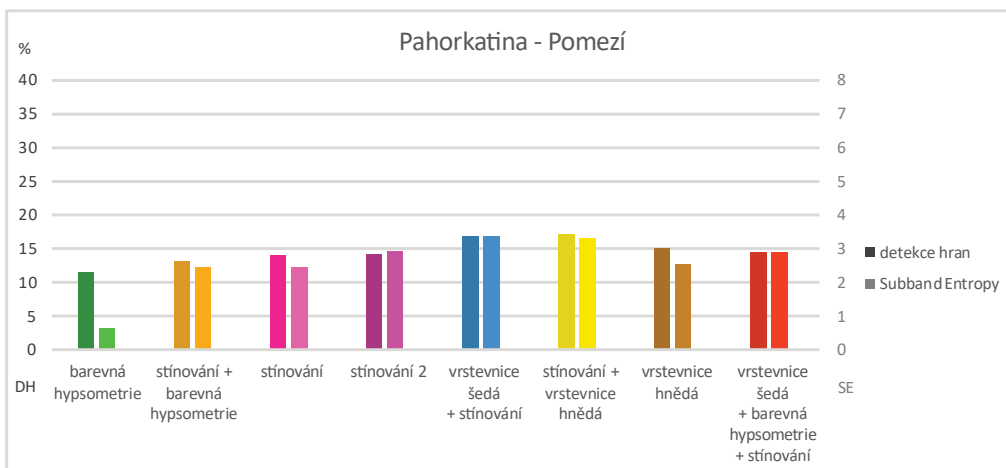
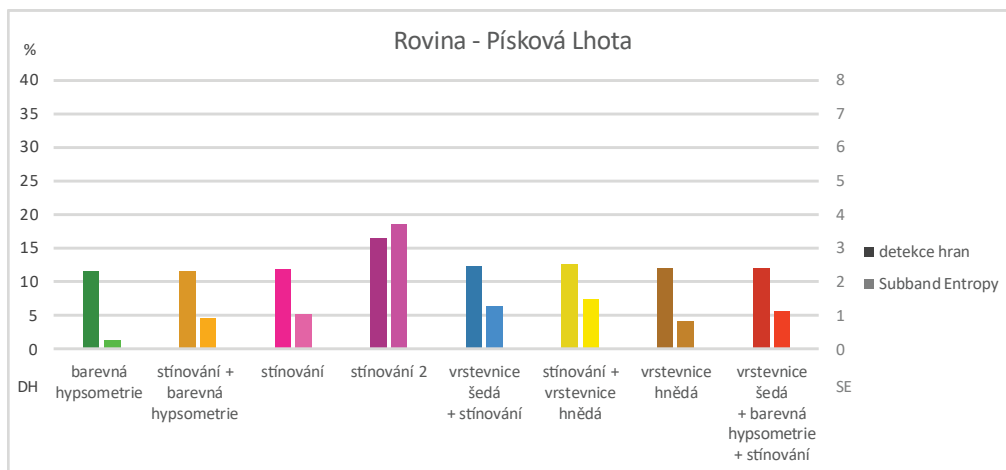
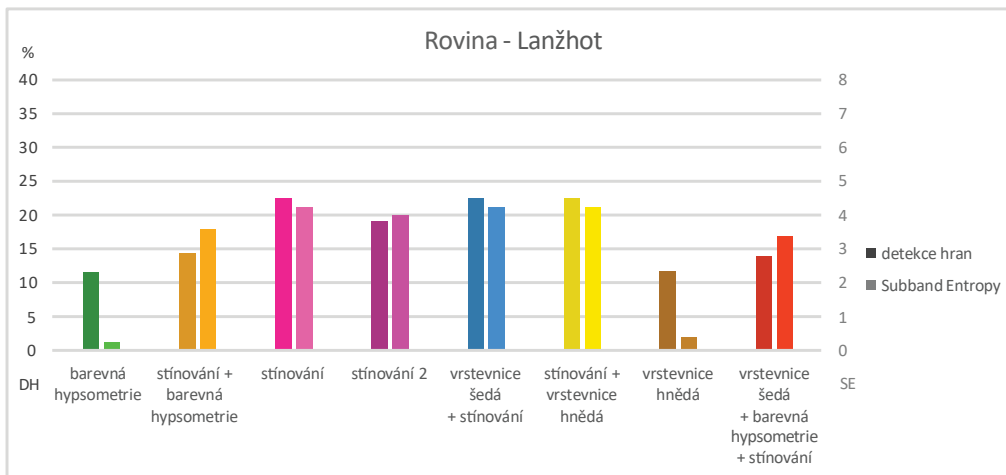
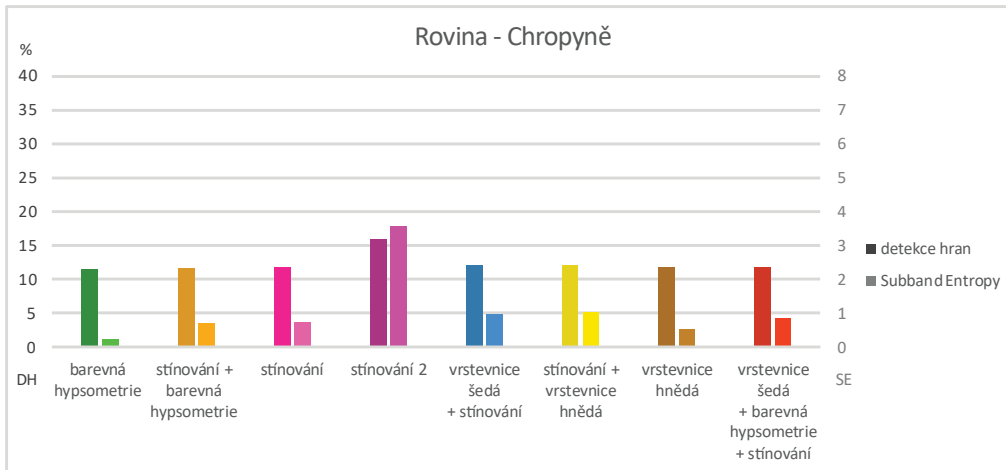
Vstupni_Data

Vystupni_Data

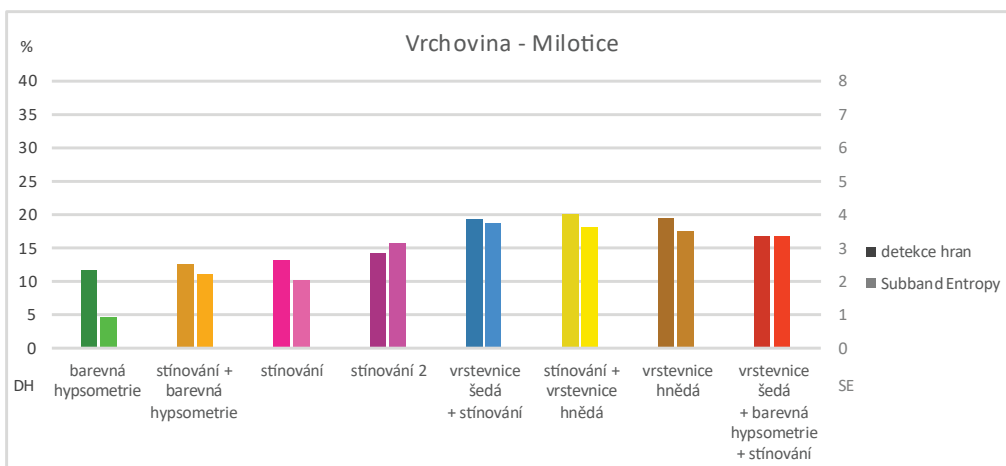
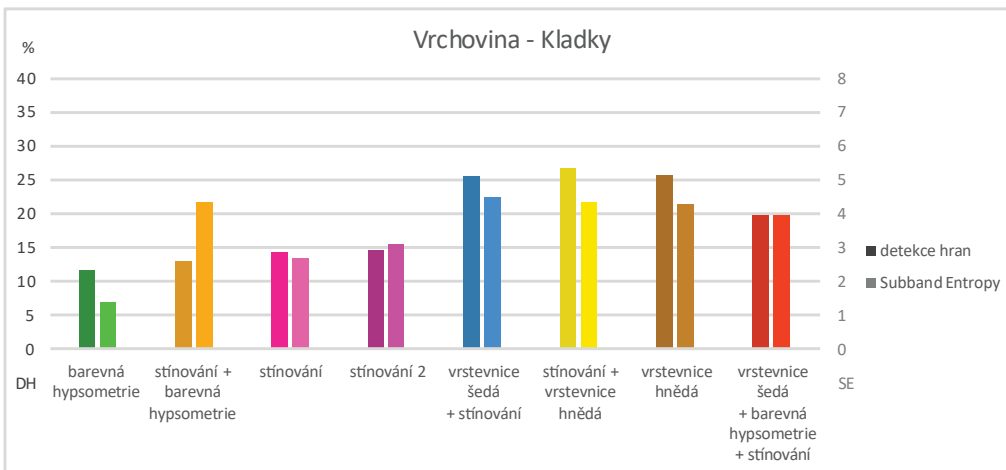
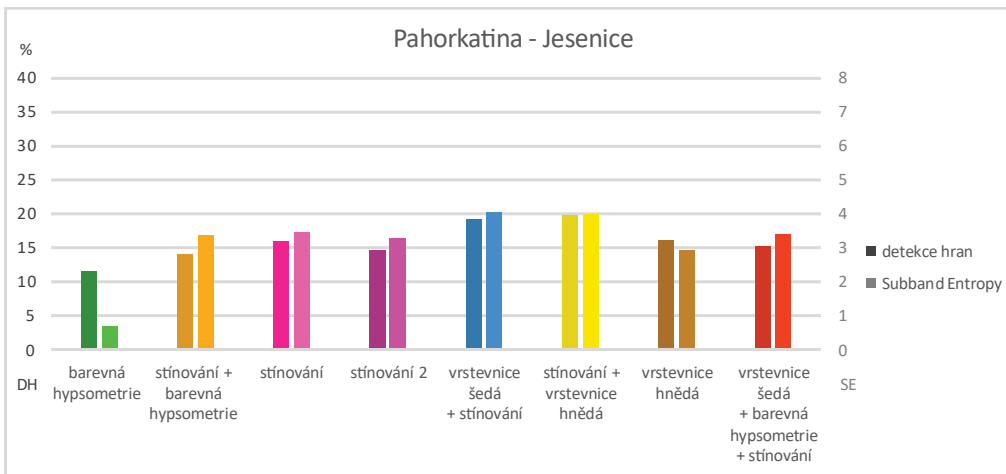
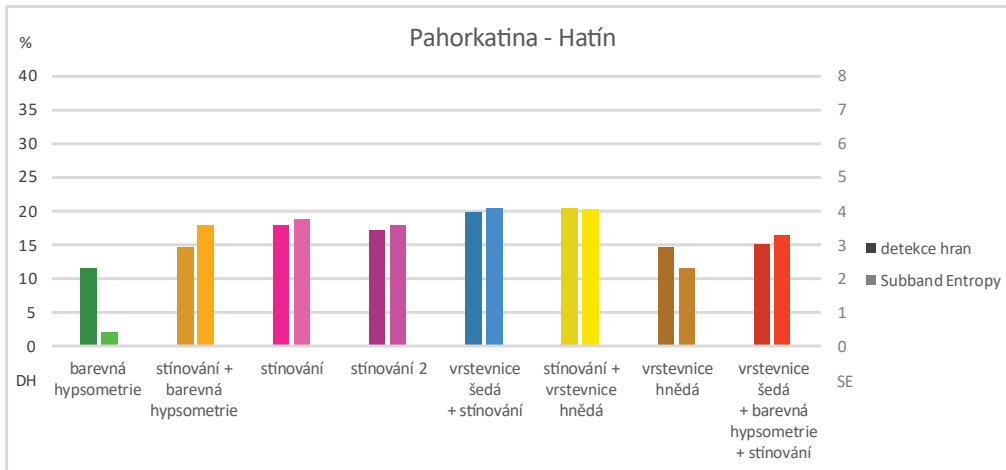
Prilohy

WEB

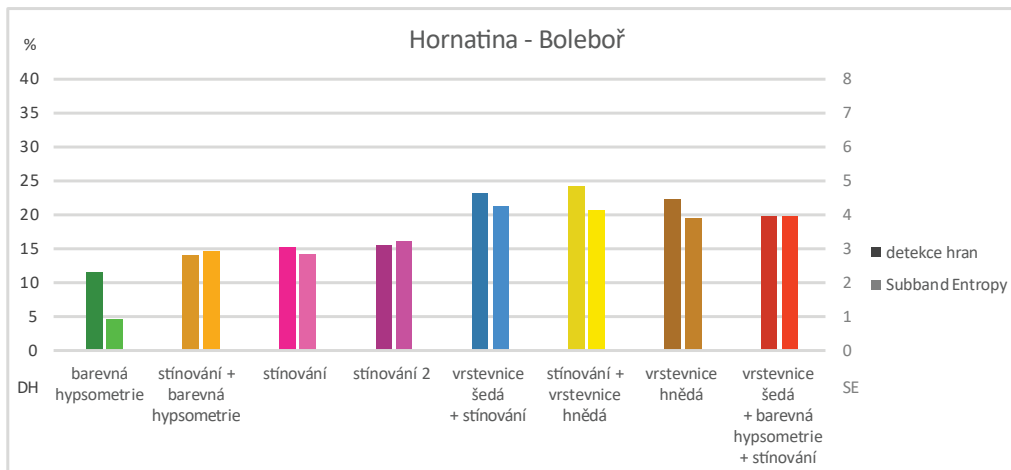
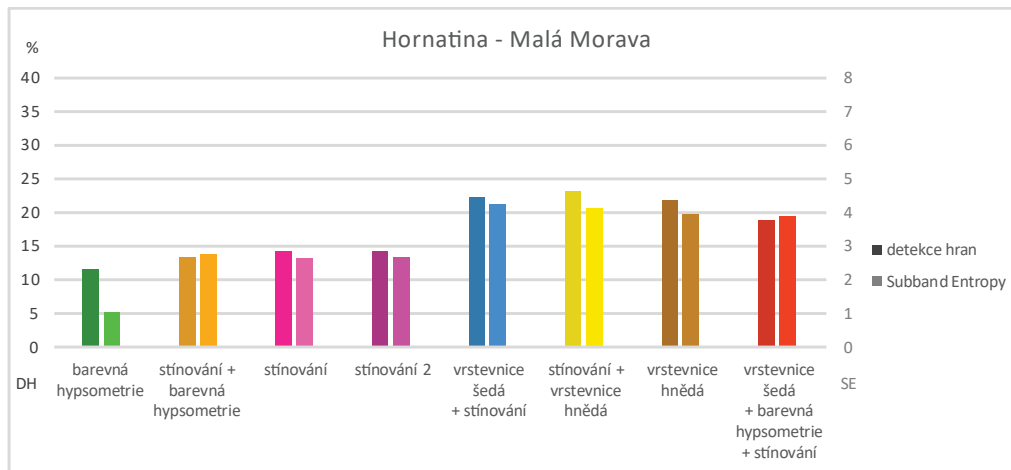
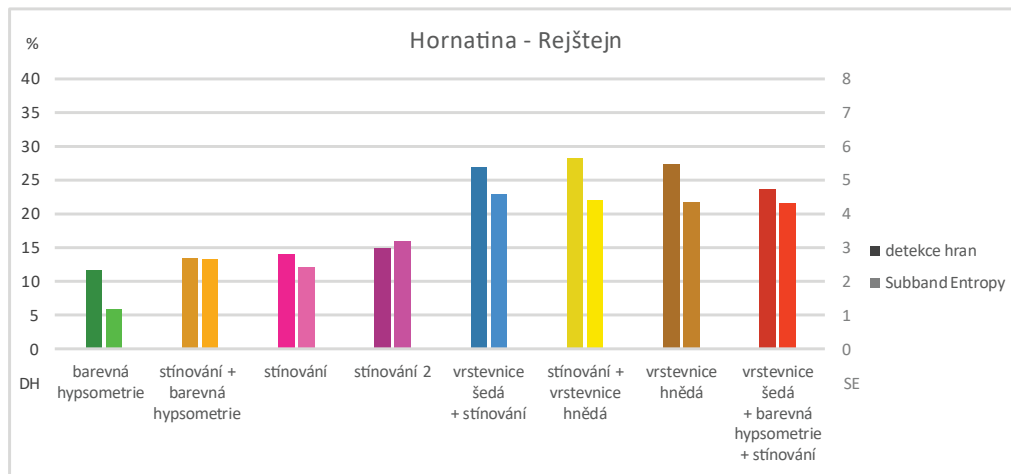
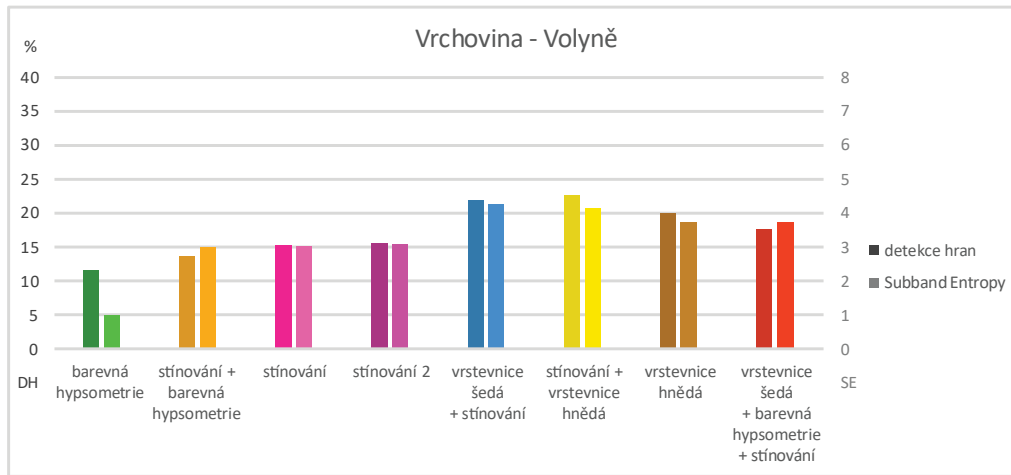
Příloha 1: Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy u jednotlivých lokalit



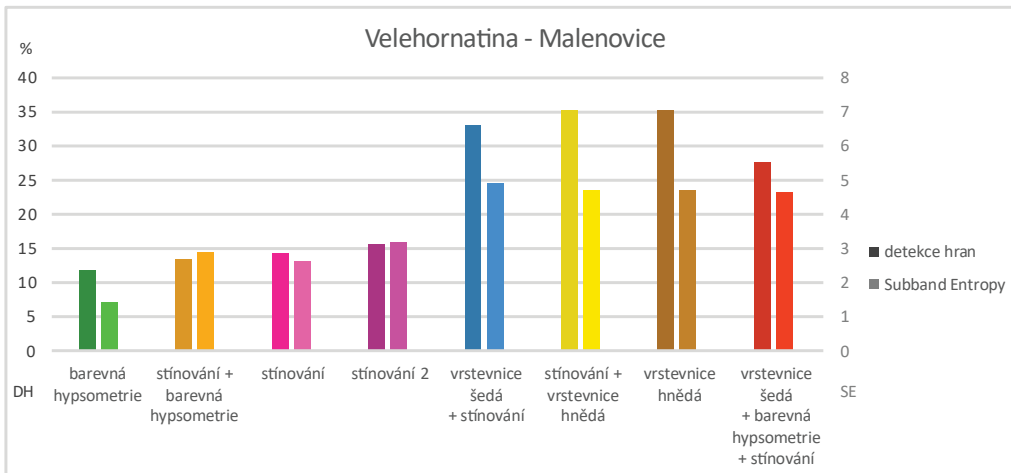
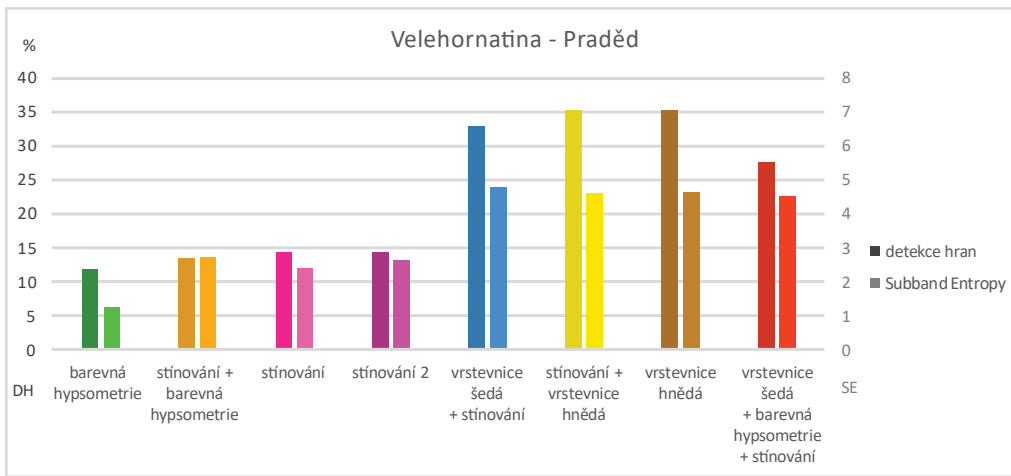
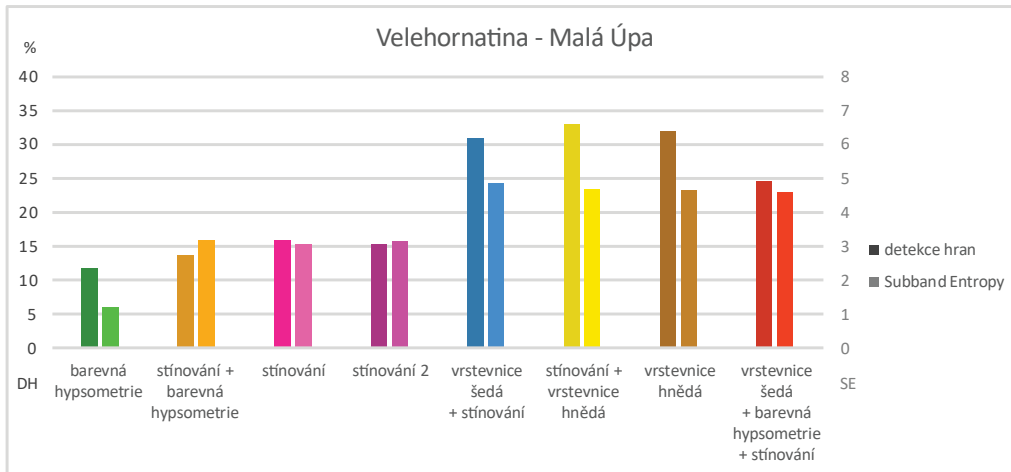
Příloha 1: Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy u jednotlivých lokalit



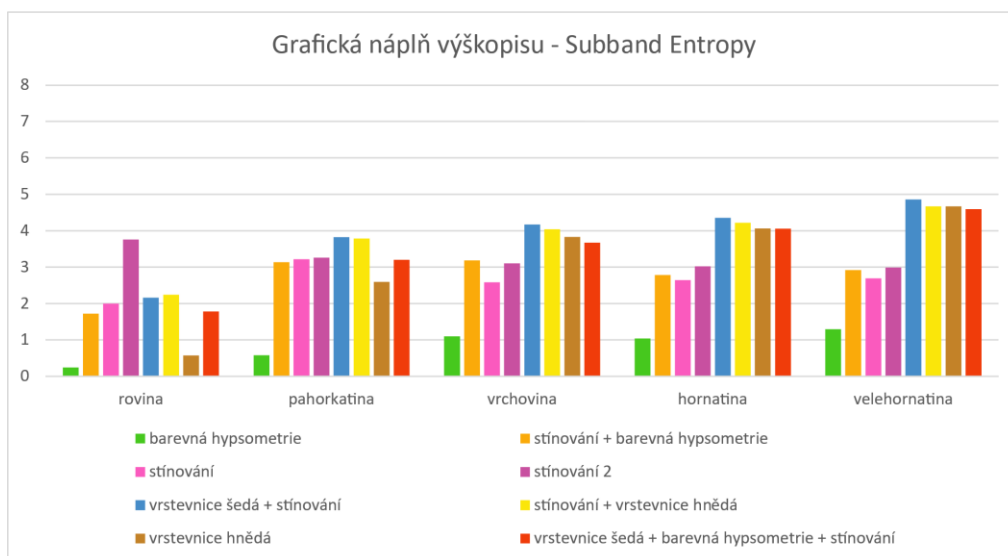
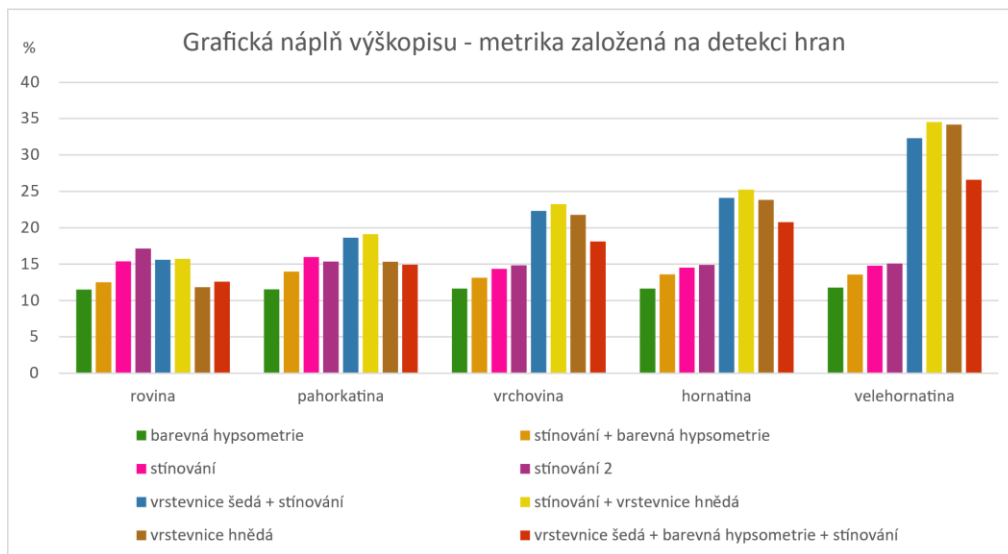
Příloha 1: Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy u jednotlivých lokalit



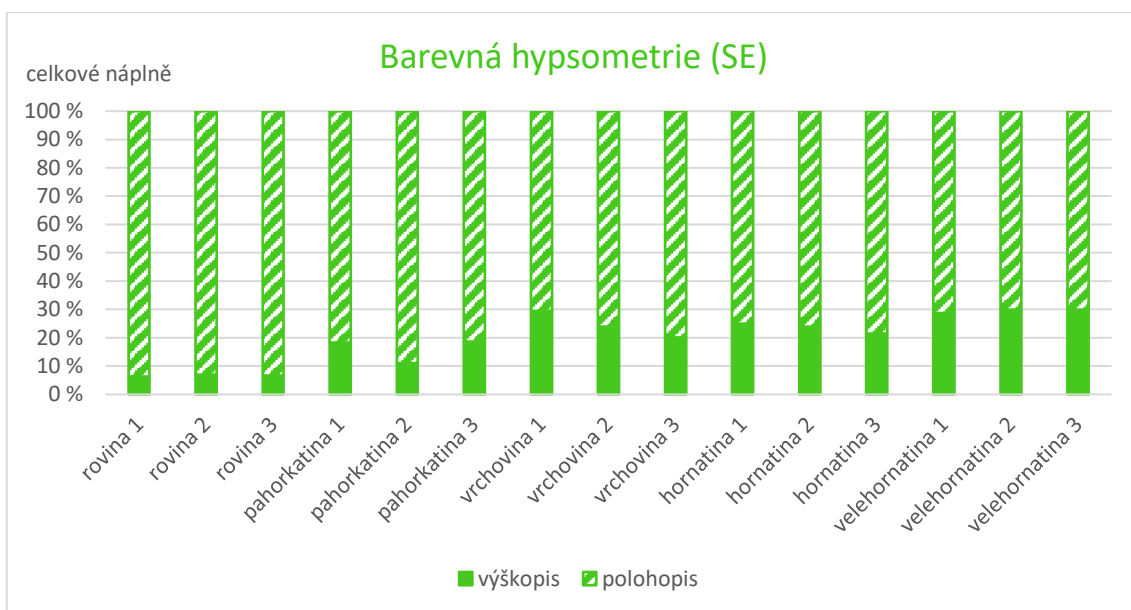
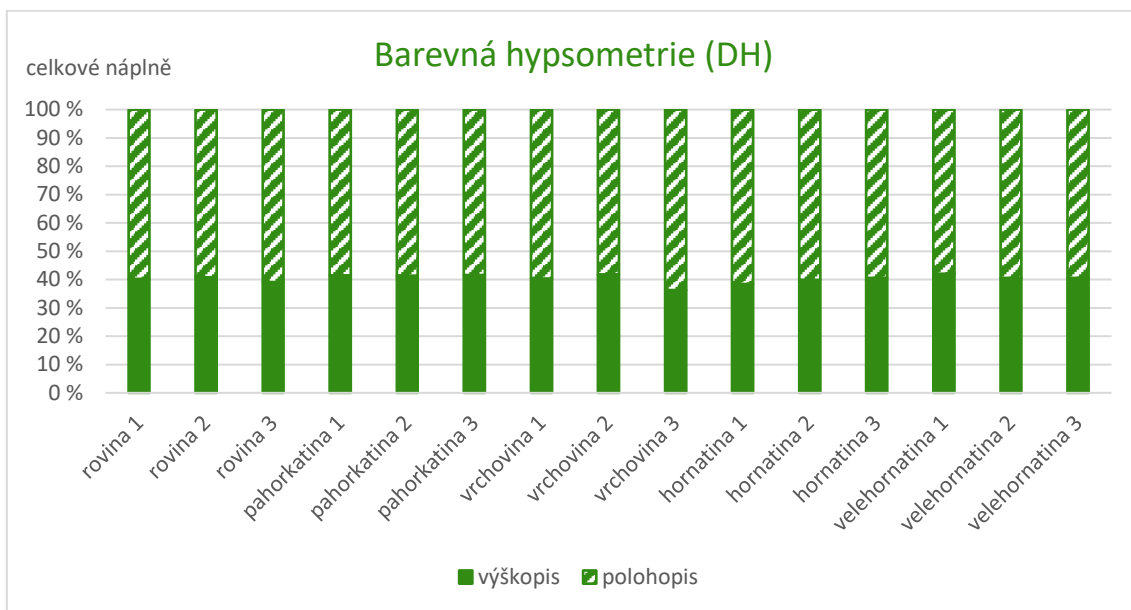
Příloha 1: Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy u jednotlivých lokalit



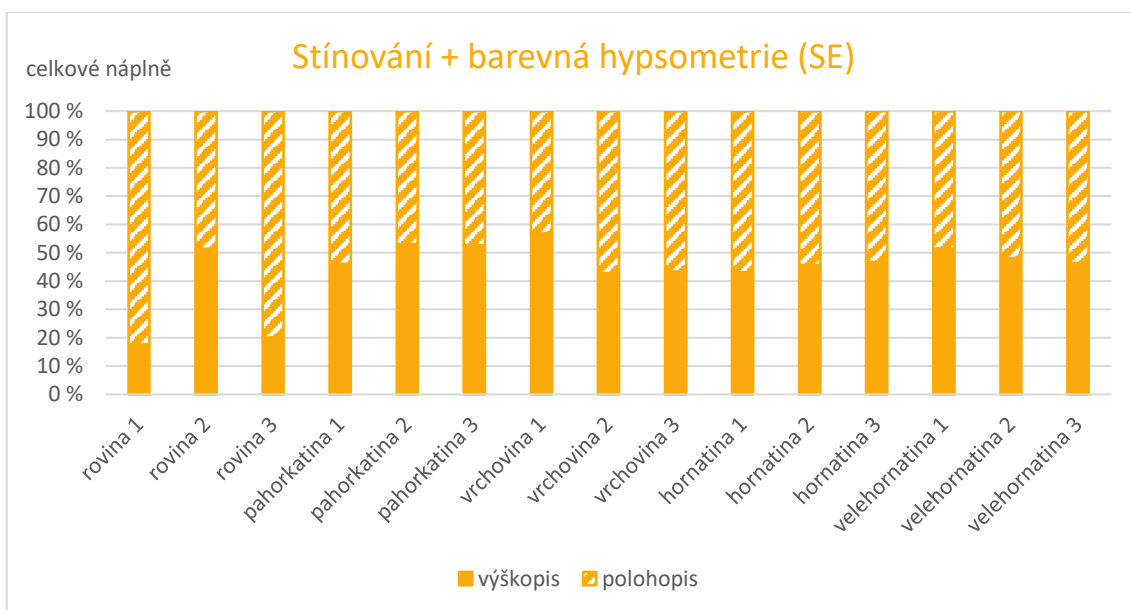
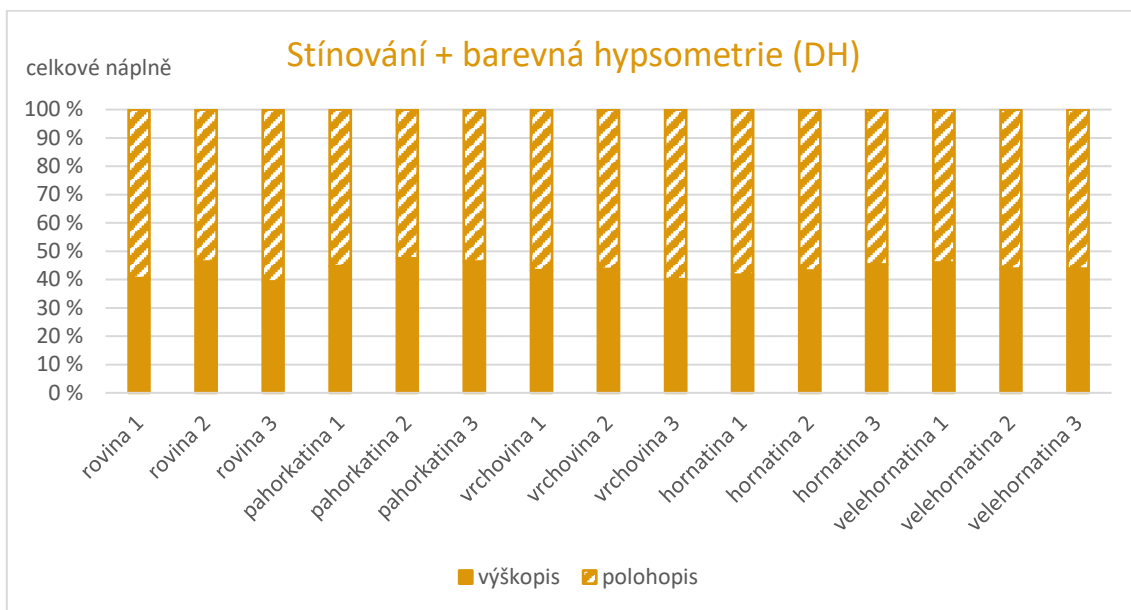
Příloha 2: Vliv metod znázornění výškopisu na náplň mapy u rozdílných výškových členitostí v průměru



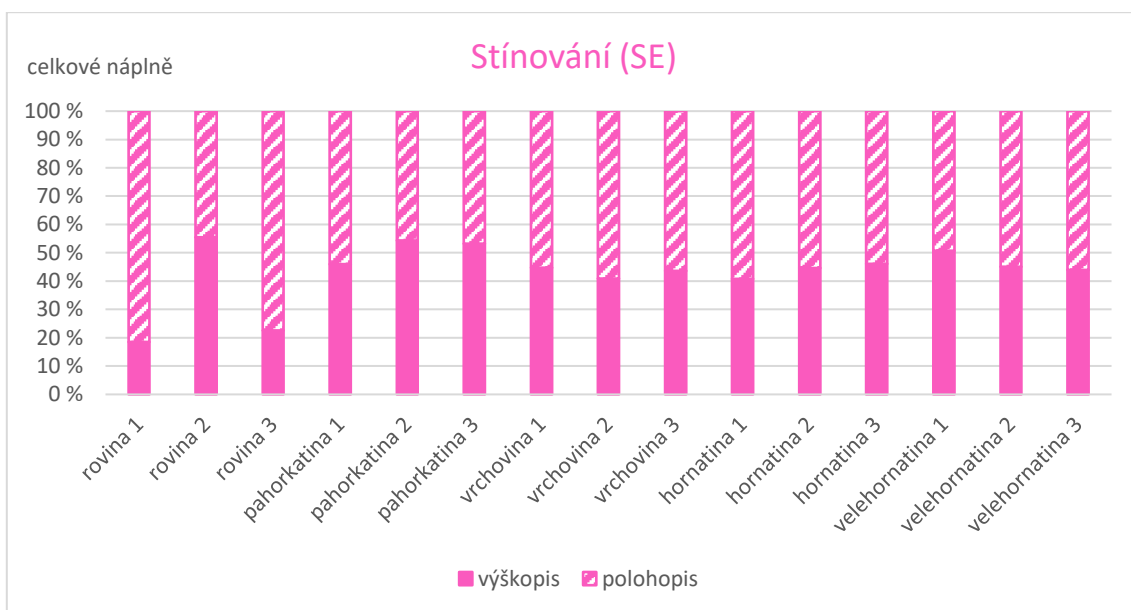
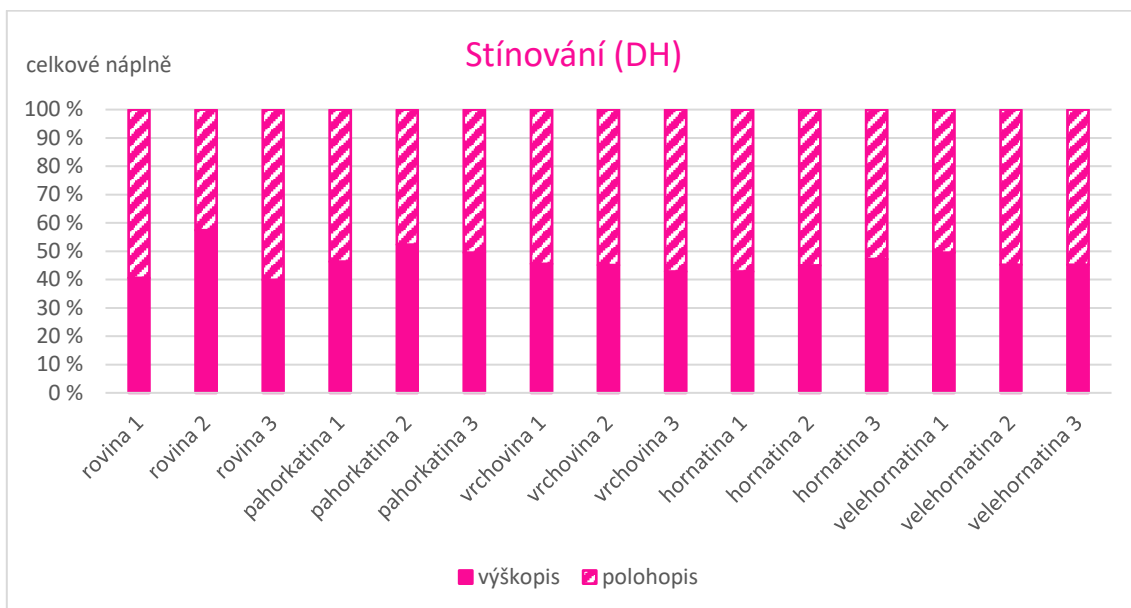
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



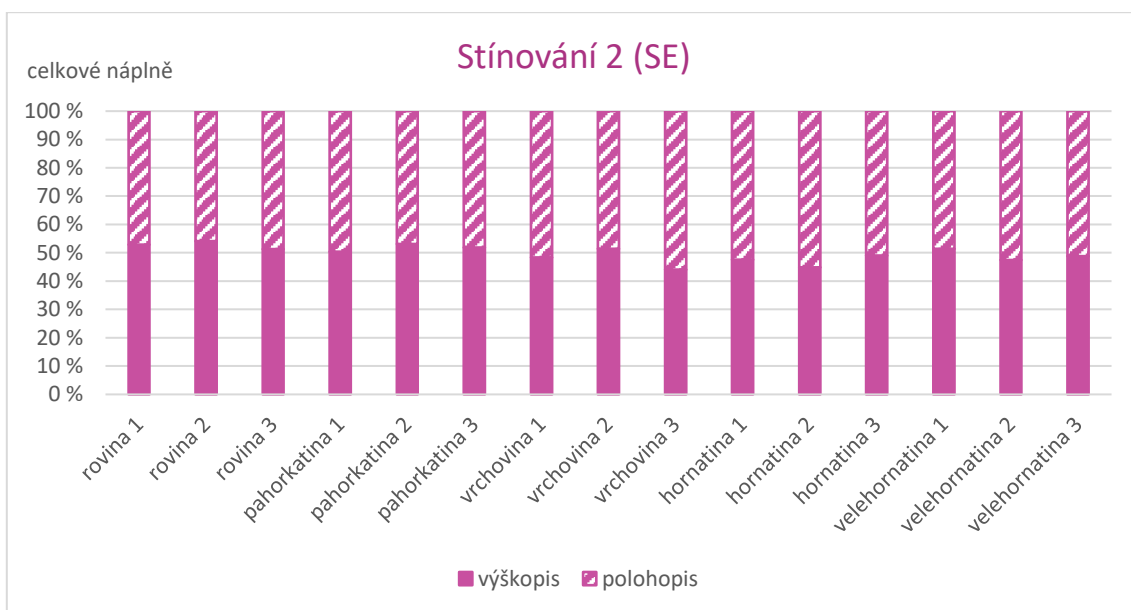
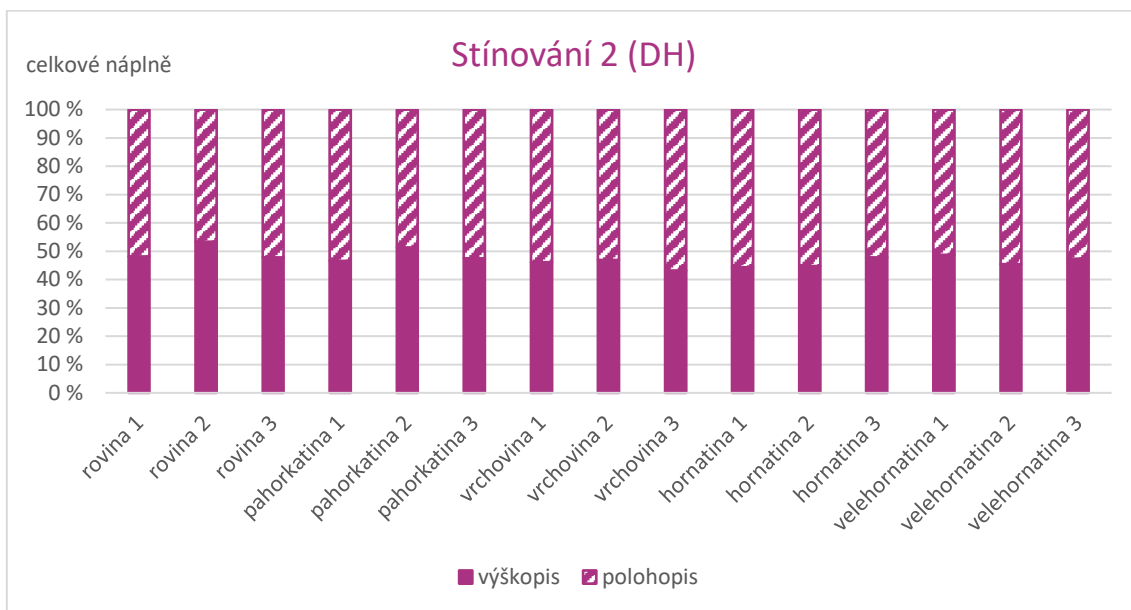
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



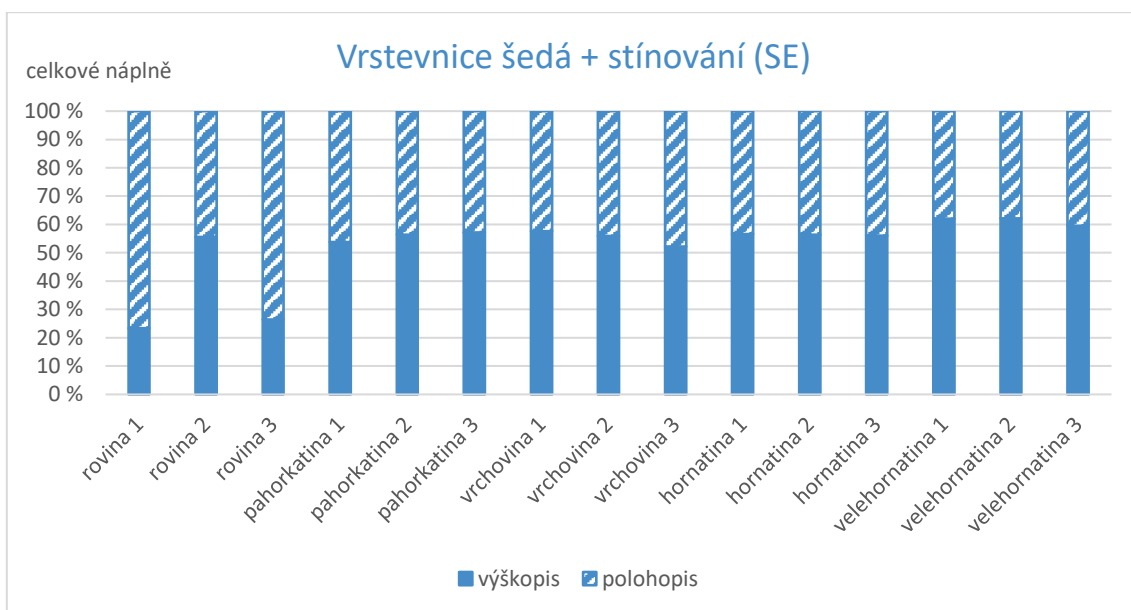
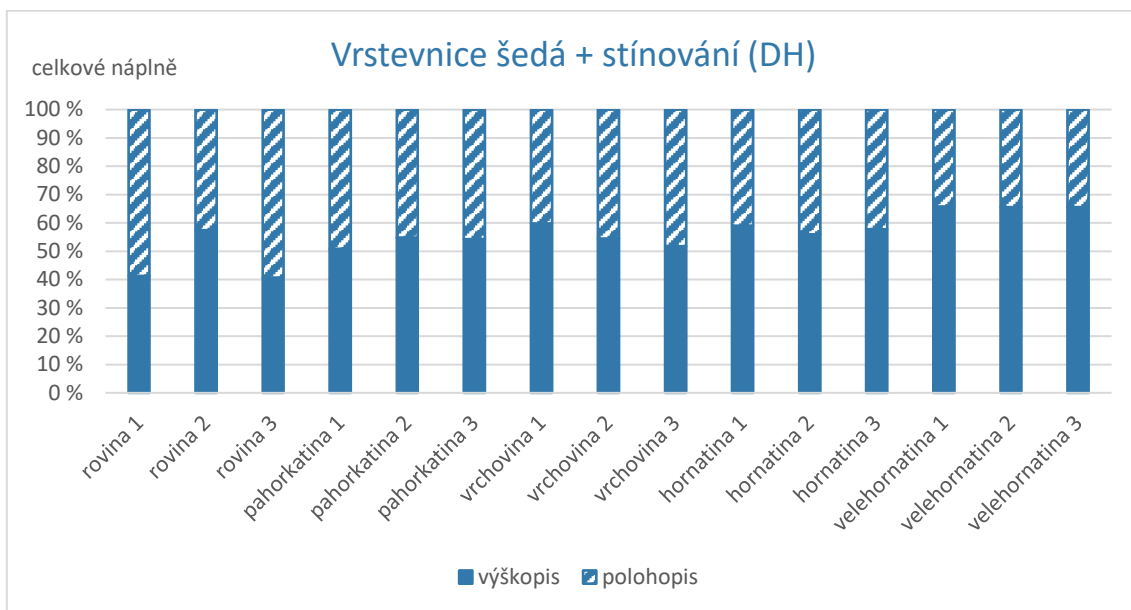
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



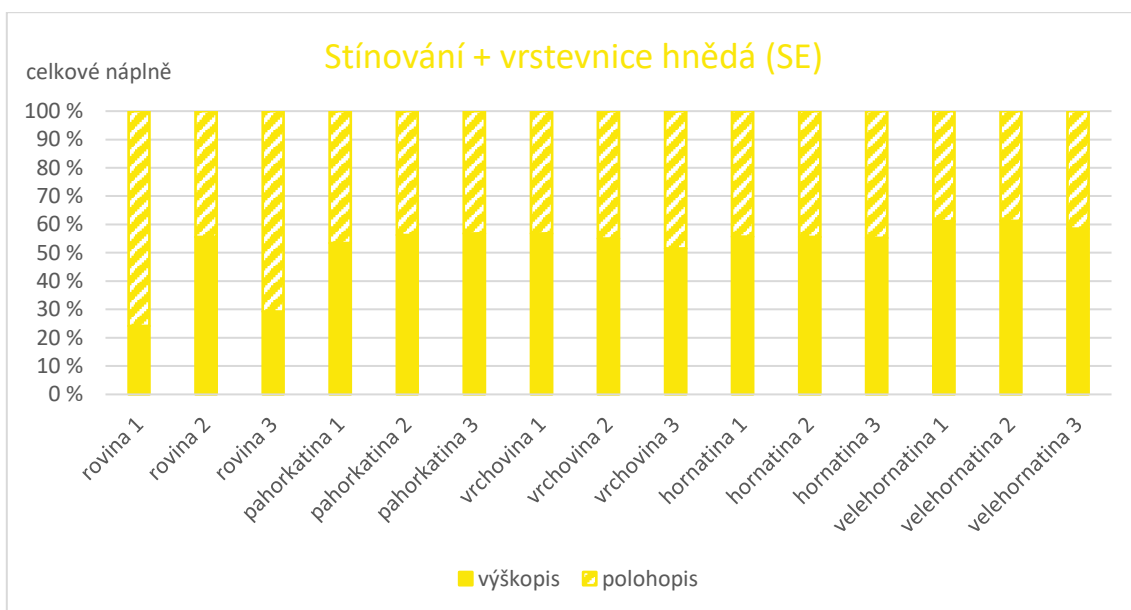
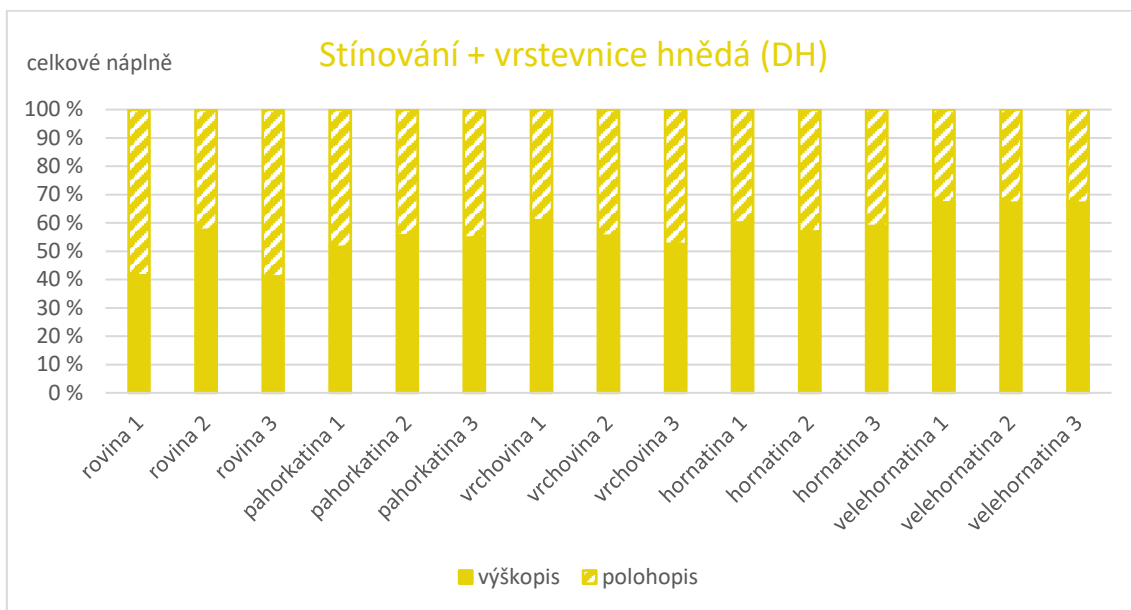
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



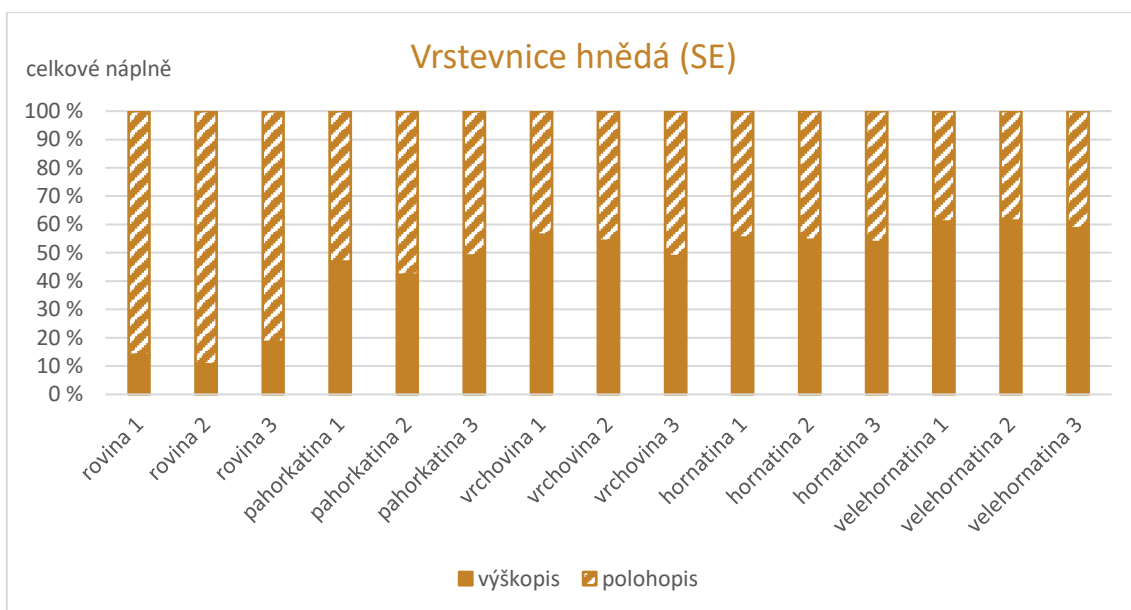
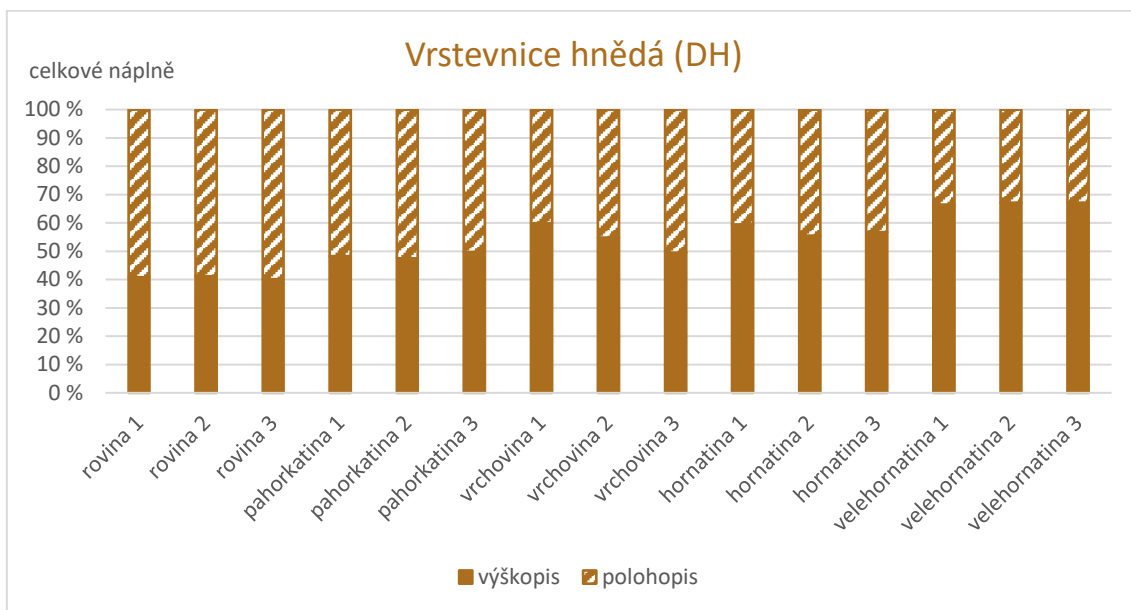
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



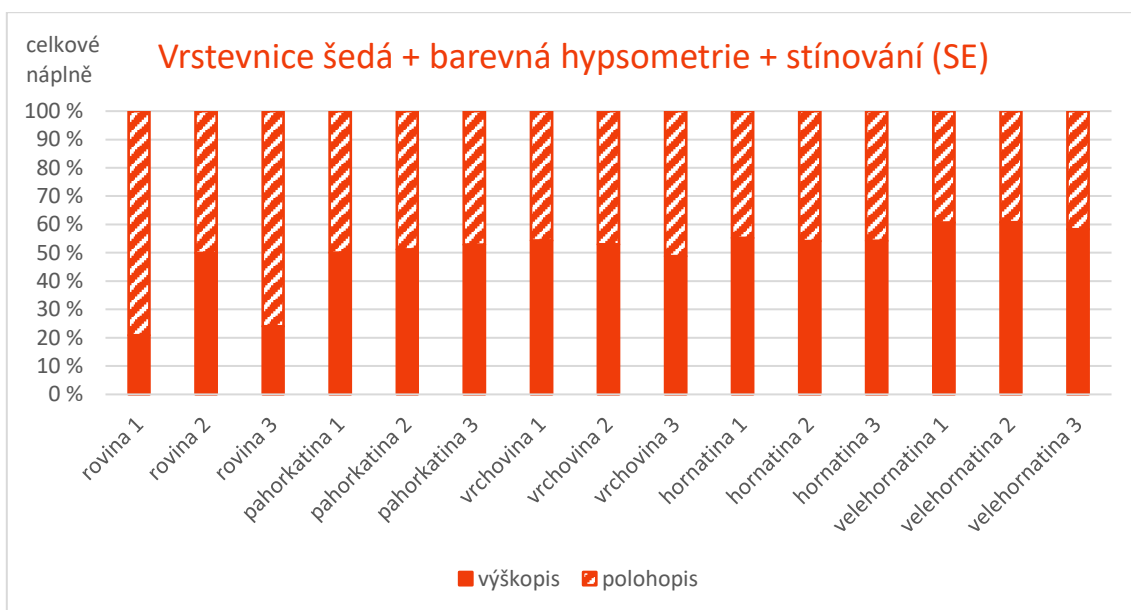
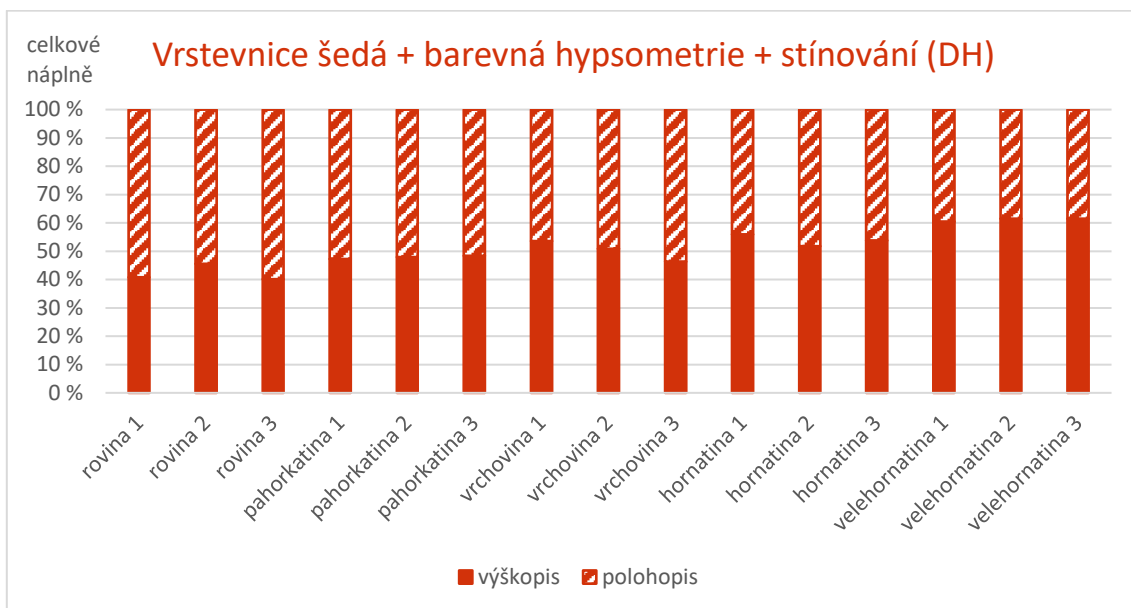
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



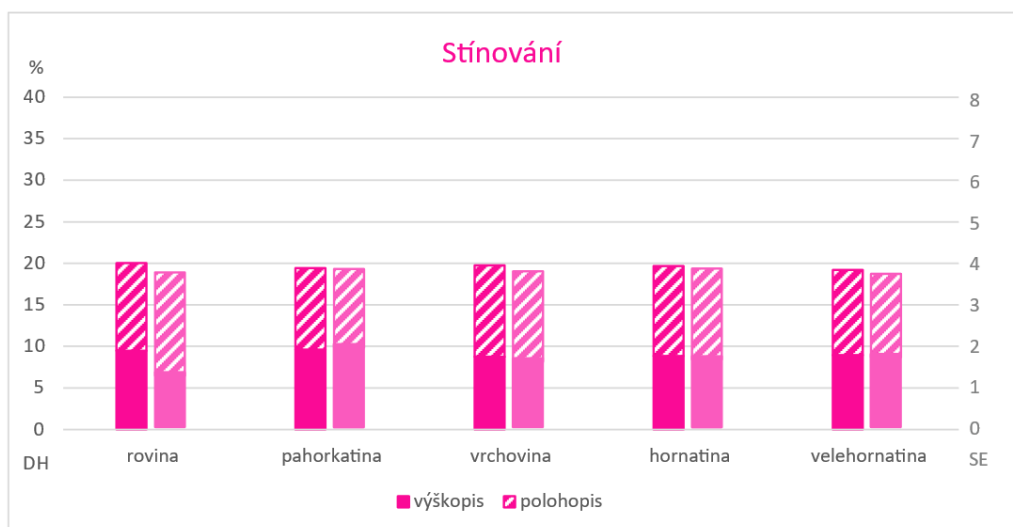
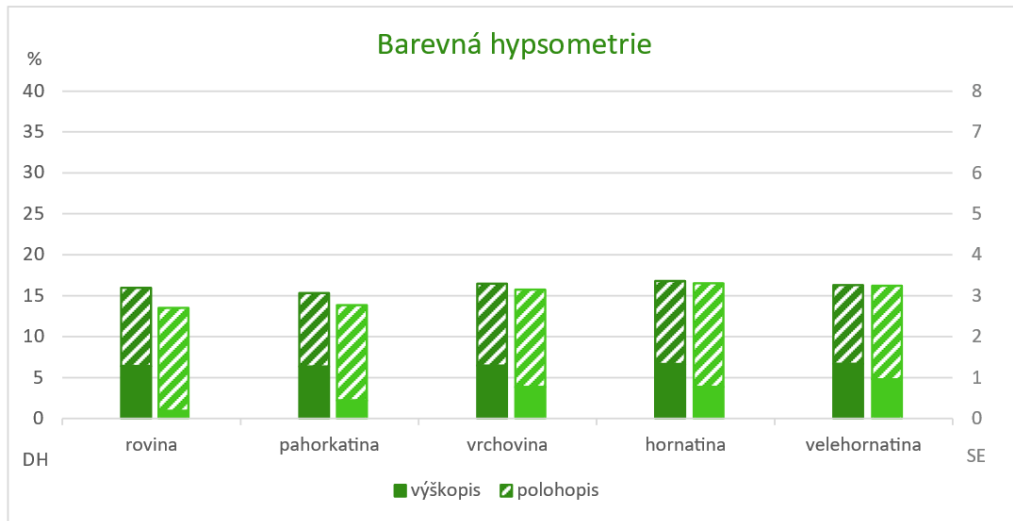
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



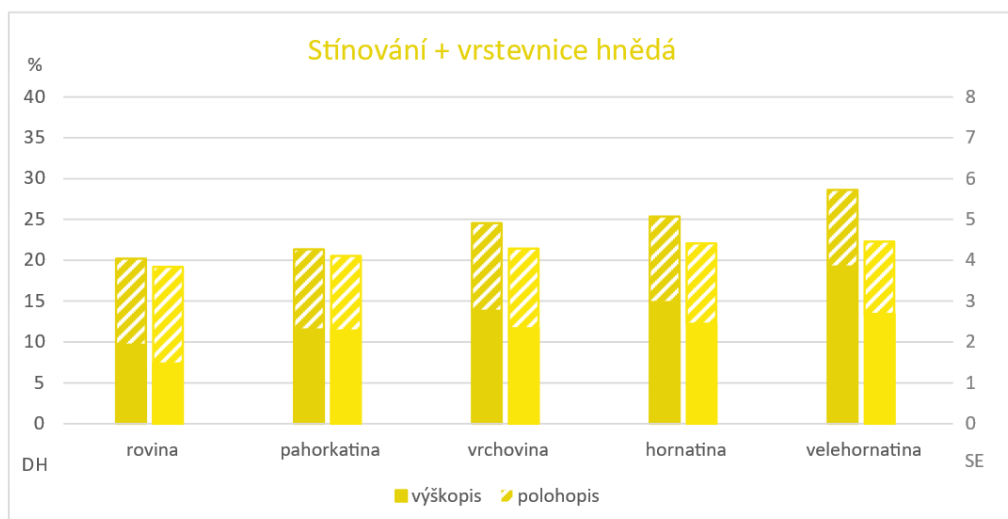
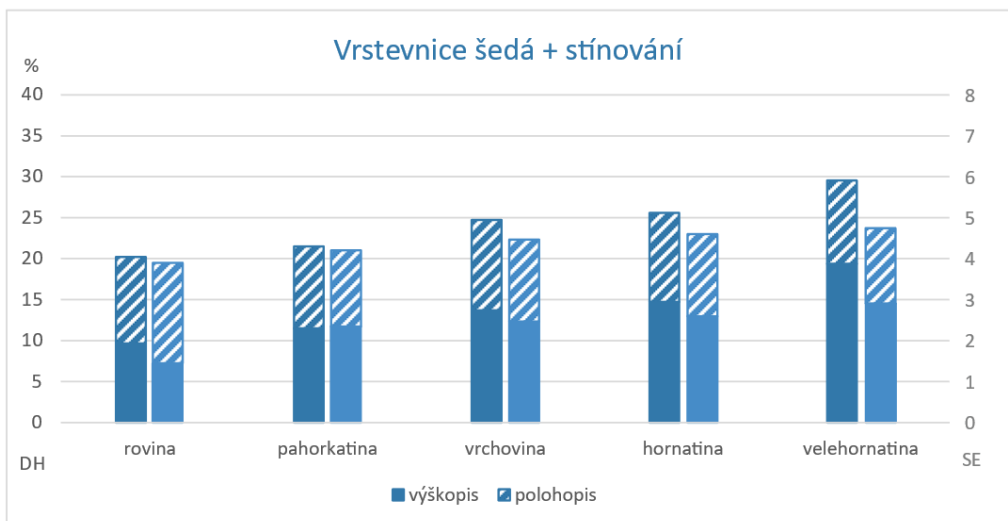
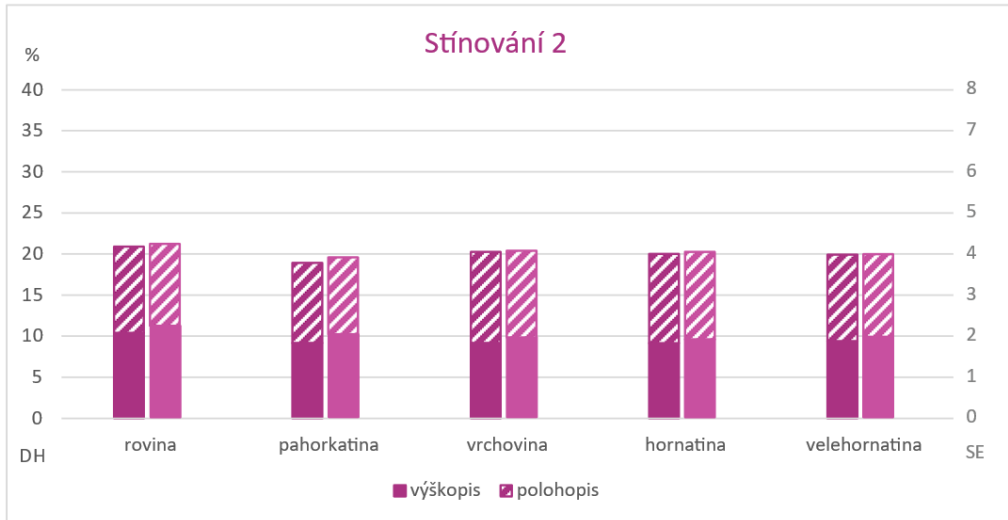
Příloha 3: Podíl výškopisu na celkové náplni mapy



Příloha 4: Vliv členitosti terénu na náplň mapy



Příloha 4: Vliv členitosti terénu na náplň mapy



Příloha 4: Vliv členitosti terénu na náplň mapy

