

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Zadávací katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vývoj zobrazování výškopisu v mapách

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Magdalena Maršíková
Autor: Jan Čada

České Budějovice, 2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ČADA**
Osobní číslo: **Z11009**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Vývoj zobrazování výškopisu v mapách**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je popsat a vysvětlit způsoby používané pro zobrazování výškopisu od nejstarších metod až po současné moderní metody zobrazování.

1. Růst významu zobrazování výškopisu v průřezu věků.
2. Popis metod zobrazování včetně grafického doplnění.
3. Moderní metody zobrazování a zpracovávání výškopisu.
4. Možnosti využití zobrazeného výškopisu.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **35 stran textu**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Veverka, B.: Topografická a tematická kartografie. Skriptum, ČVUT Praha, 2004.

Boguszak, F., Císař, J. : Vývoj mapového zobrazení Československé republiky. III. Měření a mapování od 18. do 20. století. ÚSGK, Praha, 1961

Pravda, J., a kol.: Počítačová tvorba tematických map. Univerzita Komenského Bratislava, 2004

J. Smutný: Geografické informační systémy. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 1998

Maršíková, M., Maršík, Z.: Dějiny zeměměřictví a pozemkových úprav v Čechách a na Moravě v kontextu světových dějin. LIBRI Praha 2007

Huml, M. a Michal, J.: Mapování 10. Vydavatelství ČVUT, Praha. 2001.


Kuchař, K.: Vývoj mapového zobrazení území Československé republiky I. - Mapy českých zemí do poloviny 18. století. ÚSGK, Praha, 1959

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Magdalena Maršíková**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **4. března 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2014**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 Budějovice


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2013

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské - diplomové -rigorózní- disertační práce, a to- v nezkrácené podobě- v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Prachaticích 5. dubna 2014

.....
Jan Čada

Poděkování

Rád bych v první řadě poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Magdaleně Maršíkové za odbornou pomoc a ochotu během celé tvorby. Dále také všem přátelům a rodině za podporu a trpělivost, zejména mé sestře Bc. Anetě Čadové za pomoc s formální podobou práce a Bc. Zbyňku Poskočilovi za pomoc s anglickým překladem abstraktu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce na téma „Vývoj zobrazování výškopisu v mapách“ přináší přehled a základní charakteristiky jednotlivých metod používaných pro zobrazování výškopisu. Zabývá se jak metodami používanými v současné mapové tvorbě, tak i těmi, od jejichž používání se již upustilo. Cílem práce je tak přinést přehled vývoje jednotlivých zobrazovacích metod a jejich popis včetně výhod a nevýhod použití.

Klíčová slova: výškopis, reliéf, mapování, kartografie, dálkový průzkum země

Abstract

The topic of this bachelor thesis “Altimetry visualisation in maps development“ brings an overview and basic characteristics of individual methods used for visualisation of altimetry. The thesis is dealing with methods used in a current map creation but also with ones which are not used anymore. The goal of this work is to show an overview of a development of each visualisation’s method and a description of its pros and cons.

Keywords: altimetry, relief, mapping, cartography, remote earth exploration

Obsah

Úvod	10
1. Vysvětlení základních pojmů	11
2. Mapové vyjadřování reliéfu	12
3. Metody zobrazování výškopisu	13
3. 1. Kopečková metoda	13
3. 2. Šrafování	14
3. 2. 1. Kreslířské šrafy	16
3. 2. 2. Krajinné šrafy	16
3. 2. 3. Sklonové šrafy	17
3. 2. 4. Stínové šrafy	18
3. 2. 5. Technické šrafy	19
3. 2. 6. Topografické šrafy	20
3. 2. 7. Fyziografické šrafy	21
3. 2. 8. Horské šrafy	21
3. 3. Stínování	21
3. 3. 1. Tónovací techniky	24
3. 3. 2. Ruční stínování	24
3. 3. 3. Fotografické stínování	25
3. 3. 4. Fotomechanické stínování	25
3. 3. 5. Automatizované stínování	26
3. 3. 6. Nástříkové stínování	26
3. 4. Vrstevnice	26
3. 4. 1. Generalizace vrstevnicového plánu	28
3. 4. 2. Základní vrstevnice	30
3. 4. 3. Zdůrazněné vrstevnice	30
3. 4. 4. Doplnkové vrstevnice	30
3. 4. 5. Pomocné vrstevnice	31

3. 4. 6. Stínované vrstevnice	31
3. 5. Kótování	32
3. 5. 1. Absolutní kóty	34
3. 5. 2. Relativní kóty	34
3. 6. Barevná Hypsometrie	34
3. 7. Profily	37
3. 8. Metoda blokdiagramu	38
3. 9. Fyzické modely	39
3. 10. Anaglyfy	40
3. 11. Digitální model terénu	40
3. 11. 1. Digitální výšková data	41
3. 12. Letecké laserové skenování	42
3.12.1. Zpracování dat	47
3. 13. Radarové senzory	47
3.13.1. Radarová altimetrie	48
3.13.2. Radarová interferometrie	49
3. 14. Senzory tepelného infračerveného záření	49
3. 15. Fotogrammetrie	50
3. 16. Senzory odraženého slunečního záření	51
Závěr	53
Seznam použitých zdrojů	54
1. Seznam literatury	54
2. Elektronické zdroje	55
Seznam obrázků	56
Seznam příloh	58
Přílohy	59

Úvod

Cílem práce je přinést přehled a charakterizovat jednotlivé metody používané pro zobrazení výškopisu. Jsou v ní obsaženy jak metody používané v současné době, tak i ty, od jejichž používání se již upustilo. Cílem je přinést chronologický přehled vývoje zobrazovacích metod od prvotního („prostého“) kopečkového způsobu u Ptolemaiových map z prvního století našeho letopočtu, přes šrafování, vrstevnice až k nejmodernějším digitálním modelům terénu a laserovému leteckému skenování. U jednotlivých metod zobrazování pak práce přináší základní informace o jejich podobě, postupném vývoji, způsobech konstrukce, výhodách či nevýhodách, které přináší jejich používání, a o případných odlišnostech. Takovou odlišností může být kupříkladu využití různé barevné stupnice používané k zobrazení výškopisu metodou barevné hypsometrie na mapách.

V práci jsou metody rozděleny, charakterizovány a případně doplněny o obrázky pro dokreslení a nástin rozebírané problematiky. Zdrojem pro vypracování byla zejména odborná literatura zabývající se problematikou kartografie, ale i digitálními modely terénu a geografickými informačními systémy. Jelikož se jedná o tematiku, ve které se uplatňuje řada odborných pojmů a zkratk, je součástí práce i jejich vysvětlení.

1. Vysvětlení základních pojmů

Pojem **terénní reliéf** označuje zemský povrch vytvořený přírodními silami, nebo uměle bez objektů a jevů na něm, popřípadě pod ním a nad ním. Jedná se tedy o souhrn terénních tvarů. **Mapováním** nazýváme soubor činností (šetření, měření, výpočty, zobrazení) vykonávaných při vyhotovování původní mapy. **Digitální mapování** je komplexní soubor technologických postupů sběru, zpracování, ukládání a užívání dat o územní realitě, založený na využití programových a technických prostředků automatizace a vedoucí k vytvoření digitálního modelu území. **Digitální model terénu** je pojem využívaný k označení digitální reprezentace zemského povrchu v paměti počítače. Tato digitální reprezentace je složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje mimo jiné odvozovat výšky mezilehlých bodů. **Výškopisem** nazýváme obraz terénního reliéfu na mapě. Jedná se o soubor vrstevnic, výškových bodů s jejich výškovými kótami, výškopisných značek, popřípadě dalších prostorově působících způsobů znázornění reliéfu, například stínováním terénu. **Výškopisné mapování** poté vyjadřuje zaměřování výškopisného obsahu mapy. Pojmem **ZABAGED** se rozumí základní báze geografických dat, digitální vektorový geografický model území České republiky, který spravuje Zeměměřický úřad. **Rastr** označuje datovou strukturu založenou na buňkách uspořádaných do řádek a sloupců, kde hodnota každé buňky reprezentuje hodnotu jevu. Rastr je tedy typem mříže. **Vektor** je na souřadnicích založená datová struktura obecně používaná k reprezentaci jevů zobrazených na mapách.

Definice těchto pojmů byly převzaty z Terminologického slovníku zeměměřictví a katastru nemovitostí. (<http://www.vugtk.cz/slovník>)

2. Mapové vyjadřování reliéfu

Obsah mapy je možné v základu rozdělit na polohopis, výškopis a popis. Výškopisná složka se řadí mezi matematické prvky. Ty tvoří konstrukční základ mapy. Podobu reliéfu pak popisují prvky fyziogeografické. (Tyrner a Štěpánková, 1999) Území České republiky je celé výškopisně zmapované v Základní mapě České republiky v měřítku 1:10 000. Na této mapě má podobu grafického vrstevnicového plánu se základním intervalem 2m. V letech 1995 až 2000 proběhla digitalizace v rámci torby ZABAGED (základní báze geografických dat). Tím vznikl digitální model reliéfu označovaný jako ZABAGED – výškopis. (Šíma, 2011)

Na základě studia mapových podkladů byly zjištěny dva odlišné kartografické přístupy k zobrazování georeliéfu. Tyto postupy byly označeny jako tradiční a mapojazykový. Mezi tradiční metody je možné zařadit pohledové metody, šrafování, stínování, barevnou hypsometrii, kótování a vrstevnice. Mapojazykovém pohled na tuto problematiku pracuje s tím, že každou z uvedených metod lze zařadit do některé třídy mapových znaků. Ty se dělí na figurální, čárové a areálové. Z tohoto lze odvodit, že například vrstevnicovou metodu je možné zařadit do čárové třídy. (Michalka a Novodomec, 2002) Pro vyjádření tvaru terénu lze využít různých tvarů kresby. Do čárové tak například spadají kromě vrstevnic i spádové a kosterní čáry. Jednotlivé techniky kresby lze využívat odděleně ale i vzájemně kombinovat. (Urban, 1991)

3. Metody zobrazování výškopisu

3. 1. Kopečková metoda

Je pokus o zobrazení výškových poměrů takovým způsobem, který by dal uživateli přímý a okamžitý prostorový vjem. Počátky této zobrazovací metody sahají hluboko do historie. Už v prvním století našeho letopočtu byl tento způsob pro znázornění výškopisu použit Ptolemaiem. V dané době se jednalo o jednoduchou kopečkovou kresbu, kterou se označovaly horské oblasti (obr. č. 1). (Veverka a Zimová, 2008)



Obr. č. 1: Kopečkový podle Ptolemaia (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

Poloha takto schematicky znázorňovaných horských pásem byla zakreslována perspektivně pohledem od spodního okraje mapového listu přímo do polohopisné kresby. To však mělo značné nároky na plochu mapy. Původně měly podobu stejných kopečků homolovitého tvaru a lišily se pouze svou velikostí. Postupem času kresba nabývala reálnějších podob – zakreslované kopečky začaly být seskupovány v rámci orografických celků a jednotlivé vrcholy pomalu získávaly svojí charakteristickou podobu. (Hybášek, 1993) Přestože se jednalo o relativně primitivní způsob

pro zobrazení výškopisu, býval pomocí téhle metody zobrazován až do 18. století. Tyto mapy ale neměly geometrickou hodnotu a jejich podoba a tvorba záležela na prostorové představivosti autora mapy. Přesto se tato metoda dále vyvíjela a v jisté podobě se využívá i dnes. (Veverka a Zimová, 2008)

V dnešních dobách, se toto zobrazení využívá v rámci takzvaných pohledových map vycházejících z práce amerického kartografa Erwina J. Raisze, který uplatňoval důsledné zobrazení perspektivy (obr. č. 2). Tyto pohledové mapy jsou dnes známé hlavně z turistických a propagačních map, kde se jedná o graficky názorný, panoramatický a perspektivní pohled do krajiny. Přitom je pro zobrazení využito celkem 14 morfologických krajinných typů, které jsou rozděleny do 14 tříd. Přestože jsou tyto mapy dobře srozumitelné a poskytují jasnou představu o daném místě, není zde možné jejich kartometrické využití. (Hybášek, 1993) Tento způsob v zásadě spočívá v typizaci krajinných prvků a jeho následném zobrazení pohledovým způsobem. (Veverka a Zimová, 2008)

Příkladem, kdy byla kopečková metoda použita pro zobrazení našeho území, může být Komenského mapa Moravy z roku 1645. (Krtička, 2007)



Obr. č. 2: Fyziografický způsob podle Raisze (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

3. 2. Šrafování

Původní myšlenkou bylo zachytit v polohopisném zobrazení změny ve výšce terénu pomocí temnějších barev. Vzhledem k tehdejšímu ručnímu kreslení map se používaly buď rovné, křivé nebo křížené šrafy. (Hybášek, 1993) Jednalo se o krátké spádnice, které jsou nakresleny vedle sebe ve značné hustotě pomocí

úseček nebo drobných geometrických obrazců, jakými jsou kupříkladu trojúhelníky. (Veverka a Zimová, 2008) Takto zakreslená soustava pak na mapě vyjadřovala tvary zobrazeného terénu. (Krtička, 2007) V počátcích byla jejich hodnota na mapách spíše uměleckého rázu, matematický základ dostaly až v pozdější době. Z hlediska grafiky se jednalo o značné zatížení mapy. U šraf bylo možné měnit hustotu, délku a tloušťku. (Veverka a Zimová, 2008) Časem se začala uplatňovat myšlenka, že čím je terén hlubší a strmější, tím hustější bude šrafová kresba. To mělo za výsledek, že mapy, na kterých byla tato metoda uplatněna, navozovaly u uživatelů stínovaný dojem zobrazeného terénu, jaký by vznikl osvětlením modelu krajiny. Toho bylo následně využito na mapách Prvního vojenského mapování. (Hybášek, 1993)

Dnes se již pro zobrazení výškopisu klasické šrafování běžně nepoužívá, ale uplatňují se šrafy horské, technické, topografické a skalní. (Čapek et al. 1992) Ty typy se používají pro znázorňování drobnějších terénních útvarů, které není možné zobrazit pomocí vrstevnic. (Veverka a Zimová, 2008)

Šrafy se dále rozdělují na pravé a nepravé. Pravé šrafy vycházejí z matematického základu a řadí se k nim šrafy sklonové a stínové. Jejich konstrukce vzniká na vrstevnicovém podkladu, přičemž je nutné dodržovat určité zásady. Ty jsou následující:

- 1) Délka šraf musí odpovídat rozestupu vrstevnic, přičemž nesmí být kratší než 0,3 mm, ale zároveň ani delší než 4 mm.
- 2) Přestože jsou šrafy na vrstevnice kolmé, nejedná se o úsečky ale o obecně zakřivené čáry.
- 3) Hustota šraf na jednotku délky musí být na celé mapě stejná (například 20 šraf na 1 cm).
- 4) Síla jednotlivých šraf je proměnlivá na základě použité metody. V případě sklonových šraf tak odpovídá hodnotě sklonu, zatímco u šraf stínových šikmému osvětlení reliéfu. (Čapek et al. 1992)

V dobách, před zavedením zobrazování výškopisu pomocí vrstevnic se využívalo právě sklonových šraf. (Krtička, 2007)

3. 2. 1. Kreslířské šrafy

Jedná se o nejstarší způsob zobrazení šraf. Jejich úkolem je schematické znázornění výškových poměrů v krajině. Mohly být nejen přímé, ale i zakřivené a o různé délce. Na místech s mírným sklonem byly delší a poměrně řídké, naopak čím prudší byl sklon, tím se kreslily kratší, hustější a dokonce zkřížené. Tyto šrafy ještě neměly geometrickou hodnotu. Použito jich bylo například na mapách Prvního vojenského mapování (obr. č. 3). (Veverka a Zimová, 2008) Mezi kreslířské šrafy se ještě řadí šrafy inchnografické. Ty spočívají v kresbě křivých krátkých čar a jejich podoba při zakreslení do mapy připomíná texturu kapradinového listu. (Plánka, 2006)



Obr. č. 3: Kreslířské šrafy (zdroj: <http://www.hradec1.cz/2011/04/hacecke-rybniky-u-hradce/>).

3. 2. 2. Krajinné šrafy

Vyvinuly se z kreslířských šraf a používaly se pro vyznačení obecného a generalizovaného průběhu terénních útvarů. Povahu těchto šraf tvoří tvarové čáry, které vyznačují úpatnice vyvýšených útvarů nebo horizontály u oblastí vodní eroze, jako jsou koryta řek. Tyto šrafy byly použity například na Müllerově mapě Čech. (Veverka a Zimová, 2008) Někdy bývají označovány jako šrafy profilové a na mapách velkých měřítek byly využity pro zakreslení terénních tvarů, které však byly podrobeny značné generalizaci. (Plánka, 2006)

3. 2. 3. Sklonové šrafy

Roku 1799 saský kartograf Johann Georg Lehmann dosavadní způsob šrafování kvalitativně vylepšil a následně roku 1812 dále rozšířil a propracoval. Tím vznikly sklonové šrafy, jež se někdy označují jako Lehmanovy. (Hybášek, 1993) Taktéž se někdy nazývají jako šrafy svahové. (Čapek et al. 1992) V pravém slova smyslu ale zobrazovaný terén nestínují, přestože by mohly na první pohled tento dojem vzbuzovat. Jedná se o čárovou kresbu v místech, po kterých by na terénních svazích stékala voda, tedy vlastně o spádnice. Jejich konstrukce pak spočívala v tom, že na určenou plochu dopadá svisle maximální množství světelných paprsků, přičemž pokud se tato plocha skloní o určitý úhel, část paprsků bude dopadat mimo, a bude se pak jevit jako tmavší. (Hybášek, 1993) Sklon terénu je vyjádřen poměrem světla a stínu, což je dáno vztahem mezi tloušťkou šrafy a velikostí mezery mezi sousedními šrafami. Platí zde zásada – čím strmější terén, tím tmavší je jeho znázornění. (Veverka a Zimová, 2008)

Hodnota strmosti je znázorněna nejen pomocí délky šraf, ale i jejich tloušťkou. Se zvětšujícím se úhlem sklonu se lineárně zvětšuje i vyšrafovaná plocha. Pokud sklon přesáhne 45° , jsou tato místa zakreslená již jen jako černé plochy. (Čapek et al. 1992) Zde bylo využito předpokladu, že svahy s úhlem sklonu větším než je tato hodnota, jsou neschůdné. Interval sklonu od 0° do 45° byl rozdělen na devět tříd, přičemž každá z nich se vyznačovala určitou tloušťkou čar a velikostí mezer. Toto se nazývá Lehmanova šrafovací stupnice. Počet a délka jednotlivých šraf závisela nejen na měřítku mapy, ale i na sklonu zobrazovaného území ve vztahu, že čím menší bylo měřítko, tím větší byl počet šraf a jejich délka kratší. Taktéž s větším sklonem terénu se šrafy zkracovaly. Toto šrafování, které bylo použito při Druhém a Třetím vojenském mapování (obr. č. 4), nejen že dávalo uživateli plastickou představu o terénu, ale byla zde i možnost určení sklonu a neviditelných míst. Problém tohoto zobrazení spočíval v tom, že vyžadoval značný prostor na mapě a byl na zhotovení velice pracný. Zajímavostí dokládající pracnost této metody může být, že schopnému kartografovi trvalo vykreslení výškopisu na jeden mapový list tři až pět let. (Hybášek, 1993)



Obr. č. 4: Sklonové šrafy (zdroj: <http://vodnimlyny.cz/poznavame-mlyny/default/12-iii-vojenske-mapovani-frantisko-josefske>).

3. 2. 4. Stínové šrafy

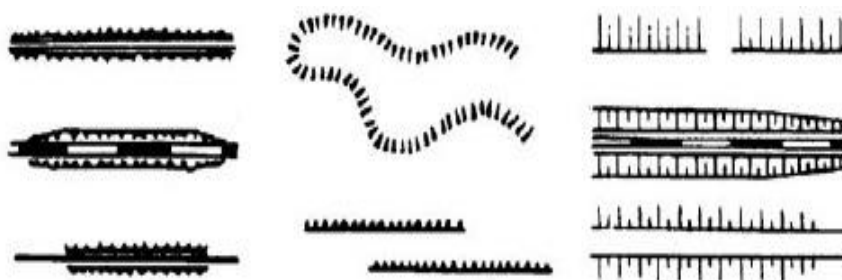
Postupným vývojem vznikly šrafy stínové. Ty zavedl G. H. Dufour roku 1836. Základní myšlenkou zde bylo, že strmost svahu není nutné zakreslovat zesílenou tloušťkou, ale že bohatě postačuje délka šraf. Změny tloušťky u této metody měly za cíl vytvořit prostorový efekt zobrazení, přičemž je využito principu osvětlení ze severozápadního směru. Osvětlené svahy jsou vyšrafované slabými čarami, zastíněné naopak silnými. Tímto se docílilo výrazně přehlednějšího prostorového efektu, než při použití sklonových šraf. (Čapek et al. 1992) Ve své podstatě představovaly kombinaci sklonových šraf spolu se stínováním. (Plánka, 2006) Stínové šrafy jsou mnohem výraznější než šrafy sklonové právě díky kombinaci silně a slabě šrafovaných svahů. Lépe také dokážou vyjádřit hřbetnice a údolnice. Jejich velikou nevýhodou je, že na místě údolnic vznikají bílá místa, která mohou vzbuzovat mylný dojem, že se zde nachází cesty. Taktéž velice zaplňují plochu mapy, čímž ztěžují polohopisnou čitelnost podobně jako u sklonových šraf (obr. č. 5). (Veverka a Zimová, 2008)



Obr. č. 5: Stínované šrafy (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

3. 2. 5. Technické šrafy

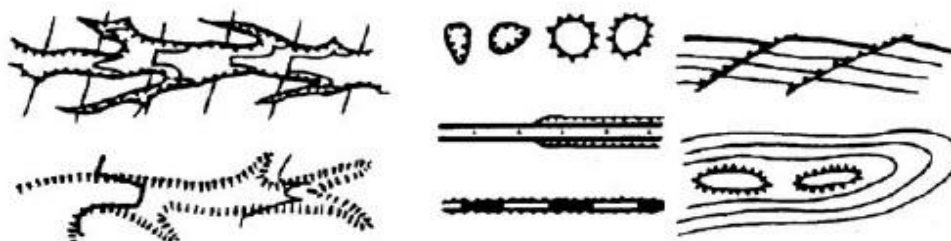
Moderní a v dnešní době používané šrafy, které nalezneme na mapách velkých měřítek, kde se s jejich pomocí vyznačují úzké a protáhlé terénní útvary, jako jsou například terasy, terénní stupně či výkopy a násypy. V mapách velkých měřítek je najdeme zakreslené pomocí černé barvy. (Veverka a Zimová, 2008) Mají podobu pravidelně se střídajících dlouhých a krátkých čar, které jsou zakreslované po celé délce svahu. Vždy jsou střídavé, začínají na horní hranici svahu, přičemž jedna je kreslena na jeho celou délku, druhá má pak poloviční hodnotu (obr. č. 6). (Čapek et al. 1992) Tyto šrafy podávají uživateli informace o náhlých změnách sklonu v terénu. Jejich znázornění kresbou je poměrně snadné. Tyto šrafy musí být doplněny kótami buď absolutními, nebo relativními, aby bylo možno zjistit úhel sklonu a jeho velikost. (Huml et al. 2001) Také se u nich mohou uvádět doplňující údaje o hodnotě spádu. (Krtička, 2007)



Obr. č. 6: Technické šrafy (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

3. 2. 6. Topografické šrafy

Terénní stupně, rokle a podobné útvary se vyjadřují pomocí topografických šraf. Přitom se rozlišuje, zda tato místa vznikla přírodně nebo činností člověka – to je v mapě znázorněno rozdílem barvy zakreslení. Přírodní původ je do mapy zakreslen hnědou barvou, naopak antropogenní původ barvou černou. Taktéž mohou být v mapě doplněny o hodnotu spádu, stejně jako je tomu u technických šraf. (Krtička, 2007) Značí se vzájemně uspořádanými klíny ve směru spádu. Jsou podobné povahy jako šrafy technické. S jejich pomocí se vyznačují terénní hrany, jako jsou například pískovny nebo vymletá řečiště. Najdeme je nejčastěji na topografických mapách. (Veverka a Zimová, 2008) Jejich použití je v podstatě obdobné jako u technických šraf, avšak zejména pro mapy středního a malého měřítka. (Plánka, 2006) Základnu mají jednotlivé klíny na terénní hraně, kde se také jejich základny vzájemně dotýkají (obr. č. 7). (Čapek et al. 1992)



Obr. č. 7: Topografické šrafy (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

3. 2. 7. Fyziografické šrafy

Svoji podobou se blíží k mapovým značkám a používají se na znázornění míst, která nelze zobrazit pomocí vrstevnic, což může mít řadu důvodů jako je například sklon či přílišná tvarová rozmanitost. (Krtička, 2007) Takovýmito místy mohou být skály, ledovce nebo skalní sutě. Někdy se také označují jako šrafy skalní. Jsou tvořeny vertikálními a horizontálními čarami ve směru hrany. Je zde možnost kombinace se stínováním. (Veverka a Zimová, 2008) Ve své podstatě jsou tak vlastně stínovanými čarami. Protože nemají geometrickou hodnotu, bývají využívány jako plošná výplň mezi spodní a horní terénní hranou. Prostorový dojem u nich vzniká zesílením čar podle jejich kombinovaného šikmého osvětlení. (Čapek et al. 1992) Mají trojúhelníkovou podobu se značně volným rozmístěním v rámci zobrazované plochy. Pro znázornění sesuvných oblastí se využívá tečkování. Pro kresbu se využívá převážně hnědé barvy. Výjimku však tvoří ledovce, které jsou šrafovány modře. (Plánka, 2006)

3. 2. 8. Horské šrafy

Horské šrafy bývají také označovány jako šrafy nepravé. Jejich konstrukce vzniká ponejvíce jen na základě orografického schématu. Kresba má podobu řady krátkých čárek, a má za úkol naznačit tvar lokálních vyvýšenin, horských pásem nebo případně údolních tvarů. Nejčastěji se s nimi setkáváme na mapách malých měřítek, kde jsou použity jako doplněk stínování nebo barevné vrstvy. (Čapek et al. 1992)

3. 3. Stínování

Základem je myšlenka nerovnoměrného osvětlení, které vzniká dopadem světelných paprsků na svahy s různým sklonem a prostorovou orientací. (Plánka, 2006) Název stínování je obecně známým a používaným, přestože se prakticky jedná o jeden z druhů tónování. Je to způsobeno tím, že princip je velmi podobný skutečnému střídání světla a stínu v přírodě. (Čapek et al. 1992) Jedná se o způsob znázornění výškopisu, který je založený na nasvícení terénu. (Veverka, Zimová,

2008) Vychází z představy, že se plastický model reliéfu vhodným způsobem nasvítí, a daný obraz pak bude zachycen na mapovém listu. (Hybášek, 1993) Při zobrazení pomocí této metody je důležité zvolit směr nasvícení a jeho úhel. Nasvícené oblasti jsou vyznačené světlou barvou, zatímco místa od světla odvrácená jsou tmavá. (Veverka a Zimová, 2008) Stínování tak využívá střídání světlých a tmavých barevných tónů. Základní princip je takový, že mapovaná plocha je osvětlována z jednoho směru, přičemž nasvícený reliéf způsobuje rozdíly v množství dopadajícího světla. Vznikají tak plochy nasvícené, kam světlo dopadá přímo a plochy zastíněné. Intenzita barevného tónu je přímo odvozená od úhlu, pod jakým dopadají světelné paprsky. Někdy bývá také využíváno pro odlišení zastíněných a osvětlených svahů i odlišné barvy. Tento princip se uplatňuje zejména na německých švýcarských mapách, kde se pro osvětlené svahy používá žluté barvy, zatímco pro zastíněné je to šedá či případně modrošedá. (Čapek et al. 1992)

Kromě správné volby úhlu, pod kterým dopadají světelné paprsky, je stejně důležité zvolit i jejich směr. Ten musí být vybrán tak, aby byly potlačeny vržené stíny narušující plastický efekt mapy. Dále je také třeba potlačit pseudoskopický efekt, který by mohl navodit obrácenou představu zobrazených terénních nerovností. Aby k tomuto nedocházelo, volí se dopadový úhel 45° při osvětlení ze severozápadního směru. (Hybášek, 1993) Při takto zvoleném dopadovém úhlu paprsků získá obraz terénu podobu leteckého snímku. (Veverka a Zimová, 2008) Zajímavostí je, že osvětlení terénu z tohoto směru je v přírodních podmínkách vyloučen. (Krtička, 2007)

Dopadový úhel paprsků ve vztahu k vodorovné ploše se volí jako jednotný pro celou mapu. Důvodem je to, aby se intenzita barevného tónu závisící na sklonu měnila stejným způsobem na celé mapové ploše. Severozápadní směr je však jediným možným použitelným směrem. Občas se využívá i směru západního, případně jihozápadního, které jsou shodné se směrem osvětlení dopadajícího na severní polokouli v odpoledních hodinách. Naopak osvětlení z jižního směru se využívá minimálně, přestože se jedná o nejobvyklejší směr osvětlení, které můžeme najít v přírodě. Tento fakt je způsoben rizikem výskytu inverzního dojmu zobrazeného reliéfu. Kromě hlavního směru osvětlení se určuje také směr vedlejší – nejčastěji od severu. Je to z důvodu, že hřbety směřující severovýchodním směrem, by při nasvícení pouze z hlavního směru byly osvětlovány obě strany hřbetu

a stínování by tak bylo stejné. Taktéž se využívá pouze vlastních stínů, neboť stíny vržené by mohly dosahovat až na protilehlé svahy, což by narušilo výsledný dojem. Pro další zvýraznění prostorového dojmu se zavádí několik doplňků vycházejících ze vzdušné perspektivy. Pro odlišení nasvíceného svahu a vodorovné plochy se upatí svahů slabě vystínuje. U hřbetnic se protilehlé svahy stínují více kontrastním způsobem než je tomu u údolnic. Posledním doplňkem je, že místní stíny jsou zesílené v zastíněných oblastech, zatímco na nasvícených se jejich stínování zeslabuje (obr. č. 8). (Čapek et al. 1992)



Obr. č. 8: Ukázka stínované mapy (zdroj: http://www.orientering.cz/sosnoviny/hlaska2_stin.jpg).

Dnes se již stínování nevyužívá jako samostatné zobrazení výškopisu, ale pouze jako doplněk v kombinaci s dalšími metodami, jako jsou vrstevnice nebo barevná hypsometrie. (Hybášek, 1993) Zobrazování výškopisu pomocí stínování bylo značně pracné a velice náročné na čas a prostorovou představivost autora. (Veverka a Zimová, 2008) Další nevýhodou mohlo být i to, že sklon zastíněných míst se tváří jako větší než u míst osvětlených, přestože má stejnou velikost. (Čapek et al. 1992)

3. 3. 1. Tónovací techniky

Samotnou techniku tónování lze v podstatě rozdělit na ortogonální, šikmou a kombinovanou. Toto rozdělení vychází nejen z dopadového úhlu světelných paprsků, ale i jejich směru. (Plánka, 2006)

Ortogonální technika neboli sklonové tónování je ve své podstatě stínování při využití svislého osvětlení. Zde se uplatňuje myšlenka, že čím strmější jsou svahy, tím tmavší se využije barva. Rovné plochy jsou pak následně vykresleny pomocí bílé barvy, zatímco svahy se znázorňují tím tmavěji, čím větší je jejich sklonový úhel. Samostatně se však sklonové tónování nevyužívá, protože nevytváří dokonalý plastický dojem. (Čapek et al. 1992)

U způsobu šikmého stínování se rozlišují dva základní druhy. Prvním je přirozené stínování, u kterého se uplatňuje osvětlení z jižního směru. Používanější je však technika konvenční, kde je využito osvětlení ze severovýchodního směru pod dopadovým úhlem 45°. (Plánka, 2006) Stínováním při využití šikmého osvětlení je docíleno toho, že strany přivrácené ke směru osvětlení jsou bílé, zatímco strany odvrácené mají tmavou barvu. Použití tohoto způsobu má za následek, že jsou vystínované i vodorovné plochy, neboť světlo na ně nedopadá ve vodorovném úhlu. Prostorový dojem vyvolaný touto metodou je názorný a má dobrou úroveň. Navíc může být, na rozdíl od využití svislého osvětlení, stínováno z libovolného směru. (Čapek et al. 1992)

Kombinované stínování vychází ze sloučení obou předchozích metod – tedy šikmé i ortogonální. (Plánka, 2006) Intenzita barevného tónu je pak proměnlivá nejen na základě směru osvětlení, ale také na velikosti sklonu terénu. Intenzita stínování se také mění s vrstevnicovými rozestupy a jejich zakřivením. Bílá barva je zde využita pro znázornění rovných ploch. (Čapek et al. 1992)

3. 3. 2. Ruční stínování

Zastíněná území se při tomto způsobu tvorby vybarvuje pomocí velmi měkké tužky s ostrým hrotem, přičemž tahy se vedou směrem po vrstevnicích. (Veverka a Zimová, 2008) Další možností je využít techniky lávování. Ta byla založena

na roztírání buď vodových barev, nebo tuše pomocí štětce namočeného ve vodě. Takto bylo dosaženo pozvolných přechodů ze zastíněné části do té osvětlené. Technika těrkování, založená na roztírání tuhového či křídového prášku je na realizaci snazší a na efekt výraznější. Zastíněné oblasti se pomocí uhlové kresby konturují a následně roztírají až do ztracena pomocí těrky. Samotná těrka byla vyrobena z choroše (houba) a měla podobu válečku o centimetrovém průměru. Na konci byla opatřena otupenou špičkou. (Hybášek, 1993) Tento způsob se hojně využíval ve starších mapových dílech. V ostatních zemích se uplatňovaly i metody na podobném principu, kterou byla kupříkladu metoda dar-plate, při které docházelo k odškrabování poloprůhledné zrnité vrstvy nanesené na plánu. (Plánka, 2006)

Základním postupem při ručním stínování je, že se nejprve pomocí slabých čar vykreslí terénní kostra, která rozdělí mapovaný terén na jednotlivé menší plochy. Poté se vystínují v pořadí od hlavních až po drobné lokální terénní tvary při využití hlavního i vedlejšího směru osvětlení. Jako podklad je využito vodopisu a modře zbarvených vrstevnic na rozměrově stálém bílém papíru. V originálu se bez výjimek stínuje s využitím mnohem výraznějších tónů, protože při následném fotografickém zpracování by mohlo dojít k potlačení méně výrazných míst. (Čapek et al. 1992)

3. 3. 3. Fotografické stínování

Tato technika se prováděla tak, že se vrstevnicový obraz snímkoval ze svislého směru s využitím rozostřeného objektivu. Vrstevnice se zakreslovaly pomocí upraveného volnoosého pera. Tloušťka jednotlivých vrstevnic byla proměnlivá, a záleželo na tom, zda se nacházela na osvětleném nebo naopak zastíněném místě. (Plánka, 2006)

3. 3. 4. Fotomechanické stínování

S rozvojem technologií se začalo využívat skutečného osvětlení terénního modelu a jeho záznamu pomocí fotografií, přičemž se výsledek pak doupravoval pomocí retušování. (Hybášek, 1993) Způsoby fotomechanického stínování byly zavedeny roku 1930 Karlem Wenschowem. Vycházelo se z fotografování reliéfu,

který byl šikmo osvětlený a zpracovaný do trojrozměrného modelu. Vržené stíny se následně podrobovaly retušování. Model reliéfu se zhotovuje s relativně malým převýšením a matným povrchem. Aby se potlačilo zkreslení, které vychází ze středové projekce, fotografuje se buď z několika desítek metrů pomocí teleobjektivu, nebo se využívá speciální kamery vybavené parabolickým zrcadlem. (Čapek et al. 1992)

3. 3. 5. Automatizované stínování

Samotné stínování je dnes velice zjednodušeno díky výpočetní technice a k ní odpovídajícímu softwaru, kde lze zadat směr osvětlení a úhel dopadajících paprsků. (Veverka a Zimová, 2008) Automatizované stínování využívá jako podkladu digitalizované vrstevnice. (Čapek et al. 1992) Při tomto procesu se naplno využívá možností počítačové animace. (Plánka, 2006)

3. 3. 6. Nástřikové stínování

Další možností jak provádět stínování je nástřikování zastíněných svahů pomocí barev. To je prováděno z jihovýchodního směru s využitím stříkací pistole poháněné stlačeným vzduchem. Princip byl takový, že se z termoplastových fólií vylišoval model reliéfu bílé barvy bez potisku, poté se provedl barevný nástřik a s využitím tepla se znovu zarovnal. Nakonec došlo k ofotografování. (Čapek et al. 1992)

3. 4. Vrstevnice

Vrstevnici je možné definovat jako množinu bodů majících stejnou nadmořskou výšku. (Hybášek, 1993) Výška těchto zvolených bodů bývá nejčastěji v řádech metrů. Vyznačují se pravidelným intervalem a vychází od zvolené nulové hladiny. (Huml et al. 2001) Tvoří tak uzavřenou prostorovou křivku, která je průsečnicí reliéfu a plochy rovnoběžné s vodorovnou plochou. (Čapek et al. 1992) Vrstevnicovým intervalem se rozumí výškový rozdíl sousedních vrstevnic. Jeho volba se odvíjí od měřítka a sklonu v celkovém převýšení zobrazovaného

území, přičemž je třeba dodržet požadavek, aby byl minimální rozstup sousedních vrstevnic na mapě 0,2 až 0,3 mm. Toto je požadováno proto, aby bylo možné jednotlivé vrstevnice vůbec vykreslit a nedocházelo k jejich splnutí. (Huml et al. 2001) Výpočet vhodné hodnoty intervalu lze dostat ze vztahu „ $i = M / 5000$ “, kde „ i “ je vhodný interval vrstevnic a „ M “ označuje měřítkové číslo mapy. (Krtička, 2007) V topografických mapách je použit konstantní vrstevnicový interval pro veškeré mapové listy určitého měřítka. U geografických map, kde se vrstevnice obvykle vyskytují v kombinaci s dalšími metodami pro zobrazení výškopisu, mohou mít podstatně větší vrstevnicové rozestupy než mapy topografické. Vrstevnicové intervaly zde bývají obvykle proměnlivé, přičemž s narůstající výškou se zvětšují. (Čapek et al. 1992)

Jako první začali vrstevnic využívat Holanďané, kteří je používali pro znázornění mořských hloubek. Pro zobrazení výškopisu v terénu se poprvé vrstevnice objevily ve Francii na tamních vojenských mapách. (Hybášek, 1993) Vrstevnice bývají někdy označovány jako isohypsy, přičemž význam těchto slov je totožný. Jako hloubnice neboli isobaty se označují vrstevnice o záporné výšce. Těmi se označují místa o stejné hloubce, používají se tedy pro určení reliéfu mořského dna. Nejčastěji jsou vztaženy rovněž k mořské hladině. Protože je pro konstrukci vrstevnic nutné umět určit výškový rozdíl, jako první se začaly využívat isobaty, neboť měření hloubek je na provedení snazší než měření výšek. Isobaty tak využíval již v roce 1584 P. Bruinss. (Čapek et al. 1992) Do mapy se vrstevnice zakreslují hnědou barvou ovšem s danými výjimkami, kterými jsou modře zakreslované hloubnice, tedy místa trvalého zalednění a místa s trvalým sněhem. (Krtička, 2007)

Protože vrstevnice v terénu ve fyzické podobě neexistují, nelze je většinou v terénu ani s využitím polohopisu přesně lokalizovat. Vrstevnice tak působí v podobě celkového obrazu, který dokáže v uživateli vyvolat prostorový dojem. Tento dojem je logicky tím lepší, čím větší je hustota jednotlivých vrstevnic a tedy jejich menší interval. Obvykle v méně členitém terénu postačují tři vrstevnice na čtvereční decimetr, s větší členitostí jich pak logicky přibývá. V mapě může nastat situace, že se na jednom místě sejdou uzavřené vrstevnice bez číselného označení výšky. Tím vzniká problém s určením, zda se v daném místě nalézá vyvýšenina nebo naopak sníženina. (Čapek et al. 1992) V mapě jsou proto vrstevnice doplněny

o spádovky, což jsou krátké čáry vyznačující směr sklonu. Značení, je doplněno pomocí kótování a orientováno čitelným způsobem směrem do kopce a je rozptýleno rovnoměrně po celé ploše mapy. (Krtička, 2007)

Tvorba vrstevnic může probíhat na základě tří odlišných způsobů. Prvním je interpolace, která je poměrně pracná a vychází ze zaměření jednotlivých výškových bodů v terénu, čímž vznikne orografické schéma, na jehož podkladu pak probíhá konstrukce vrstevnic. Druhým je pak fotogrammetrie, kde vrstevnice vznikají na základě interpretace leteckých snímků. Třetí a poslední je metoda počítačové interpolace, což je v dnešní době nejčastější metoda vzniku vrstevnic, kdy se vrstevnice tvoří pomocí vhodné výpočetní techniky a vhodného softwaru. (Krtička, 2007)

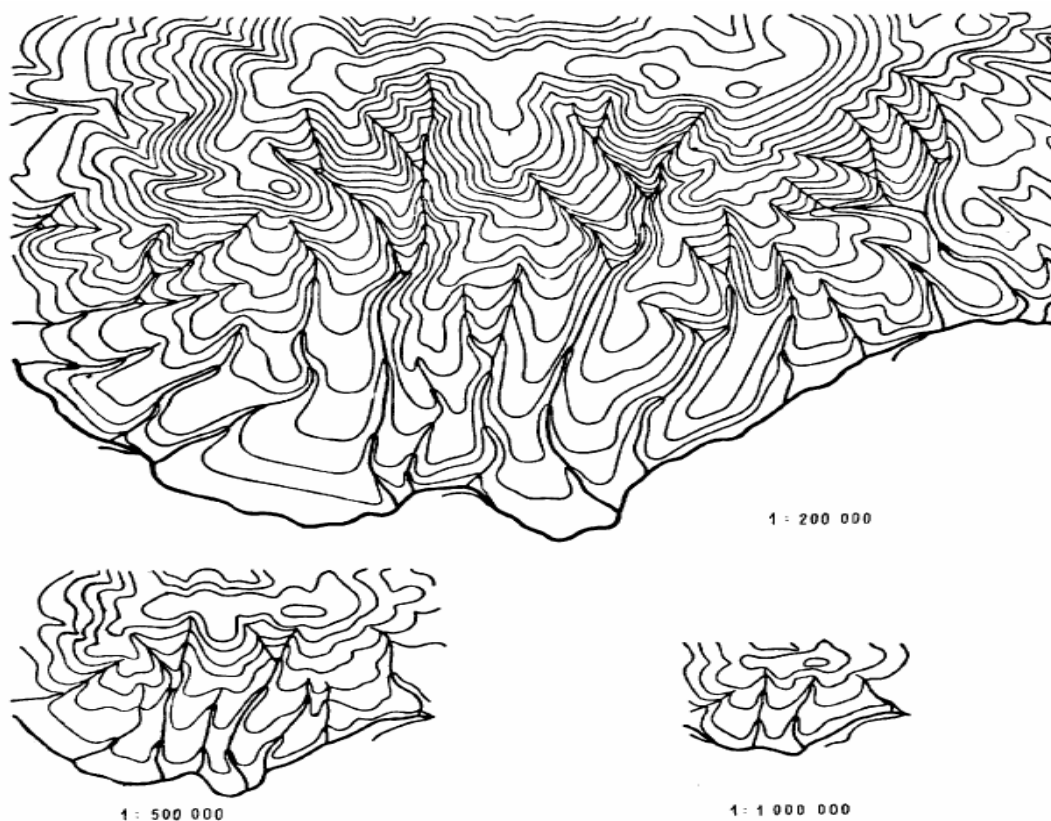
Lomenými a silně zakřivenými vrstevnicemi se vyznačují ostré hřebeny nebo případně strže. Naopak mírně zakřivené vrstevnice znamenají oblejší tvary reliéfu. Podobně závrtvy v terénu znamenají soustředěné kruhové vrstevnice v mapě. Velikost rozestupu sousedních vrstevnic zase pomáhá určit velikost sklonu. (Čapek et al. 1992) Znázornění výškopisu pomocí kombinace vrstevnic a kótování dává geometricky nejpresnější možnost zobrazení reliéfu. Toho se využívá jednak při řešení projekčních prací, jako jsou například řezy, profily nebo kubatury, jednak se využívá v kartografii i jako podklad pro další metody zobrazení, jako je třeba stínování nebo barevná hypsometrie. (Veverka a Zimová, 2008) Dnes jsou vrstevnice nejčastěji používaným způsobem pro zobrazování výškopisu. Jejich hlavní výhodou je přehlednost. Nevýhodou pak je nutná generalizace, která doprovází změnu měřítka. (Krtička, 2007)

3. 4. 1. Generalizace vrstevnicového plánu

Vrstevnicové zobrazení často podléhá generalizaci mající za cíl zlepšit přehlednost, ale zároveň by měl zůstat zachován typický reliéf území. Na významných terénních tvarech se rozestupy a tvar vrstevnic zachovává, u lokálních a méně významných tvarů je vždy nutné jednoznačně rozhodnout, zda budou zobrazeny či ne (obr. č. 9). U zobrazených tvarů se totiž jejich tvar musí projevit na každé vrstevnici, která jimi prochází. Na místě vynechaných tvarů se pak

procházející vrstevnice vyrovnávají. Obecně se pak dává přednost vyvýšeninám před sníženinami. Při generalizaci může docházet ke slučování vrstevnic, ovšem jen v místech, kde to nepovede k chybnému chápání reliéfu. Toto slučování je tedy nevhodné v místech s početným zastoupením izolovaných terénních útvarů jako sopečné kužele nebo třeba krasové závrtky. Generalizace vrstevnicového plánu musí dále odpovídat generalizaci zbytku mapového obsahu. V principu tedy nelze vynechat zobrazení údolí, zatímco by na mapě zůstal potok. (Čapek et al. 1992)

Postup při generalizaci vrstevnicového obrazu lze v zásadě shrnout do několika bodů. Nejdříve se generalizuje orografické schéma, přičemž se bere ohled na měřítko. Dále se vykreslí úseky hlavních vrstevnic, které se nacházejí v místech hřbetnic, údolnic a spádnic. Poté dojde k vyznačení vrcholů u vyvýšenin a sedel. Hlavní vrstevnice se dokreslí tak, aby vznikl jejich ucelený průběh. Nakonec dojde k dokreslení ostatních vrstevnic spolu s dalšími výškopisnými prvky. (Veverka a Zimová, 2008)



Obr. č. 9: Vrstevnicový plán a postupná generalizace (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

3. 4. 2. Základní vrstevnice

Výšku těchto vrstevnic je možno dělit vybraným základním vrstevnicovým intervalem. (Veverka a Zimová, 2008) Základní vrstevnice se zakreslují pomocí tenké plné čáry. Jejich rozstup nesmí překročit 9 až 12 mm, protože pak by obraz nepůsobil prostorově. Zároveň ale minimální možný rozstup je 0,3 mm z důvodu tiskových možností. (Hybášek, 1993) Na místech se sklonem 45° a více by však byl rozstup těchto vrstevnic příliš malý, proto se zde kreslí pouze vrstevnice zdůrazněné. (Čapek et al. 1992)

3. 4. 3. Zdůrazněné vrstevnice

Někdy jsou označovány jako hlavní vrstevnice a lze je charakterizovat tak, že výška je násobkem vybraného výškového intervalu. V mapě jsou dále opatřeny číselnou kótou. (Veverka a Zimová, 2008) Ta je umístěna do mezery vzniklé přerušením na některých místech vrstevnice. (Hybášek, 1993) Zapsány jsou ve směru průběhu vrstevnic čitelně vrchní stranou čísel do kopce. Jednotlivé kóty se nachází v místě přerušení vrstevnice tak, že vrchní polovina čísla se nalézá nad vrstevnicí a spodní polovina pod ní. Jednotlivá čísla okótovaných vrstevnic by neměla v mapě vytvářet sloupce, ale naopak by měla být rozptýlena po celé ploše. (Čapek et al. 1992) Pro větší přehlednost se každá zdůrazněná vrstevnice zakresluje v celém svém průběhu zesílenou čarou. (Krtička, 2007) Pomocí nich bývá dosaženo větší přehlednosti ve vrstevnicové kresbě. Nejčastěji se pro místa jejich zakreslení používá pětinasobku základního intervalu. (Huml et al. 2001)

3. 4. 4. Doplnkové vrstevnice

Smyslem doplňkových vrstevnic je lepší naznačení tvaru reliéfu. Používají se v místech mimo probíhající základní vrstevnice, kde se nachází nějaká změna v reliéfu, v mapě je nalezneme zakresleny přerušovanou čarou. (Krtička, 2007) V praxi se jedná nejčastěji o velmi rovinatá území, přičemž jejich interval bývá poloviční, případně čtvrtinový než je interval základní. Na rozdíl od ostatních nemusí být doplňkové vrstevnice uzavřené. (Čapek et al. 1992) Důvod, proč není možné

dodržet jednotný interval na celé mapě je zejména sklon a členitost daného území. V plochých a rovinatých územích proto bývá nutné interval zmenšit, což se děje pomocí jeho postupného půlení, zatímco ve velmi sklonitém terénu se některé základní vrstevnice vynechávají. (Hybášek, 1993) V rovinatém terénu bývá obvykle stanoven požadavek na takový interval, aby vzájemná vzdálenost doplňujících vrstevnic zobrazených na mapě nebyla delší než 0,10 m. (Huml et al. 2001) V zásadě tak lze říci, že se používají ke znázornění výškopisu v místech, kde by rozstup hlavních a základních vrstevnic nedokázal vyjádřit tvar reliéfu. (Veverka a Zimová, 2008)

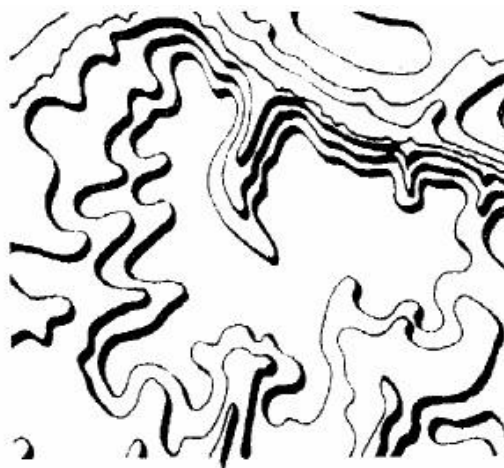
3. 4. 5. Pomocné vrstevnice

V případě, že se na mapě nalézají i prostory, které byly sice zaměřeny, ale případné zakreslení vrstevnic by aktuálnímu stavu odpovídalo jen po velmi omezenou dobu, neboť zde dochází k častým a radikálním změnám, se používá pomocných vrstevnic. Tyto pomocné vrstevnice pak slouží jen pro orientaci, nekótují se a zobrazují přibližný reliéf. Dá se říci, že jsou to vlastně horizontály a jejich funkce je podobně orientační jako na měřickém náčrtu. Příkladem takového území mohou být povrchové lomy či různá sesuvná území. (Huml et al. 2001) Taktéž se využívají pro značení stojatých vodních ploch. (Veverka a Zimová, 2008) Přestože jako ostatní vrstevnice spojují body o stejné výšce, nelze jistě určit, jakou mají hodnotu. Proto jsou spíše tvarovými čarami než výškovými ukazateli. (Čapek et al. 1992)

3. 4. 6. Stínované vrstevnice

Ty byly zajímavou, avšak poměrně pracnou technikou pro zobrazení reliéfu. Princip spočíval v tom, že se části vrstevnic v zastíněné oblasti vykreslovaly zastíněně, pomocí speciálního pera. Grafická náročnost vyžadovala u autora cit pro prostorovou představitost. (Veverka a Zimová, 2008) V 50. letech 20. století přišel brněnský profesor Erhart Srnka s metodou rozmáznutých vrstevnic. To spočívalo v tom, že se nezaostřený vrstevnicový obraz zaznamenal pomocí

fotoaparátu. Tím na snímku vznikl půltónový obraz, který ve své podstatě odpovídal tomu, že čím strmější terén je, tím tmavší barvou je značen, což byla vlastně zásada uplatňována již Lehmanem při šrafování. Toho bylo dosaženo díky různé hustotě původních vrstevnic. Opět se vycházelo ze severozápadního směru osvětlení. Profesor Srnka později vypracoval návrh na úpravu volnoosého pera, které by následně umožňovalo plynulé stínování vrstevnic. (Hybášek, 1993) Použití stínovaných vrstevnic pro zobrazení výškopisu výrazně zlepšuje prostorový dojem. Výškopis vyznačený touto metodou má potom stupňovitou podobu osvětlenou ze severozápadního směru. Osvětlené části mají bílou barvu, zastíněné jsou naopak černé (obr. č. 10). Tato metoda bývá nejčastěji používána při zobrazení reliéfu mořského dna případně při kresbě skal. (Čapek et al. 1992)



Obr. č. 10: Stínované vrstevnice (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

3. 5. Kótování

Jedná se o číselné značení výšek bodů či vrstevnic. Jejich hodnotu můžeme získat buď pomocí přímého polního měření, nebo fotogrammetricky, či ještě pomocí interpolace. (Veverka a Zimová, 2008) Jako výškové body se označují takové, u kterých byla jednoznačně určena výška. Na mapách se pak takové body objevují v podobě bodových značek, u kterých je jejich výška číselně uvedena. Tento celek se pak nazývá kótovaným bodem. Výška se obvykle uvádí v celých metrech, avšak na některých topografických mapách lze tuto hodnotu nalézt v decimetrové

přesnosti. (Čapek et al. 1992) Jejich použití v mapovém plánu umožňují rychlou a snadnou orientaci v terénu. Výškovou kótu je možno definovat jako číselné vyjádření ať už výšky nebo hloubky vůči předem zvolené hladinové ploše. Na základě tohoto se pak kóty rozdělují na absolutní a relativní. (Plánka, 2006) Specifika obou těchto druhů kót budou vysvětlena dále.

Kótami se nejčastěji opatřují vybrané body na orografických čárách, jako jsou údolnice, hřbetnice, apod., dále pak vrcholy, sedla, ústí řek či hladiny jezer. V topografických mapách se kótami označují i další body jako mosty, význačné stavby nebo komunikace, přičemž se využívají různé značky pro body nivelační, trigonometrické, astronomické a jinak určené. Hloubkovými kótami se označují hloubky maximální a hloubky lokálních elevací. Hustější výskyt bodů je v oblastech mělčin, což vyplývá z důvodů plavebního provozu. Počet jednotlivých kót je závislý na měřítku mapy, členitosti reliéfu a případné kombinaci s dalšími metodami pro zobrazení výškopisu. Nej hustěji jsou kótami opatřené topografické mapy horských oblastí, kde na jeden čtvereční decimetr připadá 20 až 40 výškových bodů. Naopak nejnižší hustotou se vyznačují geografické mapy malých měřítek v rovinatém území, kde může připadat méně než jeden výškový bod na čtvereční decimetr. U nepojmenovaných výškových bodů se daná kóta umísťuje buď vodorovně na pravé straně bodové značky, nebo pak nad ní. Pojmenované mají jméno umístěné nad bodem a výškovou kótu pod ním. Použitím větší velikostí jména a číselné hodnoty je možné zvýraznit významné body. (Čapek et al. 1992) Na mapách jsou kóty nejčastěji použity jako součást mapových značek, doplnění technických šraf, přerušení vrstevnicové kresby nebo vyznačení horských vrcholů. (Veverka, Zimová, 2008) Označují se jimi významné terénní body, jakými jsou kupříkladu vrcholy nebo rozcestí. Jelikož se jedná o číselné údaje, lze z nich získat rychlé a jednoznačné informace o výšce daného místa. (Huml et al. 2001)

Výhodou způsobu zobrazení výškopisu v mapách pomocí kótování je přesnost, neboť přesnost kót není závislá na velikosti měřítka. Nevýhodou je pak to, že samo o sobě nedokáže člověku navodit prostorový dojem zobrazovaného území a není moc přehledné. (Krtička, 2007)

3. 5. 1. Absolutní kóty

Absolutní výškou bodu je myšlena svislá vzdálenost mezi skutečným a nulovým horizontem daného bodu, tedy vlastně mezi bodem a zvolenou nulovou hladinovou plochou. (Huml et al. 2001) Příkladem známých nulových hladin může být například Jadran nebo Balt po vyrovnání (Bpv). Absolutní kóty se používají například pro označení významných bodů terénní kostry, geodetických bodů či vrstevnic. (Veverka a Zimová, 2008) Tyto kóty bývají na mapách zastoupeny ve výrazně větším počtu a udávají buď nadmořskou výšku bodu (výškové kóty), nebo hloubku bodu pod hladinou (hloubkové kóty). (Čapek et al. 1992)

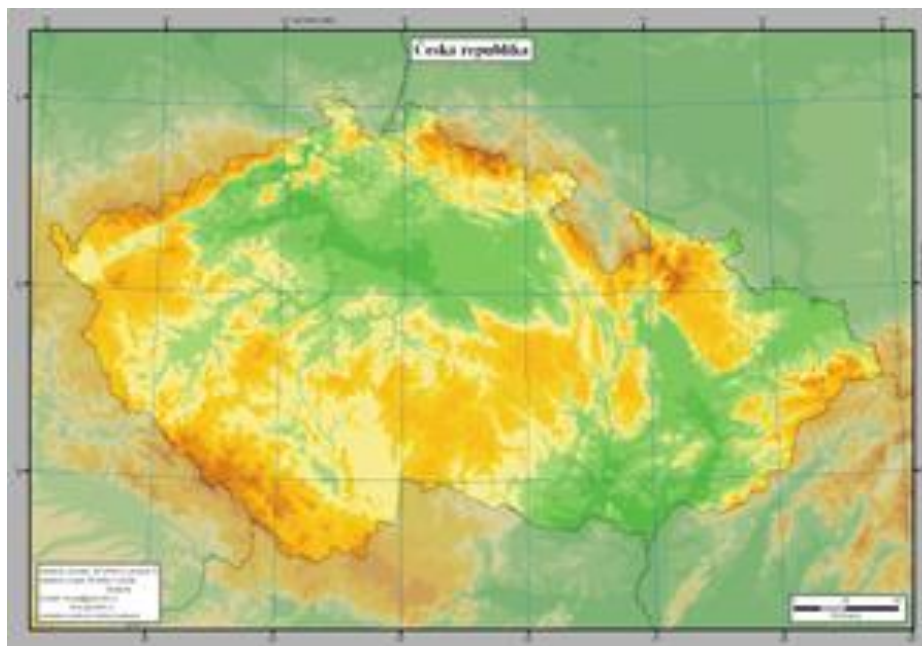
3. 5. 2. Relativní kóty

Dalším druhem jsou pak kóty relativní, které vyjadřují výškové rozdíly kótovaných objektů oproti okolí. (Veverka a Zimová, 2008) Jako relativní výška se označuje svislá vzdálenost mezi jednotlivými výškovými body, z čehož vyplývá, že jde vlastně o jejich vzájemné převýšení. Pak se tedy relativní výška rovná rozdílu výšek absolutních a bývá nazývána výškovým rozdílem. (Huml et al. 2001) Lokální srovnávací plocha bývá nejčastěji určena úpatím nebo vrchní hranou například skály. U bodů pod vodní hladinou se pak jako lokální srovnávací plocha používá střední úroveň vodní hladiny. (Čapek et al. 1992)

3. 6. Barevná hypsometrie

Tento způsob výškopisného znázornění se využívá zejména u zeměpisných map, protože mapy středního a malého měřítka nedovolují zvolit jednotný vrstevnicový interval. Je to z důvodu, že v horských oblastech by byla koncentrace jednotlivých vrstevnic neúměrně vysoká, zatímco v oblastech rovin by tento možný interval nedokázal vyjádřit tvar reliéfu. Použitím metody barevné hypsometrie lze tomuto stavu předejít a přehledným způsobem vyjádřit výškopisnou situaci na zobrazovaném území. (Veverka a Zimová, 2008) Základním předpokladem pro použití je volba vhodných výškových stupňů a barevné stupnice. Výškové stupně se volí na základě maximálního výškového rozdílu mapovaného území a počtu využitelných barev.

Rozdíl výšek se dále dělí buď lineárně, nebo tak, že se s přibývajícím výškou zvětšuje také interval. Nejčastěji se používají výškové stupně geometricky rostoucí s přibývajícím nadmořskou výškou. Pro znázornění výškových poměrů oceánského dna se naopak využívá stupnice s ekvidistantními hloubkovými stupni. (Čapek et al. 1992) Princip barevné hypsometrie tak spočívá ve vzájemně nespojitém vyjádření výškových poměrů v rámci jednotlivých výškových stupňů pomocí barvy (obr. č. 11). (Krtička, 2007)



Obr. č. 11: Barevná hypsometrie (zdroj: http://www.globinfo.cz/Mapy_reliefu.html).

Jiným názvem pro tento způsob znázornění je metoda barevných vrstev. Ta vychází z představy, že se pomocí jednotlivých barev znázorní tvar reliéfu v rámci výškových stupňů. Jako výškový stupeň se označuje převýšení mezi jednotlivými vrstevnicemi a vzniklá plocha se pak nazývá výškovou vrstvou. Tyto vrstvy se pak vybarvují barvou, které odpovídá danému výškovému stupni. Konkrétní barva je vybrána pomocí hypsometrické barevné stupnice. Kromě výšek se samozřejmě mohou pomocí barevné hypsometrie znázorňovat hloubky. V tom případě je používané názvosloví hloubkový stupeň, hloubková vrstva a batymetrická barevná stupnice. (Čapek et al. 1992)

Základem hypsometrie je myšlenka, že člověk vnímá prostorově barvy zobrazené v rovinném průmětu. Tóny z červené oblasti barevného spektra (teplejší barvy)

se totiž zdají být bližší, než studené tóny nacházející se v modré spektrální části. Vhodný výběr barev, které se použijí pro vyplnění oblastí mezi vrstevnicemi, tak může zvýraznit prostorový vjem při zobrazení výškopisu. U jednotlivých barev se pak uplatňuje různá sytost a výraznost v závislosti na výšce. (Hybášek, 1993) V mapových dílech České republiky se při využití barevné hypsometrie obvykle využívají výškové vrstvy vymezené pomocí vrstevnic, jejichž výšky jsou - 8000 m, - 6000 m, - 4000 m, - 3000 m, - 200 m, - 20 m, 0 m, 200 m, 500 m, 1000 m, 1500 m, 3000 m, 5000 m a 7000 m. (Plánka, 2006)

Barevná stupnice je tvořena barvami, které jsou uspořádány do sledu podle jistého klíče. Původ této metody sahá do roku 1830, kdy její základy vytvořil rakouský kartograf Franz Edler von Hauslab. Ten vyznával princip, že čím vyšší bude vrstva, tím tmavší se použije barva. Barvy použité v jeho stupnici jsou žlutá, světle červená, světle hnědá, olivově zelená, zelená, modrozelená, fialová a purpurová. Theodor Emil von Sydow zavedl stupnici regionálních barev využívající obecně zažitou představu zelených nížin a hnědých horských oblastí. (Čapek et al. 1992) Zde je tak pro zobrazení reliéfu využito barev, které jsou pro dané části v přírodě charakteristické. Modrá barva tedy značí oblasti pod hladinou, zelená nížiny, žlutá pahorkatiny, hnědá pak horské oblasti a bílá ledovce a místa s trvalým sněhovým pokryvem. (Hybášek, 1993) Postupným vývojem této stupnice vznikla takzvaná Sydow - Wagnerova stupnice, která využívá následně řazených barev: modrozelené, zelené, žlutozelené, žluté, žlutohnědé, oranžovohnědé, hnědé, hnědočervené. Taktéž z práce Theodora Emila von Sydowa vychází stupnice E Imhoffa. Její základní myšlenkou je využití pohledu vzdušné perspektivy. To znamená, že se barvy mění na základě rozptylu a pohlcování světla atmosférou. Vzniká tak efekt jako při leteckém pohledu. Horské hřbety se tak jeví světlé, zatímco údolí jsou tmavší. Využívá barevné škály od šedomodré, přes modrozelenou, zelenou, žlutozelenou, zelenožlutou, žlutou, světle žlutou a bílou. (Čapek et al. 1992) V roce 1898 zavedl Karl Peucker barevnou stupnici, která se vyznačuje tím, že s přibývajícím výškou je pro znázornění využito teplejších barev. Barevný sled je tedy následující: šedá, šedozeleň, modrozelená, zelená, zelenožlutá, žlutá, žlutooranžová, oranžová, červenooranžová, červená. Na zobrazení

vodních ploch je využito různých odstínů modré barvy, přičemž platí, že čím je daná vodní plocha hlubší, tím je modrá barva tmavší. (Veverka a Zimová, 2008)

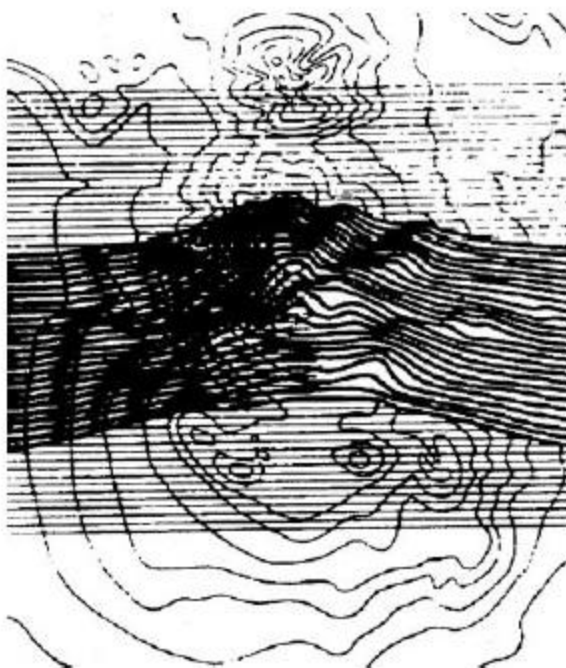
V dřívějších dobách byl výškopis znázorněn pomocí barevné hypsometrie doplňován o horské šrafy, což dobře vykreslovalo povrchové útvary v rámci vrstev. Dnes se kombinuje převážně se stínováním, což ale drobnější povrchové tvary nezachytí tak věrně. Vrstevnice vymezující jednotlivé vrstvy se nejčastěji vykreslují pomocí šedé barvy, aby co nejméně narušovaly stínování mapovaného území. To ovšem neplatí pro hloubnice, které jsou naopak výrazně kreslené pomocí modré barvy. (Čapek et al. 1992)

V současné době se můžeme s využitím barevné hypsometrie setkat zejména na obecně geografických mapách, kde se uplatňuje jako doplněk k vrstevnicovému zobrazení. Barevná úprava zde vychází z práce Theodora Emila von Sydowa. (Hybášek, 1993) Je to z důvodu, že poskytuje snadnou a rychlou výškovou orientaci a vyvolává i prostorový dojem zobrazení. (Čapek et al. 1992) Nalezneme ji tak kupříkladu v zeměpisných atlasech nebo nástěnných mapách. V topografických mapách se nepoužívá. Tato metoda zobrazování výškopisu má výhodu v poměrné přehlednosti a názornosti. Nevýhodou je že zelená barva značící nízké polohy může vyvolávat dojem, že v oblasti se nacházejí lesní porosty, přičemž ve skutečnosti se tam může nacházet poušť, a naopak hnědou barvou značené horské oblasti mohou být zalesněné. (Krtička, 2007)

3. 7. Profily

Použití profilů umožňuje přehlednou podobou zobrazit výškové poměry. Jejich využití se omezuje na liniové trasy, jako jsou kupříkladu komunikace či turistické trasy. Mají podobu svislého řezu skrze reliéf v požadované trase. Uplatňují se zde rozdílná měřítka pro vertikální směr, který je vyneseno ve větším měřítku a horizontální mající naopak měřítko menší. Rozlišuje se několik druhů profilů. První z nich jsou profily podélné, které vedou ve směru nejdelší osy zobrazované trasy. Naopak příčné profily se vyznačují tím, že jsou obvykle kolmé na profily podélné. Ještě je možno rozlišovat specializované profily, které jsou doplněny o další informace jako například geologické složení. Tato metoda

se využívá zejména pro znázornění výškových poměrů trasy, případně dále i pro tvorbu trojrozměrných modelů. Samy o sobě nenavozují prostorový dojem, avšak je možné jej docílit využitím metody Kitiro Tanaka (obr. č. 12). Ta spočívá ve složení většího množství souběžně vedoucích profilů s využitím menšího horizontálního odstupu. (Plánka, 2006)

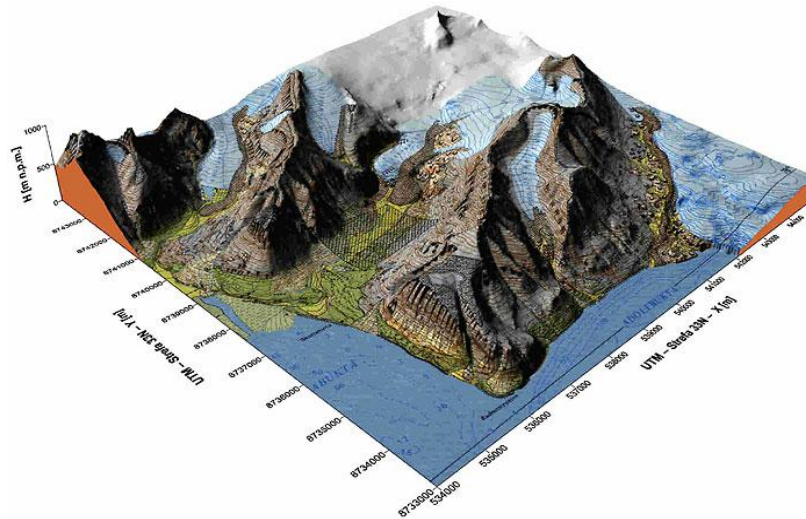


Obr. č. 12: Metoda Kitiro Tanaka (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

3. 8. Metoda blokdiagramu

Často se pro pohledové zobrazení reliéfu využívá takzvané metody blokdiagramu. Při použití tohoto způsobu zobrazení dochází ke zveličení výškových poměrů. Metoda je založena na matematickém základu a vychází z deskriptivní geometrie. Základem je pohledové zobrazení prostorového bloku, který bývá nejčastěji vymezený základnou obdélníkového tvaru. (Veverka, Zimová, 2008) Prostorový efekt zobrazovaného území je vyvolán pomocí perspektivního zobrazení mapovaného území (obr. č. 13). (Krtička, 2007) Boční strany blokdiagramů bývají obvykle opatřeny informacemi o geologických, hydrogeologických či případných dalších poměrech panujících v mapovaném území. Široké uplatnění zde při tvorbě

nachází výpočetní technika. Často se blokdiagramů využívá jako podkladu pro tvorbu trojrozměrných fyzických modelů. (Plánka, 2006)



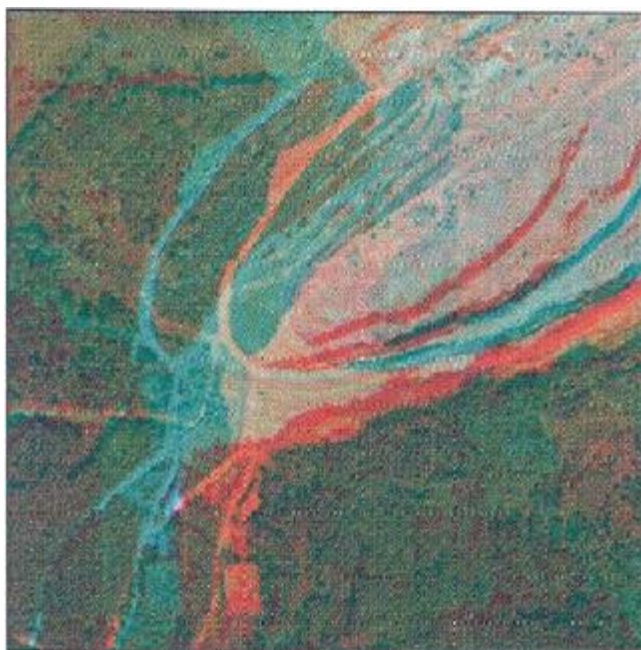
Obr. č. 13: Blokdiagram (zdroj: <http://igig.amu.edu.pl/strona-glowna/igig/badania-naukowe/galeria>).

3. 9. Fyzické modely

Jedná se o metodu, při které se k zobrazení používají fyzické modely. Mohou být vyrobeny z řady materiálů. Výškopisné zobrazení bývá znázorněno pomocí na sebe vrstvených a lepených plátů, vyrobených například z dřevěné překližky kde se vzniklé hrany mohou zaoblit pomocí sádry. Tento způsob se běžně používá v urbanismu, architektuře nebo třeba v územním plánování. Poskytuje plastický model terénu. (Veverka a Zimová, 2008) Často také nacházejí uplatnění jako reliéfní mapy ve výukovém procesu, v oblasti vojenství mají podobu topografických pískových stolů nebo jako tyflografické mapy, které jsou využívány lidmi se zrakovým postižením. Fyzické modely se mohou dělit na adjustované, které se vyznačují nezkresleným polohopisem, převýšené kdy jsou výšky zobrazené ve větším měřítku, hladké a stupňovité. Nevýhodou při použití této metody je její poměrně značná pracnost a menší geometrické přesnost. (Plánka, 2006)

3. 10. Anaglyfy

Tento způsob vycházející z fotogrammetrie je založený na stereoskopickém vjemu. Principem je, že se vrstevnicový obraz určitého území tiskne v červené a modrozelené barvě s posunem o jednu paralaxu. Použití anaglyfových brýlí pak navozuje u uživatele prostorový dojem. (Veverka a Zimová, 2008) Tyto brýle se vyznačují jedním okulárem červené a jedním modrozelené barvy. Pro tvorbu anaglyfických map je využíváno výpočetní techniky, která umožňuje vyhotovit mapy o značně bohatém obsahu. (Plánka, 2006) Místa, která autor z nějakého důvodu nechce prostorově zobrazit, se vybarvují šedou barvou (obr. č. 14). (Veverka a Zimová, 2008)



Obr. č. 14: Anaglyfová mapa (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

3. 11. Digitální model terénu

Digitálních modelů terénu se začalo využívat v oblastech geoinformatiky kolem roku 1950. (Klimánek, 2006) V 60 letech 20. století se poprvé objevuje termín „digitální model“. Jeho základním účelem byla automatizovaná tvorba vrstevnic. (Urban, 1991) V dnešní době je jejich použití pro modelování nedílnou součástí

činnosti v aplikacích GIS (Geografické informační systémy), při které dochází k práci spojené s topografií a zobrazením reliéfu. Základní anglická odborná terminologie rozlišuje tři způsoby digitálního modelování. DTM (digital terrain model) znamená, že se jedná o digitální model terénu nebo reliéfu, kde je zobrazen holý zemský povrch bez staveb a vegetace. Používá se i zkratka DMT (digitální model terénu). DSM (digital surface model) známý též pod zkratkou DMP (digitálním model povrchu) zobrazuje povrch tak, že zahrnuje body nacházející se například na budovách nebo i vegetaci. DEM (digital elevation model) neboli DVM (digitální výškový model) označuje rastrový model obsahující výškové body, které jsou vztažené k určitému referenčnímu povrchu. (Klimánek, 2006)

3. 11. 1. Digitální výšková data

Jedná se o data, která obsahují údaje o výškopisu ve formátu souřadnic x , y , z , jimiž je pokryté mapované území. Co se terminologie týče, bývá označován nejčastěji jako DMT, tedy digitální model terénu. Taktéž lze tato data občas nalézt pod zkratkami DTM (digitální terénní model) nebo DEM (digitální elevační model). Uplatnění pro tato data je všude tam, kde je potřeba brát ohled na tvary terénu. Mezi takovéto obory patří kupříkladu stavebnictví (výpočty objemů zeminy), vytýčení zátopových oblastí u vodních děl, případně se využívá v projekčních pracích pro tvorbu pohledových studií (například pro návrh nové cestní sítě). (Kolář, 2003)

Postupný vývoj v oblasti výpočetní techniky umožnil nové způsoby zobrazení zemského povrchu. Digitální model terénu je definován množinou zaměřených bodů. Ty obsahují údaj o polohových a výškových souřadnicích. (Maršíková a Maršík., 2004) Výšková data se mohou ukládat v několika formách. Častým způsobem je uložení dat do podoby pravidelné čtvercové sítě. Z toho vyplývá, že jednotlivé výškové body se nachází na průsečících čtvercové sítě, která je jakoby natažená na mapovaném povrchu. Nevýhodou tohoto způsobu je to, že daný výškový údaj je platný pro celou plochu konkrétní buňky, ta má však stejné rozměry bez ohledu na to, kde se nachází. To znamená, že není rozhodující, zda se jedná o rovinnou nebo naopak členitou horskou oblast. Pro větší přesnost zobrazení by bylo vhodnější využít hustější síť v místech s častými změnami výšek a naopak v rovinných

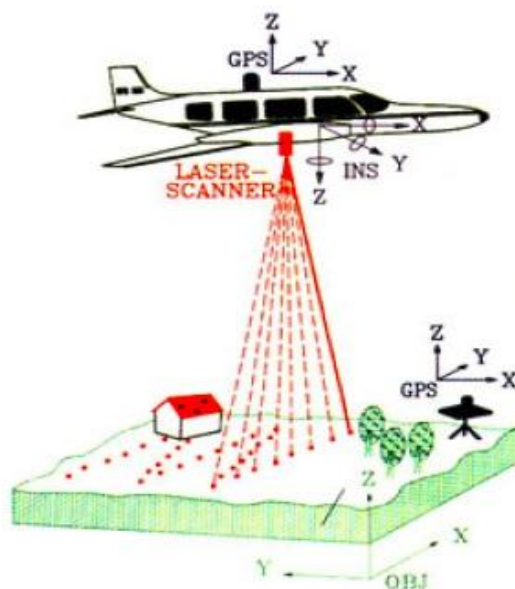
plochách by postačovala síť méně hustá. Toho je možné dosáhnout několika způsoby. Jedním z nich je využití proměnné velikosti kroku při použití pravidelné sítě a druhým pak použití nepravidelné sítě výškových bodů, které jsou následně spojeny do trojúhelníkové sítě (tzv. TIN). (Kolář, 2003)

Zkratka TIN je odvozena z anglického Triangulated Irregular Network. Jedná se o jednu z nejběžněji využívaných metod, která se používá pro zobrazení digitálních modelů terénu. Má podobu mozaiky tvořené trojúhelníkovými ploškami proměnlivé velikosti. (gislib.upol.cz) Tyto plošky na sebe vzájemně navazují. Každý z vrcholů trojúhelníku je pak opatřen vlastní výškovou souřadnicí. Velikou předností tohoto modelu je možnost přizpůsobení hustoty sítě vzhledem k množství a velikostem mapovaných výškových rozdílů. Dále pak tento model i přesně odpovídá nerovnoměrnému rozdělení určených výškových bodů. (Kolář, 2003)

3. 12. Letecké laserové skenování - LIDAR

Termín LIDAR znamená zkratku z anglického Light Detection And Ranging. Jedná se o jednu z nejnovějších technologií (její vývoj byl zahájen zhruba před 15 lety), která se využívá ke sběru trojrozměrných dat o reliéfu a objektech, které se na něm nalézají. Tento způsob vychází z použití laserových snímačů pracujících na podobném principu jako radarové senzory. Rozdíl je však v tom, že místo mikrovlnného záření používaného u radarů je zde využito paprsku laserového. Světelné záření je soustředěné do úzkého paprsku, který je vychylován obvykle napříč ke směru, kterým se pochybuje nosič. Laserový paprsek se tak po terénu pohybuje ve stopě, která je závislá na způsobu jeho vychylování. Tento způsob vychylování je nejčastěji v příčném směru, ale může mít i tvar podélných řádků, případně i tvar spirálovitý. Laser funguje v takzvaném pulzním režimu. Postup měření vypadá následovně (obr. č. 15). (Rapant, 2006)

LASER-SCANNING



Obr. č. 15: Schéma práce LIDARU (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

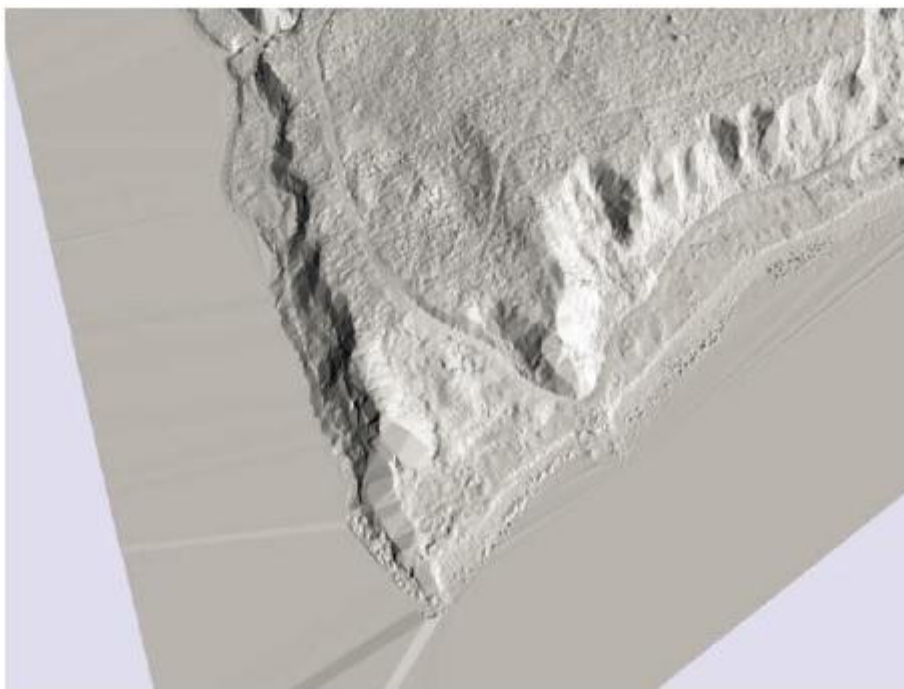
Princip měření se zakládá na analyzování svazku laserových paprsků, které jsou vysílány z nosiče. Ten se pohybuje v určité vzdálenosti od snímaného povrchu. Každý vyslaný paprsek je pak zaznamenán. Tento záznam paprsku obsahuje informace o jeho aktuální prostorové poloze. Toho je dosaženo použitím diferenciálního GPS (DGPS) společně s inerciální navigací. Vyslaný paprsek se od povrchu odrazí zpět k zařízení, přičemž je měřena vzájemná vzdálenost. (Klimánek, 2006) Tato informace obsahuje údaje o času vyslání impulsu, poloze a prostorové orientaci nosiče, a úhel vychýlení paprsku. Následně detektor zaznamená nejen informace o odraženém signálu, ale opět i čas a jeho intenzitu. Výpočtem se poté zjistí prostorové poloha bodu, od kterého došlo k odrazu signálu. Tato činnost je následně opakována pro každý další bod. Informace o zařízením vyslaném laserovém impulsu jsou zaznamenávány do počítače. (Rapant, 2006)

Laserové paprsky se vysílají v řádcích více méně kolmo ve směru pohybu nosiče. Vyzářovací úhel může být pro okrajové body až 25° . Ve chvíli dosažení takového krajního bodu pokračuje měření dalším řádkem, tentokrát však v opačném směru. Každý z paprsků má tvar kužele, jehož vrchol je v čidle přístroje a podstava se nachází na povrchu v místě odrazu. Velikost základny je proměnlivá a závisí na vzájemné vzdálenosti přístroje a snímaného povrchu. Platí zde přímá úměrnost.

Tedy čím větší je vzájemná vzdálenost, tím větší je také povrchová stopa. (Klimánek, 2006)

Laserové letecké skenování je tedy v základu založeno na určení geocentrických souřadnic bodů v trojrozměrném prostoru, tedy souřadnic x , y , z . Tyto body se určují pomocí prostorového rajonu. Jeho počátek je pak dán ohniskem laserového skeneru, jehož poloha je nejčastěji určena využitím diferenciálního GPS. To je provedeno v referenčním souřadnicovém systému WGS 84. Vzdálenost mezi zaměřeným bodem a ohniskem skeneru se vypočítává z času, který uplyne mezi vysláním a přijetím odraženého paprskem. (Brázdil, 2010)

Každý zaměřený bod má vlastní prostorové souřadnice, na které mohou být dále navázané další informace. Pokud se využije i informací o hodnotách odraženého záření, je možné každému z bodů přiřadit určitý intenzitě úměrný odstín šedé barvy (obr. č. 16). Z takového snímku lze poté pomocí interpolace odvodit obraz, který bude obdobou obrazu rastrového. Díky tomu se dají dobře rozlišit plochy mající velkou či naopak malou odrazivost. Jelikož má však záření generované pomocí laseru pouze určitou vlnovou délku, daná odrazivost se vztahuje právě k ní. Obvykle je využíváno infračerveného laseru. Záření v tomto pásmu de facto není odráženo vodními plochami. To přináší výhodu v tom, že na vzniklém rastrovém obrazu lze tato místa dobře odlišit. Nevýhodou je ale nemožnost mapovat s jeho pomocí reliéf dna. V případě potřeby jeho mapování je nutné využít zařízení, které generuje záření o vlnové délce modrozeleného světla. Tím je možné mapovat reliéf až do hloubky padesáti metrů. Tato hodnota by ovšem platila v čiré, stojaté vodě. V praxi tak bývá rozsah omezen z důvodu kalnosti vody a jejího proudění. (Rapant, 2006)



Obr. č. 16: Oblast mapovaná pomocí LIDARU (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

Přesnost získaných informací je závislá i na použité snímkovací frekvenci. Obecně platí, že čím je větší, tím přesnější údaje budou pořízeny. Dojde totiž k zaznamenání většího počtu hodnot na určené plošné jednotce. Pro získání digitálního modelu reliéfu je nutné dodatečnou filtrací odstranit signály odražené od budov apod. (Klimánek, 2006) Frekvence může být až 160 000 zaměřených bodů za jednu sekundu. Kvalita laserového leteckého skenování je ovlivněna také výškou, rychlostí a stabilitou nosiče. Dále se pak projevují i klimatické podmínky a parametry vlastního zařízení. Pro provádění laserového skenování je doporučena střední výška 1500 metrů nad povrchem. Skenováním z této letové hladiny je možné dosáhnout hustoty mračka bodů až jeden bod na metr čtvereční. Taktéž je vhodné provádět skenování v mimovegetačním období. V tomto období je totiž pro jednotlivé paprsky nejsnazší proniknout až na zemský povrch. (Brázdil, 2010)

Tato schopnost průniku je dána tím, že šířka stopy paprsku dává jistou šanci tomu, že alespoň jeho část pronikne skrz koruny stromů a odrazí se od terénu. Poté co obraz projde filtrací a klasifikací, se z bodového mračka získá tvar a průběh reliéfu. V oblastech, kde filtrací došlo k odstranění značných částí (například v husté zástavbě), se výsledný tvar reliéfu získá pomocí interpolace. Takto vzniklý digitální model reliéfu nabízí poměrně široké možnosti následného použití. (Rapant, 2006)

Jako nosiče zařízení pro letecké laserové skenování se využívá letadla, případně vrtulníku. Využití této metody mapování je však poměrně nákladné. Je ale možné kombinovat laserové skenování například spolu s fotogrammetrickým snímkováním. (www.geodis.cz) Taktéž v případě že je LIDAR doplněn o detektor viditelného záření, je možné přiřadit k jednotlivým bodům informaci o barvě odpovídající místu na zemském povrchu, ve kterém došlo k odrazu paprsku. Pro tento způsob získávání dat se využívá řady přístrojů. (Rapant, 2006)

Použitím metody laserového leteckého skenování byly vytvořeny tři následující výškopisné produkty. Prvním z nich je Digitální model reliéfu území České republiky 4. generace (DMR 4G). Vyznačuje se tím, že je složený z bodů pravidelně rozmístěných do podoby mřížky o rozměrech 5×5 m, střední výškovou chybu 0,30 m v nezalesněném a jeden metr v zalesněném terénu. Tento model byl vytvořen pro celé území České republiky. Primárně byl vytvořen pro ortogonalizaci leteckých snímků využívaných ke tvorbě ortofotomapy. Na jeho základě vznikl i stínovaný model reliéfu České republiky v rámci nové veřejné prohlížecí služby (příloha č. 1). Digitální model reliéfu území České republiky 5. generace (DMR 5G) je složen z výškových bodů rozmístěných do podoby nepravidelné trojúhelníkové sítě bodů (TIN). Jedná se o výškově nejpřesnější model mapující území České republiky. Střední výšková chyba je 0,18 m v nezalesněném a 0,30 m v zalesněném terénu. Využívá se ve vodohospodářství či územním plánování. Taktéž poskytuje data pro základní zdrojovou databázi, na jejímž základě probíhá tvorba vrstevnic základních map České republiky (příloha č. 2). Posledním je Digitální model povrchu území České republiky 1. generace (DMP 1G). (Skalická, 2013) Ten má opět podobu nepravidelné trojúhelníkové bodové sítě. Střední výšková chyba 0,4 m pro prostorově vymezené objekty, jako jsou například budovy, a 0,7 mm pro objekty, které nejsou přesně ohraničené jako kupříkladu lesy. (Brázdil, 2010) Jedná se o model povrchu, který zároveň obsahuje stavby i vegetační pokryv. Využívá se především k počítačovým analýzám řešícím viditelnost, případně řešící problematiku v oblastech krizového řízení. (Skalická, 2013)

3. 12. 1. Zpracování dat

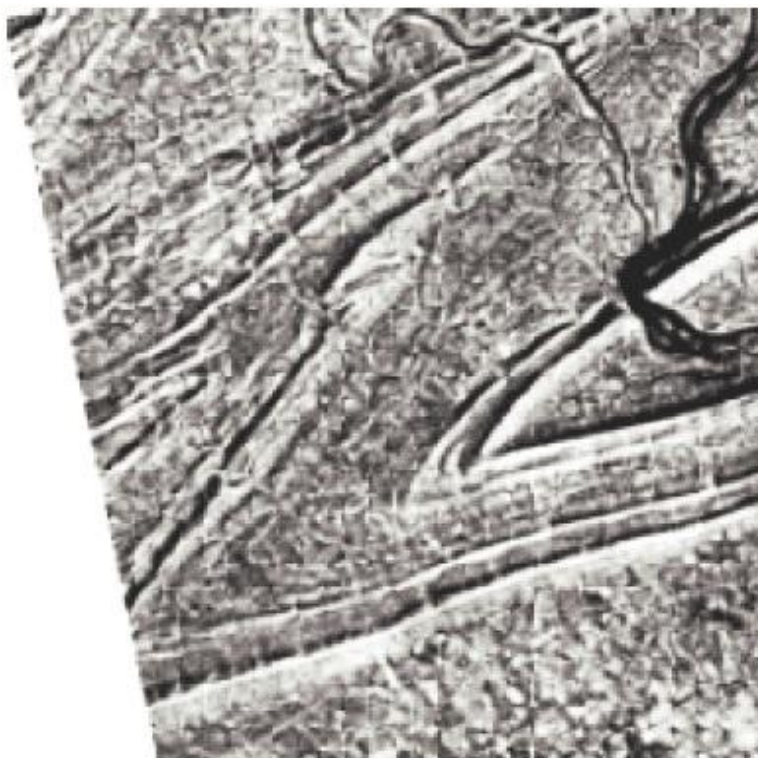
Základní podoba dat, získaných s využitím LIDARU, je poměrně nepřehledná. Následně se proto dále zpracovávají. Jednotlivé metody zpracování lze rozdělit do dvou základních skupin. První z nich je filtrace, jejímž cílem je zobrazit pouze ty body, u kterých došlo k odrazu od určitého povrchu. V případě mapování reliéfu tak dochází k odstranění bodů nalézajících se nad ním (odrazy od budov, stromů, atd.). Vzhledem k tomu, že bodové mračno obsahuje řádově miliony zaznamenaných bodů, se pro filtraci využívá automatizovaných procesů a postupů. K tomu se využívá různých filtrů. Těmi jsou například filtry morfologické nebo filtry založené na porovnání jednotlivých sklonů. Klasifikace naopak počty bodů neredukuje, ale jejím cílem je jejich roztřídění na základě typu povrchu, od kterého došlo k odrazu. Takovými třídami bodů bývají minimálně terén, vegetace a budovy. Je však možné zavést pro větší detailnost další třídy, jako například výšková vedení, nízká a vysoká vegetace, atd. Vlastní klasifikace je pak prováděna v jednotlivých krocích, kdy se v každém z nich pracuje pouze s jednou třídou bodů. (Rapant, 2006)

3. 13. Radarové senzory

Radarová aparatura je vybavena vlastním zdrojem mikrovlnného záření o vlnových délkách od jednoho milimetru až po jeden metr. Nižší frekvence záření umožňuje získání informací bez ohledu na oblačnost, mlhu či déšť. Další schopností záření vysílaného radarem je to, že dokáže pronikat skrze porost, půdu i sněhovou pokrývku. (www.gisat.cz) Pomocí radarových senzorů lze tedy mapovat i místa s horšími meteorologickými podmínkami. (Rapant, 2006) Oproti ostatním metodám používaným u optických skenerů se zde uplatňuje šikmý pozorovací úhel namísto vertikálního. (www.gisat.cz) Mapování reliéfu pomocí radarových senzorů náleží mezi aktivní systémy dálkového průzkumu země. Pracuje na principu aktivního vysílání elektromagnetického záření, které je registrováno po odražení od zemského povrchu zpět. Tento odražený signál pak mimo jiné nese informace o tvaru snímaného povrchu. (Rapant, 2006)

Použití radarů se syntetickou aparaturou, zkráceně SAR (Synthetic Aperture Radar), má značnou výhodu v nezávislosti na počasí a denní době. Dochází však

ke značnému ovlivňování topografií, vlhkostí povrchu a použitou polarizací pro vysílané i přijímané záření. (Kolář, 2003) Tyto radary se využívají pro praktické aplikace. Data zaznamenaná v odraženém signálu se mohou graficky znázornit v podobě černobílého obrazu (obr. č. 17). (www.gisat.cz) Radarové snímky se využívají například pro vyhodnocování změn reliéfu vlivem zemětřesení. (Rapant, 2006)



Obr. č. 17: Obraz pořízený radarem (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

3. 13. 1. Radarová altimetrie

Vychází z toho, že měření pomocí radaru v podstatě spočívá v měření vzdáleností. Přístroje bývají umístěny obvykle na družicích. Při použití této metody se snímá radarový odraz, u kterého je zaznamenán, kromě časové prodlevy mezi vysláním a přijetím signálu, i vlastní signál, který byl snímaným povrchem modifikován. Ze zaznamenaného času se zjistí vzdálenost mezi nosičem a snímaným povrchem. To je možné proto, že mikrovlnné záření generované radarem se vyznačuje konstantní rychlostí šíření. Pokud je tedy známa naměřená vzdálenost,

je poměrně jednoduché přepočítat ji na absolutní výšku snímaného povrchu, neboť je známa i výška orbity, ze které je snímáno. Radarové altimetrie se využívá převážně pro měření výšky hladiny oceánů, případně v místech, kde se na povrchu nachází ledový pokryv. Protože však různé druhy povrchů ovlivňují svými vlastnostmi radarový obraz, je přesnost měření proměnlivá v intervalu centimetrů až po metry. (Klimánek, 2006)

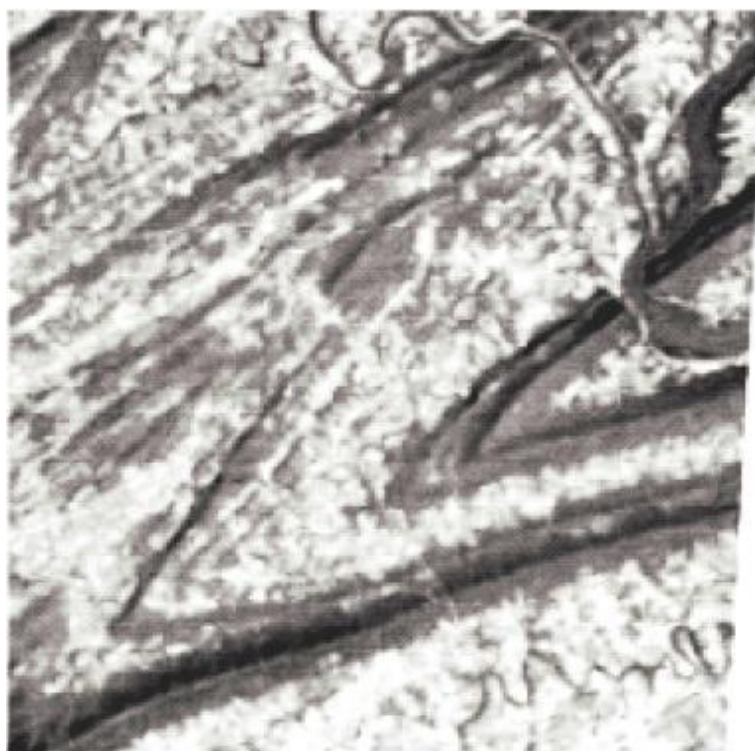
3. 13. 2. Radarová interferometrie

Informace pořizované radarovým zařízením se skládají ze dvou složek. První z nich jsou informace intenzitní. Ty obsahují převážně informace o odrazivosti snímaného povrchu. Druhou částí je složka fázová. Ta v sobě obsahuje informaci o okamžité vzdálenosti mezi radarem a každým z ozářených bodů nacházejících se na mapovaném povrchu. (www.gisat.cz) Základním principem této metody je získávání radarového obrazu konkrétního místa z různých poloh. Tím dochází k rozdílům ve fázi signálu nesoucího výškovou informaci toho konkrétního místa. Vlastní měření je pak založeno právě na tomto rozdílu. Po následném zpracování získaných obrazových prvků se získá interferogram, z něhož je možné určit relativní výškové rozdíly mezi jednotlivými body. Tyto relativní výšky je následně možné převést na výšky nadmořské. Výšková přesnost této metody je přibližně čtyři až pět metrů. Lze ji však zpřesnit pomocí diferenční interferometrie. Ta spočívá v rozdílu dvou interferogramů. Přesnost se zde zvyšuje a dosahuje řádově centimetrových rozdílů. (Klimánek, 2006) Na základě fázového rozdílu zjištěného ze dvou snímků konkrétního území se určí incidenční úhel. To je úhel, pod nímž dopadá vysílané radarové záření na mapovaný povrch. Následně lze z údajů o vzdálenosti, incidenčním úhlu a poloze radaru při obou snímcích vypočítat třírozměrný model zemského povrchu. (www.gisat.cz)

3. 14. Senzory tepelného infračerveného záření

Princip této metody spočívá v tom, že zemským povrchem vyzařované tepelné záření je snímáno pomocí senzorů. Ze zaznamenaných informací je poté

možno zjistit, jaké teplotní vlastnosti vykazují jednotlivé části snímaného povrchu. Zde se jako primární zdroj energie uplatňuje sluneční záření ohřívající zemský povrch. Ten poté část přijaté energie vyzařuje zpět ve formě tepelného záření, které je zaznamenáváno. Nevýhodou této metody je závislost na denní době snímání, neboť teplota země se mění v průběhu dne. Na druhou stranu na snímcích vytvořených touto metodou poměrně dobře vyniká říční síť (obr. č. 18). (Rapant, 2006)



Obr. č. 18: Povrch mapovaný IR senzory (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

3. 15. Fotogrammetrie

Fotogrammetrie vychází z měření na fotografických snímcích. Takto získaná data se následně dále zpracovávají. Podle stanoviště, ze kterého byl snímek zaznamenán, lze fotogrammetrii rozdělit v základu na pozemní a leteckou. Vývoj technologií přinesl možnost použít jako nosiče pro snímkovací přístroje umělých družic. Tím pádem se začalo užívat také termínu „kosmická fotogrammetrie.“ Dále je možné tento způsob mapování rozdělovat podle počtu

snímků na jednosnímkovou, dvousnímkovou či vícesnímkovou. Nejběžněji používaným typem se stala stereofotogrammetrie. Jedná se vlastně o dvousnímkovou fotogrammetrii vycházející ze schopnosti lidského oka vidět prostorově dva snímky za předpokladu, že je každý z nich pořízen z jiného stanoviště. (Maršíková a Maršík, 2007)

Pro provádění fotogrammetrické analýzy se využívá dvojice snímků. Ty mohou být pořízeny buď letecky, nebo družicově. U těchto snímků je důležitou vlastností jejich stereoskopický překryt dosahující obvykle hodnoty 60 a 80%. Následně se pomocí digitální fotogrammetrické stanice či stereoplotru provádějí další práce. Ještě před prováděním vlastního stereoskopického vyhodnocování musí proběhnout vlíčování bodů na snímcích, čímž se dosáhne určení vnitřní a vnější orientace snímků. (Klimánek, 2006)

Dříve se pro fotogrammetrii využívalo klasických leteckých snímků, které byly následně převedeny pomocí skeneru do rastrové formy. V současné době se již využívají digitální fotokamery buď velkého, nebo případně středního formátu. (www.geodis.cz) Rozlišují se dva způsoby zpracovávání získaných dat. V případě, že jsou data zpracovávána analogově, vidí operátor dvě tečky, se kterými pohybuje, dokud se nebudou překrývat. Množství zaměřených bodů se bude vyznačovat rozdíly v paralaxě, z čehož vyhodnocovací přístroj automaticky vypočítá vlastní výškové rozdíly spolu s absolutními výškami bodů. Při automatizovaném digitálním zpracování se snímky vyhodnocují pomocí vzájemné obrazové korelace odpovídajících si snímků. Cílem tohoto je nalezení polohy dvou vzájemně si odpovídajících bodů. U těch se následně registrují snímkové souřadnice a proběhne výpočet horizontální paralaxy. S její pomocí se stanoví výška bodu vztážená ke zvolené srovnávací hladině. (Klimánek, 2006)

3. 16. Senzory odraženého slunečního záření

Využívá se snímacích senzorů, které zaznamenávají sluneční záření odražené od zemského povrchu. Tyto senzory umožňují zachycovat záření ultrafialové, viditelné, blízké a střední infračervené. Základním principem činnosti těchto zařízení je rozeznávání různých druhů materiálu podle odražených vlnových délek.

To je dáno různým složením a strukturou jednotlivých materiálů. Nevýhoda těchto zařízení tkví v tom, že dokážou pracovat pouze za plného slunečního svitu. Jeho proměnlivost spolu s atmosférickými změnami může ve výsledku způsobit problémy s následnou interpretací obrazu (obr. č. 19). (Rapant, 2006)



Obr. č. 19: Obraz povrchu zaznamenaného senzory odraženého slunečního záření (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

Závěr

Závěrem lze říci, že problematika zobrazování výškopisu se objevuje již od dávných dob. Její historický vývoj přinesl celou řadu metod a způsobů jeho znázornění. Od jednoduché kresby kopečků až po komplexní záznamy reliéfu pomocí radarů či laserového leteckého skenování. Od odhadů výškových poměrů, přes jejich ruční měření až po automatizovaný dálkový průzkum.

U jednotlivých metod je zajímavé sledovat kromě jejich podoby také postupné zpřesňování údajů a uživatelskou čitelnost. Ne vždy totiž vývoj přinesl zlepšení ve všech směrech. Dobrým příkladem může být kótování. Ačkoli je to jeden z nejpřesnějších způsobů záznamu výškových poměrů (z důvodu nezávislosti na měřítku), tak kótování samo o sobě nedokáže navodit prostorový dojem. Jeho použití bez kombinace s jinou metodou by tak bylo velice nepřehledné. Naopak fyzické modely terénu poskytují sice poměrně dobrou představu o podobě reliéfu, ale úroveň geometrické přesnosti je znatelně nižší. Vývoj v oblasti mapování bude do budoucna pokračovat, klasická ruční tvorba mapového obsahu je dnes již prakticky nahrazena a automatizována pomocí výpočetní techniky. Obecně lze říci, že do budoucna bude snaha přinášet ještě detailnější a přesnější výsledky.

Seznam použitých zdrojů

1. Seznam literatury

1. BRÁZDIL, Karel, 2010. Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky. Ostrava: GIS.
2. ČAPEK, Richard, MIŠKOVSKÝ, Miroslav, MUCHA, Ludvík, 1992. Geografická kartografie. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. ISBN 80-04-25153-6.
3. HUML, Milan, BUCHAR, Petr, MIKŠOVSKÝ, Miroslav, VEVERKA, Bohuslav, 2001. Mapování a kartografie. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-02383-4.
4. HYBÁŠEK, Jaroslav, 1993. Topografická a tématická kartografie. Brno: VUT. ISBN 80-900590-6-6
5. KLIMÁNEK, Martin, 2006. Digitální modely terénu. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-982-3.
6. KOLÁŘ, Jan, 2003. Geografické informační systémy 10. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-02687-6.
7. KRTIČKA, Luděk, 2007. Úvod do kartografie. Ostrava: Ostravská universita. ISBN 978-80-7368-344-3.
8. MARŠÍKOVÁ, Magdalena, MARŠÍK, Zbyněk, 2006. Kartografie. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. ISBN 80-7040-841-3.
9. MARŠÍKOVÁ, Magdalena, MARŠÍK, Zbyněk, 2007. Dějiny zeměměřičtví a pozemkových úprav v Čechách a na Moravě v kontextu světového vývoje. Praha: Libri. ISBN 978-80-7277-318-3.
10. MICHALKA, Radovan, NOVODOMEK, Rudolf, 2002. K problematice zobrazování georeliéfu v topografických mapách. Kartografické listy 10. Bratislava: Kartografická spoločnosť a Geografický ústav SAV.
11. PLÁNKA, Ladislav, 2006. GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace. Brno: VUT.

12. RAPANT, Petr, 2006. Geoinformatika a geoinformační technologie. Ostrava: VŠB – Technická univerzita. ISBN 80-248-1264-9.
13. SKALICKÁ, Iveta, 2013. Nové zpracování výškopisu základních map České republiky. *Geodetický a kartografický obzor* 8, 59(101), Praha: ČÚZK a Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky. ISSN 1805-7446.
14. ŠÍMA, Jiří, 2011. Příspěvek k rozboru přesnosti digitálních modelů reliéfu odvozených z dat leteckého laserového skenování celého území ČR. *Geodetický a kartografický obzor* 5, 57(99), Praha: ČÚZK a Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky. ISSN 0016-7096.
15. TYRNER, Miroslav, ŠTĚPÁNKOVÁ, Hana, 1999. Kartografie. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 80- 86111-15-6.
16. URBAN, Jiří, 1991. Digitální model terénu. Praha: Ediční středisko ČVUT. ISBN 80-01-00553-4.
17. VEVERKA, Bohuslav, ZIMOVÁ, Růžena, 2008. Topografická a tematická kartografie. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-04157-4.

2. Elektronické zdroje

18. Geodis – geodetické práce, geodetické služby, mapy. *Laserové skenování*. [online]. QCM. [cit. 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://sluzby.geodis.cz/sluzby/laserscanning>
19. Geodis – geodetické práce, geodetické služby, mapy. *Letecké laserové skenování*. [online]. QCM. [cit. 22. 3. 2014]. Dostupné z: <http://sluzby.geodis.cz/sluzby/letecky-laserscanning>
20. Gisat. *Radarová interferometrie* [online]. Praha: Gisat s.r.o. [cit. 21. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/zpracovani-dat/radarova-interferometrie>

21. GISLib @ KGI. *Multimediální učebnice systému Idrisi32 Release Two, Lekce 14: Tvorba TIN* [online]. © Feix J. Poslední aktualizace 25. 5. 2005 [cit. 22. 3. 2014]. Dostupné z: <http://gislib.upol.cz/app/idrisi/lekce14.htm>
22. Globinfo – globální data a informace. *Mapy reliéfu* [online]. Globinfo-Milan Konšel © 2009 [cit. 18. 3. 2014]. Dostupné z: http://www.globinfo.cz/Mapy_reliefu.html
23. Hačecké rybníky u Hradce – hradec 1 [online]. Copyright © 2014 [cit. 19. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.hradec1.cz/2011/04/hacecke-rybniky-u-hradce/>
24. Sosnoviny – aktuality ze světa OB z Čech, Prahy i ze světa. *Ukázka stínované mapy* [online]. © Borovička Milan, poslední aktualizace 02.04.2014 12:56:16 [cit. 3. 4. 2014]. Dostupné z: http://www.orienteeing.cz/sosnoviny/hlaska2_stin.jpg
25. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geoekologii i Geoinformacji. *Galeria* [online]. Poznań: Instytut Geoekologii i Geoinformacji [16. 3. 2014]. Dostupné z: <http://igig.amu.edu.pl/strona-glowna/igig/badania-naukowe/galeria>
26. Vodní mlýny. *III. vojenské mapování – Františko-josefské* [online]. impire.cz: Copyright © 2012 [cit. 1. 4. 2014]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/poznavame-mlyny/default/12-iii-vojenske-mapovani-frantisko-josefske>
27. VÚGTK. *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online]. Zdíby: VÚGTK © 2005 – 2014 [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>

Seznam obrázků:

Obr. č. 1: Kopečkový podle Ptolemaia (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

Obr. č. 2: Fyziografický způsob podle Raisze (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

Obr. č. 3: Kreslířské šrafy (zdroj: <http://www.hradec1.cz/2011/04/hacecke-rybniky-u-hradce/>).

Obr. č. 4: Sklonové šrafy (zdroj: <http://vodnimlyny.cz/poznavame-mlyny/default/12-iii-vojenske-mapovani-frantisko-josefske>).

Obr. č. 5: Stínované šrafy (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

Obr. č. 6: Technické šrafy (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

Obr. č. 7: Topografické šrafy (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

Obr. č. 8: Ukázka stínované mapy (zdroj: http://www.orientering.cz/sosnoviny/hlaska2_stin.jpg).

Obr. č. 9: Vrstevnicový plán a postupná generalizace (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

Obr. č. 10: Stínované vrstevnice (zdroj: Topografická a tématická kartografie, 2008).

Obr. č. 11: Barevná hypsometrie (zdroj: http://www.globinfo.cz/Mapy_reliefu.html).

Obr. č. 12: Metoda Kitiro Tanaka (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

Obr. č. 13: Blokdiagram (zdroj: <http://igig.amu.edu.pl/strona-glowna/igig/badania-naukowe/galeria>).

Obr. č. 14: Anaglyfová mapa (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace).

Obr. č. 15: Schéma práce LIDARU (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

Obr. č. 16: Oblast mapovaná pomocí LIDARU (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

Obr. č. 17: Obrázek pořízený radarem (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

Obr. č. 18: Povrch mapovaný IR senzory (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

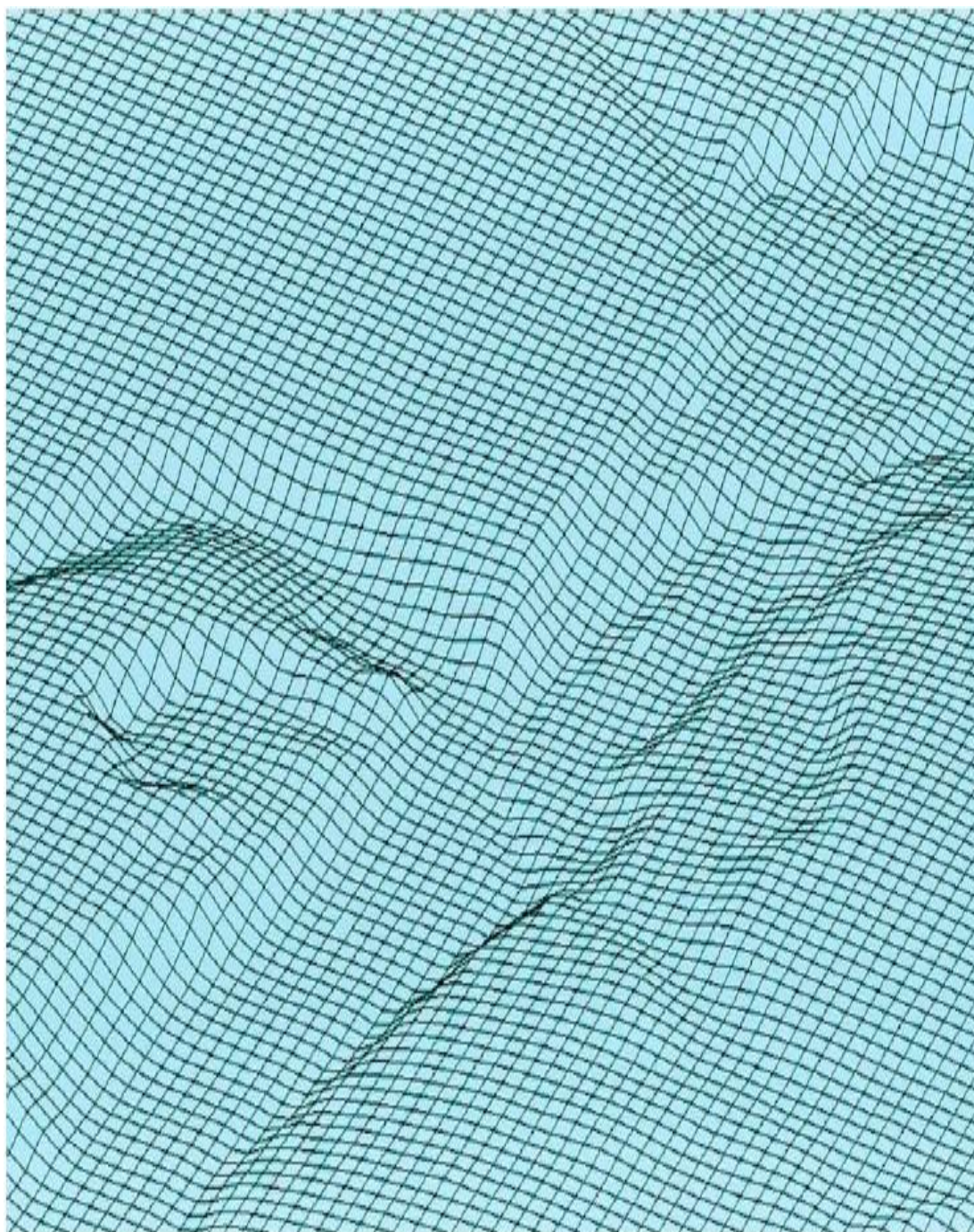
Obr. č. 19: Obrázek povrchu zaznamenaného senzory odraženého slunečního záření (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie).

Seznam příloh

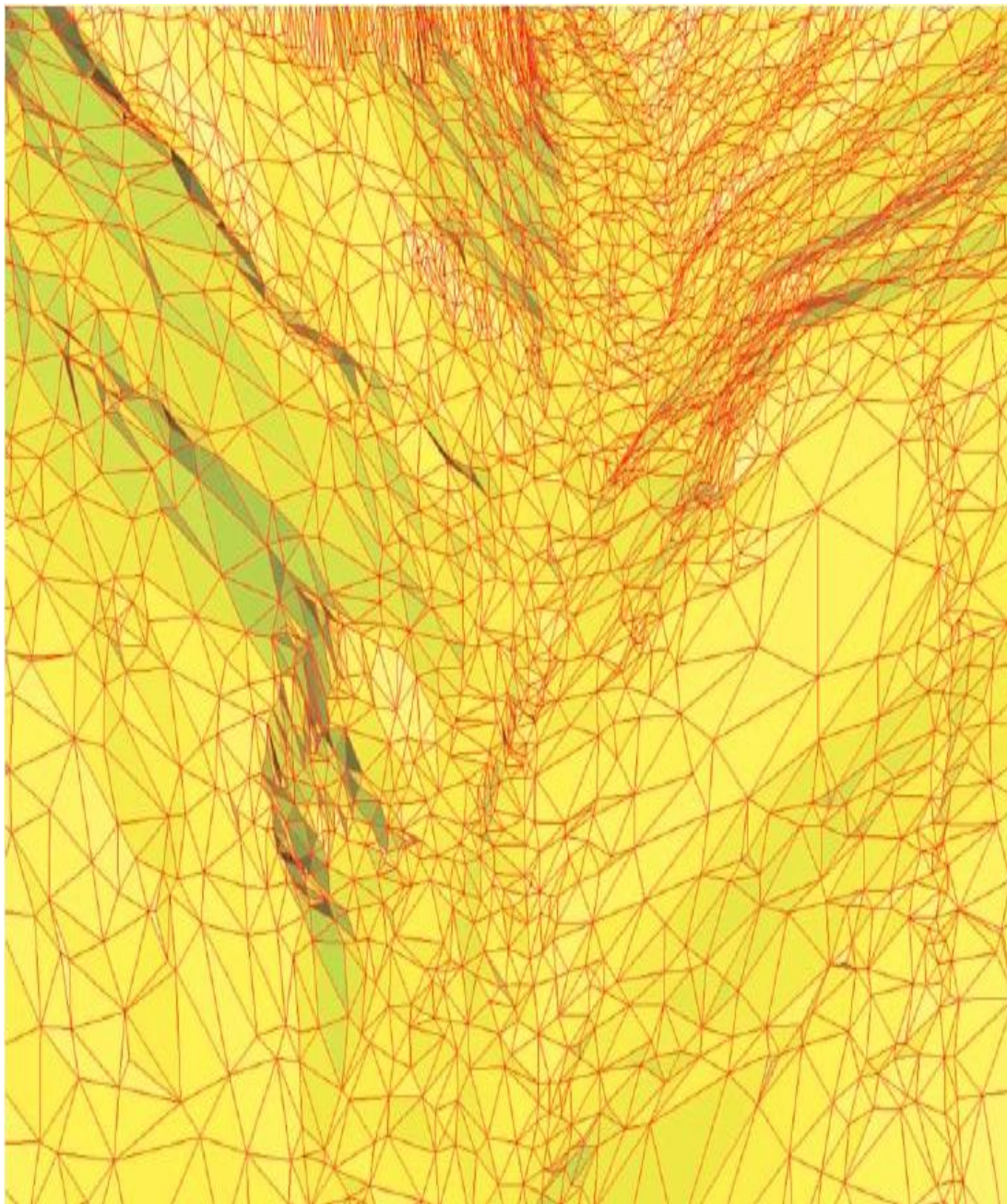
Příloha č. 1: Digitální model reliéfu 4G (mříž 5x5m)

Příloha č. 2: Digitální model reliéfu 5G (TIN)

Přílohy



Příloha č. 1: Digitální model reliéfu 4G (mříž 5x5m), (Šíma, 2011).



Příloha č. 2: Digitální model reliéfu 5G (TIN), (Šíma, 2011).