# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

**V PRAZE** 



# FAKULTA STAVEBNÍ OBOR GEODÉZIE A KARTOGRAFIE KATEDRA MAPOVÁNÍ A KARTOGRAFIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# MOŽNOSTI ZOBRAZENÍ VÝŠKOPISU ČR V PROGRAMU ARCGIS

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Cajthaml Ph.D.

Červen 2009

Milan Přikryl

FORMULÁŘ ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

#### Místopřísežné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze za odborného dohledu vedoucího bakalářské práce Ing. Jiřího Cajthamla Ph.D.

Dále také prohlašuji, že veškeré zdroje ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

V Praze dne 3. 6. 2009

Milan Přikryl

### Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jiřímu Cajthamlovi PhD. za jeho odborné rady, ochotu a trpělivost při vedení bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu za vstřícnost a poskytnutá data, k této práci tak potřebná.

## Obsah

Sez	nam	obráz	zků a tabulek	7
Klí	čová	slova	v češtině	9
Ano	otace			10
1.	Úvo	od		11
2.	Met	ody :	zobrazování reliéfu	12
2	2.1.	Rov	rinná pohledová znázornění	13
	2.1.	1	Kopečkový způsob	13
	2.1.	2	Pohledové mapy	14
	2.1.	3	Metoda profilů	15
	2.1.	4	Blokdiagram	15
2	2.2	Pro	storová znázornění	16
	2.2.	1	Anaglifové mapy a hologramy	16
	2.2.	2	Modely reliéfu a reliéfních map	17
2	2.3	Stín	ování	17
2	2.4	Stín	ované vrstevnice	18
2	2.5	Šraf	ování	18
2	2.6	Výš	kové kótování	22
2	2.7	Bar	evná hypsometrie	23
2	2.8	Vrs	tevnice	25
3.	Moz	žnost	i zobrazení výškopisu ČR v ArcGIS	27
3	8.1	Cha	rakteristika ArcGIS	27
3	3.2	Cha	rakteristika ZABAGED	30
3	3.3	Prác	ce v programu ArcGIS	32
	3.3.	1	Vrstevnice	32
	3.3.	2	Vytvoření vrstvy TIN a rasteru z dat ZABAGED	35
	3.3.	3	Stínování	36

	3.3.4	Barevná hypsometrie	.37
	3.3.5	3D pohledy v ArcGIS (aplikace ArcScene)	.38
	3.3.6	Funkce Topo To Raster	.39
	3.3.7	Zobrazování kót a bodových značek	.43
	3.3.8	Mapy malých a velkých měřítek v ArcGIS	.45
3.4	4 Výh	ody a nevýhody práce v ArcGIS	.46
4.	Závěr		.48
Sezn	am přílol	h	.49
Sezn	am použ	itých zdrojů	.50

# Seznam obrázků a tabulek

Obr. 26 - Classification	37
Obr. 27 - ArcScene	38
Obr. 28 - Ukázka 3D pohledu v ArcScene	39
Obr. 29 - Parametry funkce Topo to Raster	40
Obr. 30 - Placement properties	43
Obr. 31 - Symbol property Editor	44
Obr. 32 - Hypsometrická mapa z dat SRTM	46

# Klíčová slova v češtině:

ArcGIS, Základní báze geografických map (ZABAGED), reliéf, mapa, metoda, vrstevnice, výškové kóty, prostorový vjem.

# Key words in English:

ArcGIS, Fundamental Base of Geographic Data (ZABAGED), relief, method, contour, altitude figure, stereometrical sensation.

## Anotace

Bakalářská práce se zabývá možnostmi zobrazení reliéfu v mapách malých, středních i velkých měřítek. Jednotlivé metody popisuje a hodnotí. V druhé části v software ArcGIS testuje práce vybrané prostudované metody. Hodnotí možnosti software a navrhnuje případná vylepšení. Součástí práce jsou grafické přílohy zobrazující jednotlivé metody na vybraném vzorku dat.

### Abstract

Bachelor thesis dealt with possibilities of relief visualization in small, middle and large scales maps. It describes each method and compares them. We test ArcGIS on these methods in the second part of the thesis. Evaluate possibilities of software a propose improvements. Part of the thesis is graphic attachment of some chosen methods.

# 1. Úvod

Mapa zprostředkovává pohled na okolní svět, jeho uspořádání, a to mnohem výstižněji a srozumitelněji než jakýkoliv slovní popis. V dávných dobách bylo daleko snazší a názornější zkoumat své okolí, svět i vesmír pomocí kartografických prostředků a i méně poučení lidé se dokázali zorientovat v jednoduchém prostorovém náčrtku. I přesto že nevíme, kdy přesně první mapa vznikla, je téměř jisté, že kresby které svým charakterem odpovídaly dnešním definicím map, zde byly dříve, než samotné písmo.

Za první dochované mapy jsou všeobecně považovány prehistorické kresby na mamutích klech, hliněných destičkách, vyryté do stěn v jeskyních nebo do kamenů. Vzhledem k izolovanosti pravěkých společenstev i starověkých civilizací se nedá mluvit o nějaké kolébce kartografie. Mapy, respektive jim podobné kresby, vznikaly v Evropě, na blízkém východě i dávných asijských kulturách. Tyto první známé mapové výtvory nedělila pouze zeměpisná vzdálenost, ale také vzdálenost časová a to i několik tisíc let.

Jak se rozvíjela civilizace, zdokonalovaly se také mapy. Měnil se účel, kterému sloužily i materiály, ze kterého byly zhotoveny. Tento vývoj nás dovedl až do dnešní doby, kdy se moderní člověk bez map vlastně ani nemůže obejít, a to jak v hustě obydleném městě tak uprostřed divočiny. Dostali jsme se tak od mamutích klů a hliněných destiček až k GPS satelitům, počítačům a elektronickým mapám, které se nacházejí všude kolem nás.

Jelikož je toto téma velice obsáhlé, týká se práce převážně znázornění reliéfu. V první části si nastíníme vývoj zobrazování reliéfu v Českých zemích od počátků až k dnešním vyspělým metodám. Vývoj způsobu zobrazování kopíruje nutnost zpřesnění reliéfu v mapách. Jednotlivé metody rozebereme a popíšeme si jejich klady a zápory.

V další části budeme pracovat v programu ArcGIS, který je v dnešní době často vyhledávanou pomůckou pro znázorňování reliéfu. Vybrané techniky se pokusíme v tomto programu aplikovat na vzorku dat, který jsme získali od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (dále jen ČUZK). Zjistíme, které metody je dobré v softwaru použít a které se zobrazí pouze s chybou, nebo dokonce je nejsme schopni zobrazit vůbec.

V poslední kapitole si shrneme výsledky, kterých jsme v programu schopni dosáhnout a zjistíme, zda jsou pro danou metodu uspokojivé nebo ne a proč. Získáme tak jednoduchý přehled, ve kterých případech je vhodné ArcGIS použít a kdy se to příliš nedoporučuje, jelikož může dojít ke značným zkreslením v důsledku generalizace programem.

### 2. Metody zobrazování reliéfu

Jedna z nejstarších map zachycující také výškové poměry je Pavlovská mapa, nalezená na území ČR, která pochází z období cca 24000 let před naším letopočtem. Na mamutím klu je vyryta dvojitá linka, která má nejspíš symbolizovat meandrující tok řeky Dyje, šrafami jsou vyznačeny svahové poměry Pavlovských vrchů a umístění tábora lovců mamutu. Už tyto první náznaky map používaly jazyk mapy v souladu s dnešním použitím.

Prehistorické nákresy s mapovými prvky paleolitického stáří jsou nálezy dvou kostěných destiček z r. 1891 s "mapou" cest a stezek v okolí jeskyní švýcarského Schaffhausenu.

Znázornění reliéfu je velmi choulostivá a složitá záležitost a není prakticky možné exaktně zemský povrch zobrazit. Neustále se totiž mění a s ním také výškové poměry. Proto přistupujeme ke generalizaci a terén se snažíme interpretovat přehledným a názorným způsobem tak, aby se v něm byl schopen zorientovat i člověk, který v tomto oboru není vzdělaný.



Obr. 1 - Pavlovská mapa

# 2.1. Rovinná pohledová znázornění

Tato znázornění zobrazují terén způsobem, kterým při pohledu do mapy získáváme prostorový vjem. Díky tomu vzniká pocit pozorování skutečného reliéfu. Metody nejsou přesně matematicky definovány a jde spíše o umělecké vyjádření, nicméně u kvalitního znázornění je prostorový vjem velmi reálný.

### 2.1.1 Kopečkový způsob

Tento způsob znázornění reliéfu zavedl již v 1. Století našeho letopočtu Ptolemaios. Pravděpodobně je to také jedna z nejstarších metod, kterými se výškopis znázorňoval. Pomocí kresby kopců se vyznačovala významná pohoří, nebo jednotlivé hory. I přestože metoda nemá jak matematický tak geometrický podklad, je velmi názorná a její vylepšené formy se používají i dnes v některých atlasových mapách. Z vykreslení kopečků je možné rozpoznat tvary útvarů, členitost terénu a výškové poměry mezi jednotlivými horami.



Obr. 2 - Crigingerova mapa Čech

Reliéf českých zemí byl poprvé vyobrazen na Crigingerově mapě Čech z roku 1568 (Obr. 2). Mapa dobře vystihuje některá hraniční pohoří, okolí Brd a České středohoří.

### 2.1.2 Pohledové mapy

Pohledové mapy (Obr. 3) nám poskytují perspektivní pohled na reliéf. K jejich vytvoření používáme jen určitý počet vynesených bodů. Je potřeba zvolit libovolný směr pohledu a vertikální směr pohledu.

Mapy nemají geometrickou hodnotu a tvorba mapy je pak stejně jako u kopečkové metody spíše dílem kartografa. V dnešní době jsou převážně produkovány s pomocí výpočetní techniky. Jsou hojně používané jako turistické mapy, nebo mapy horských soustav. Pohledové mapy rozsáhlých částí zemského povrchů jako např. kontinenty jsou někdy označovány jako globální pohledy.



Obr. 3 - Pohledová mapa vysoké tatry

Výškové poměry se u pohledové mapy výrazně převyšují. Při tvorbě se velmi často užívá barevných leteckých snímků se šikmou osou záběru.

### 2.1.3 Metoda profilů

Profily jsou oblíbená a používaná pomůcka v inženýrské geodézii, nebo také podél vodních toků. Jsou to průsečnice, nejčastěji svislé plochy, protínající zemský povrch. Konstruují se v pravoúhlé souřadnicové soustavě, kde osa *x* znázorňuje vzdálenosti jednotlivých bodu a na ose *y* se vynášejí jednotlivé výšky, které jsou velmi často násobeny konstantou, aby vzniklé převýšení bylo patrnější. Takto vynesené body se většinou spojují lomenou čarou.

### 2.1.4 Blokdiagram

Blokdiagram (Obr. 4) je způsob, kterým se znázorňuje určitý výsek zemské kůry pomocí perspektivy. Jednotlivé hrany jsou ohraničené pravoúhlými svislými rovinami. Metoda má exaktní matematický základ a vychází z deskriptivní geometrie (Prof. Ing. Bohuslav Veverka DrSc. 2008).



Obr. 4 - Blokdiagram části Slovenského krasu

Výřez se orientuje tak, aby se území svažovalo k pozorovateli. Pro zvýraznění prostorového dojmu se vykresluje i část, která je pod zemí. Díky tomu se používá především v geologii a geomorfologii.

## 2.2 Prostorová znázornění

Tyto speciální mapy jsou velmi reálné, jelikož využívají různých metod k vytvoření 3D pohledu a umocňují tak pocit, že pozorovatel sleduje skutečný terén. Tyto metody jsou však poměrně náročné, nákladné a k jejich tvorbě je zapotřebí počítačové techniky.

### 2.2.1 Anaglifové mapy a hologramy

U anaglifových map získáváme prostorový vjem díky stereoskopickému efektu. Výškopis je složen ze stereo dvojice snímků. Ty jsou natištěny přes sebe, nebo je jednotlivě vkládáme do stereoskopu. Mapy jsou vytvářeny v červených a modrozelených barvách, které jsou vzájemně posunuty.

Při použití speciálních brýlí, které mají speciální skla filtrující jednu barvu do jednoho oka a druhou barvu do druhého, dostáváme do každého oka jiný obraz. Mozek pak vnímá obraz jako prostorový. Efekt je pozorovatelný také jinými způsoby, princip ale zůstává stejný a to rozdělit jednotlivé obrazy, každý do jednoho oka. Efektu lze také docílit bez pomůcek, k tomu je ovšem potřeba trénink.



Hologramy nabízejí uchování možnost perspektivních trojrozměrných modelů. Využívají metody úplného záznamu pro zachycení třetího rozměru na rovinné fotografické desce. Zdánlivý model, barevný a věrný, se objeví trojrozměrně před nebo za průzračným hologramem, jímž

Obr. 5 - Anaglyfová mapa vrstevnic

pozorujeme. V kartografii se

hologramy uplatňují při zobrazování skutečného povrchu, digitálních modelů terénu nebo reliéfních map.

#### 2.2.2 Modely reliéfu a reliéfních map

Modely reliéfu jsou vlastně zmenšeniny reliéfu. Pomocí kartografického zobrazení se převádí polohopisná složka do roviny. Nad tuto rovinu se konstruují výškové tvary. Výškové měřítko je často násobeno konstantou, aby byly rozdíly zjevné. K modelům reliéfu se také přiřazují reliéfní glóby, což jsou vlastně modely reliéfu na kouli či elipsoidu a mají za úkol znázorňovat Zemi, nebo vesmírná tělesa.

**Reliéfní mapy** jsou modely reliéfu, jež jsou znázorněné trojrozměrně. Jsou využívány převážně k výuce a to pro svou názornost. Další možností je spojitý model reliéfu, na kterém leží mapová kresba. Jelikož je třetí rozměr znázorněn prostorově, není již třeba používat barevná zvýraznění. Tím na mapě vzniká prostor pro další informace, které mapa může nést. Stejně jako modely reliéfu tak i reliéfní mapy se převyšují. Speciálním druhem reliéfních map, jsou tyflografické (slepecké) mapy. Mají omezenou náplň a musí mít velmi výrazné, tvarově a velikostně odlišné značky a popisy Braillovým písmem.

### 2.3 Stínování

Touto metodou se doplňuje obraz reliéfu zaznamenaný jinými metodami a to pro dobrý prostorový vjem, který vytváří. Vytváří dojem osvitu terénu a tím i stíny v místech, kde je terén členitější. Velmi důležitý je úhel, pod kterým terén "osvítíme". Velmi častý je osvit ze severozápadu, jelikož se již od malička učíme, aby při psaní světlo přicházelo z této strany.

Osvětlení při stínování rozdělujeme do tří skupin:

- a) Stínování při přirozeném osvětlení
- b) Stínování při svislém osvětlení
- c) Stínování při šikmém osvětlení

Ad a.) Používá osvit ze směru slunečního osvitu, což je pro naše území od jihu. Tento směr je často propagován jako přírodě nejbližší, nese sebou však nebezpečí inverzního chápání reliéfu.

Ad b.) Používá osvit při kolmém dopadu světla s respektováním úhlu sklonu osvětlované plochy podle principu "čím příkřejší, tím tmavší". Výsledek je ovšem dosti nepřirozený.

Ad c.) Používá osvit shodný s rozložením světla a stínu na šikmo shora osvětleném trojrozměrném modelu. Přivrácené svahy jsou bílé a odvrácené tmavé.

# 2.4 Stínované vrstevnice

Stínované vrstevnice jsou kombinací dvou metod zobrazování. Doplnění vrstevnic o stínování zvyšuje plasticitu a tím i prostorovost, kterou výsledek přináší.



Obr. 6 - Stínované vrstevnice

Jedna z variant používá metodu vykreslování osvícených vrstevnic bílou čarou a vrstevnic ve stínu tmavě, plochy mezi vrstevnicemi poté zůstávají šedé. Takovéto stínování připomíná stupňový model reliéfu (Obr. 6). Metoda je velmi názorná při vykreslení mořského dna, nebo skal. Další metoda je velmi pracná a tudíž i málo používaná. Pomocí speciálního pera se vrstevnice v osvitu kreslí jemněji a vrstevnice ve stínu silněji. Pro vytvoření takovéto mapy musel kartograf pracovat s velkou zručností a prostorovou představivostí.

# 2.5 Šrafování

Šrafy jsou krátké čárky kreslené ve směru spádu, kde se s přibývajícím spádem zvyšuje hustota sousedních šraf. Strmá úbočí jsou pokryta šrafurou hustěji, plochy s menším sklonem jsou světlejší a vodorovné plochy zůstávají bílé. Tato metoda má sice geometrický základ, přesto z praktického hlediska mapu značně graficky zatěžuje a tím nepříznivě ovlivňuje její čitelnost.

**Kreslířské šrafy** jsou vůbec nejstarším použitím šraf. Poměry krajiny zachycují schematicky sklonové poměry krajiny a nemají geometrickou hodnotu. Na mírnějších svazích jsou delší a řidší, v místech prudkého srázu kratší a hustší.

**Krajinné šrafy** jsou užívány ke znázornění všeobecného průběhu silně generalizovaných útvarů. Často vyznačují úpatnice vyvýšenin, nebo koryta vodní eroze.

Šrafy, které jsou postaveny na matematickém základu, nazýváme **pravé šrafy**. Dělíme je na sklonové a stínové. Při jejich užití se musíme držet následujících zásad:

- Délka šraf odpovídá rozestupu sousedních vrstevnic.
- Šrafy jsou kolmé na vrstevnice, proto může být jejich obraz mírně zakřivený.
- Hustota šraf na délkovou jednotku musí být konstantní a to v celé mapě.

**Sklonové šrafy** vyjadřují sklon terénu poměrem světla a stínu daného vztahem mezi tloušťkou šraf a velikostí mezery mezi nimi; do kartografie je zavedl saský kartograf Lehmann. Platí zásada, čím větší je spád, tím je šrafura temnější.



Obr. 7 - Lehmannova stupnice

Lehmannova stupnice (Obr. 7) vychází ze zásady, že osvit plochy skloněné k horizontu o úhel  $\alpha$  má hodnotu osvitu rovnou  $\cos \alpha$  a stínu  $1 - \cos \alpha$ , tj. že platí

$$\frac{stín}{světlo} = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{tloušťka \, šrafy}{šířka \, mezery}$$

Vodorovné plošky zůstanou bílé a svah kolmý k horizontální rovině bude černý. Protože v terénu převládají menší úhly sklonu, navrhl Lehmann modifikovanou II. (tzv. praktickou) stupnici, kde platí

$$\frac{stin}{sv \check{e}tlo} = \frac{\alpha^{\circ}}{45^{\circ} - \alpha^{\circ}}$$

Černě bude znázorněn svah již při sklonu 45° a zmenšování mezer mezi šrafami je přímo úměrné úhlům sklonu na intervalu 0° až 45° v kroku 5°. Stejná velikost šrafy a mezery nastává při sklonu 20°-25°.

Sklonové šrafy byly použity např. na mapách III. Vojenského mapování (Obr. 8), které vznikaly v letech 1870-1883 na požadavky dělostřelectva.



Obr. 8 - Sklonové šrafy na mapě III. vojenského mapování 1:25 000



Obr. 9 - Stínové šrafy

Stínové šrafy (Obr. 9) jsou kombinací dvou metod a to stínování a sklonových šraf. Při šrafování postupujeme stejně jako u sklonových šraf, tzn. čím příkřejší, tím tmavší. Metoda byla použita roku 1836 G. H. Dofourem. Zjistil, že strmost svahu je již dána délkou šraf, a že ji není nutné ještě zdůrazňovat tloušťkou. Proměnou tloušťku použil jako prostředku k navození prostorového vjemu při šikmém osvitu. Kresba se ve směru světla zjemňuje a zastíněné plochy se vyznačují tučněji. Výsledek působí daleko prostorověji než při užití sklonových šraf.

**Technické šrafy** (Obr. 10) jsou moderní aplikací šraf. Používáme je v mapách středních a velkých měřítek pro vyznačení protáhlých útvarů přírodního i umělého rázu. Kreslí se střídavě, jedna na celou délku a druhá o poloviční délce skloněné plochy ve směru spádu. V mapách větších měřítek se kreslí černě.



Obr. 10 - Ukázka šraf (ZM 1:10 000): A - technické šrafy, B - fyziografické šrafy

**Topografické šrafy** (Obr. 11) jsou obdobné jako šrafy technické. Mají tvar vzájemně uspořádaných klínků orientovaných ve směru spádu. Používají se k vyznačování terénních hran a rýh. Objekty přírodního původu se vyznačují hnědě, antropogenní útvary černě. Uplatňují se v topografických mapách.



Obr. 11 - Topografické šrafy

**Fyziografické šrafy** (Obr. 10), neboli skalní, jsou stínované vertikální i horizontální čáry ve směru hran. Šrafy nemají geometrickou hodnotu pravých šraf a slouží převážně jako výplň jednotlivých dílčích ploch ohraničených terénními hranami. Používáme je při znázorňování skal, ledovců a dalších útvarů, které pro jejich strmost nemůžeme zobrazit pomocí vrstevnic.

### 2.6 Výškové kótování

Kóty jsou výškové body, jejichž výška či hloubka je v terénu určena přímým geodetickým měřením, nebo fotogrammetricky. V mapě je zobrazujeme pomocí značek a výškového údaje (kótě). Tímto způsobem znázorňujeme jednotlivé body, vrstevnice nebo vodní plochy vůči zvolené srovnávací (hladinové) ploše. Údaje mohou představovat výšky výškových bodů, ale také hodnoty odsazené nebo hodnoty interpolované. Je to jedna z nejpřesnějších a také nejjednodušších metod pro zobrazení reliéfu. Kóty většinou udáváme v celých metrech, v některých podrobnějších mapách případně v decimetrech. Metoda není závislá na měřítku ani na způsobu vyhotovení mapy, jelikož se užívají číselné údaje, které jsou exaktní. V mapě bývají kóty součástí mapových značek, vkládají se do kresby vrstevnic, doplňují technické šrafy, vyznačují polohu vrcholů a sedel. Ve většině případů se případů se umisťují vodorovně, vpravo od značky bodu nebo nad ni. Pokud je bod pojmenován, umisťuje se poté název nad značku a kóta pod ni.

Výšky rozdělujeme na absolutní a relativní.

Absolutní tzv. nadmořské výšky jsou výšky, které jsou vztažené k základní (nulové) hladinové ploše. Většinou se jedná o střední hladinu moře, resp. povrch geoidu, z konkrétního období pozorování (u nás např. Jadran, Balt po vyrovnání). Označují významné body terénní kostry, body geodetických sítí, vrstevnice, vodní plochy aj.

**Relativní** výšky udávají výškové rozdíly kótovaných objektů vůči jejich okolí. Vyjadřují převýšení. Označují terénní stupně, výkopy, násypy, břehy, skalní převisy aj.

Při zaměřování podkladů pro vznik mapy, je zaměřováno velké množství bodů. Z těchto je nutno vybrat body, které se v mapě ponechají a které ne. Výběr vyžaduje kartografickou znalost a cit a nelze jej provádět mechanicky, jestliže požadujeme, aby byla mapa přehledná a dobře čitelná. Pro názorné vystižení terénu se body umisťují do míst, které tvoří terénní kostru. Dále v místech vrcholů, sedel, hladin jezer, ústí potoků a řek. V geografických mapách také na vrcholech jednotlivých geomorfologických celků. V topografických mapách se pak pomocí značky rozlišuje typ výškového bodu. Počet výškových bodů se určuje dle měřítka mapy, výškové členitosti, účelu mapy a způsobu zobrazení reliéfu. Nejvíce jich je na mapách topografických a nejméně na mapách geografických a plochých území.

#### 2.7 Barevná hypsometrie

Barevná hypsometrie je metoda, která užívá ke znázornění výšek stupnice barev. Metoda se uplatňuje především u map středních a malých měřítek, kde by docházelo k neúměrnému přehuštění vrstevnic v horských oblastech, a v rovinných oblastech by byly nevýrazné. Barevná hypsometrie umožňuje rychlou výškovou orientaci, poskytuje celkový přehled o reliéfu na velkých plochách a zároveň vyvolává prostorovou představu.

Barevná hypsometrie spočívá ve vytvoření výškových vrstev ohraničených vrstevnicemi na rozhraní typických intervalů získaných z hypsografické křivky, a jejich vybarvení. Hypsografická křivka ukazuje velikost plochy území nacházející se v libovolné nadmořské výšce. Intervaly volíme s ohledem na měřítko, účel mapy a výškovou členitost terénu. Většinou se používají typické, v závislosti na rozložení výšek na zemském povrchu, ale mohou být ve zvláštních případech jiné např.

 $i < 0,0003 \cdot M \cdot \tan \beta_{max}$ 

M .....měřítko mapy

 $\beta_{max}$ .....maximální sklon v dané oblasti

Výškovou vrstvu vybarvuje dle hypsometrické stupnice barev, případně u hloubek mluvíme o hloubkových vrstvách a batymetrické stupnici barev. Hypsometrickou (batymetrickou) stupnici barev tvoří sled barev uspořádaných dle určité zásady.

Volba výškových stupňů se odvíjí od možného počtu barev (většinou 6-10) a maximálního rozdílu výšek v území. Ten se modifikuje na rozdíl kót zaokrouhlených vrstevnic nad nejvyšším a pod nejnižším bodem. Celkový rozdíl se dělí buď lineárně, nebo velikost dílů roste s nadmořskou výškou. Pro znázornění souše se užívá velikost intervalů měnící se geometricky, pro oceány ekvidistantně.

Průkopníky metody byli vídeňští kartografové F. von Hauslab (1830) a Peucker (1898). Hauslab sestavil vyváženou stupnici dle zásady "čím výše, tím temněji". Použil barvy od nížin k výšinám: žlutá - světle červená - světle hnědá - olivově zelená - zelená -modrozelená - fialová purpurová. Th. E. von Sydow zavedl konvenční barevnou stupnici regionálních barev, na základě barev převládajících v přírodě. Ponechal pro vrstvu 200-500 m. n. m barvu bílou, pro nižší vrstvy použil odstíny zelené a pro vyšší odstíny hnědé. Po úpravách vznikla Sydowova - Wagnerova stupnice, tj. modrozelená - zelená - žlutozelená - žlutá - žlutohnědá - oranžovohnědá - hnědá hnědočervená od nížin k výšinám. Většina autorů stupnic ponechává modrou barvu ke znázorňování oceánů, dle zásady "čím hlubší, tím tmavší".

Sydow také zpracoval první stupnici podle zásady "čím výše, tím světleji", nejprve ve stupních šedi a později ve sledu šedá - šedozelená - žlutá - bílá. Nevýhodou je tmavá barva v nížinách, kde je obvykle mapa hustě zaplněná, hodí se proto zejména pro horské oblasti bez nížin.

K. Peucker, tvůrce teorie plasticity barev, navrhl spektrálně adaptivní stupnici dle zásady "čím výše, tím tepleji". Teorie je založena na prostorovém vjemu spektrální řady v důsledku různé vlnové délky. Pro stupnici použil barvy obsažené ve spektru a ve stejném pořadí. Vyloučil koncové červenou a fialovou, které se příliš odlišují od přírodních barev, a doplnil pro nejnižší stupeň šedou. Stupnice je v tomto sledu: šedá - šedozelená - modrozelená-zelená - zelenožlutá - žlutá - žlutooranžová - oranžová - červenooranžová - červená. Peucker navíc k umocnění hypsometrie používal vzdušnou perspektivu, spočívající ve změně intenzity barev se změnou vzdálenosti. Ta je způsobena rozptylem a pohlcením světla v atmosféře. V horských oblastech se užívá sytějších barev a většího jasu oproti nížinným oblastem, kde se volí slabší krytí navíc s příměsí šedi. E. Imhof zpracoval stupnici s uvážením vzdušné perspektivy: šedomodrá - modrozelená - zelená - žlutozelená - zelenožlutá - žlutá - světležlutá - bílá. Jeho stupnice berou na zřetel přirozené barvy terénu a jsou koncipovány ve světlých tónech, aby při kombinaci barevné hypsometrie se stínováním nesnižovaly jeho plastické působení.



Obr. 12 - Hypsografické stupnice

Barevná hypsometrie se většinou používá v kombinaci s dalšími metodami. V dnešní době především se stínováním, což nestačí na zachycení drobnějších útvarů, nebo dříve s horskými šrafami vhodnými pro vystižení povrchových tvarů uvnitř jednotlivých výškových stupňů. Hraniční vrstevnice se obvykle nekreslí nebo jen slabou šedou linkou bez kót, aby nerušily stínování. Naopak hloubnice se kreslí vždy, a to výrazně a modře.

Text byl zpracován dle zdroje [4].

### 2.8 Vrstevnice

Vrstevnice jsou uzavřené linie spojující body o stejné nadmořské výšce. Jsou to svislé průměty průsečnic terénního reliéfu s vodorovnými rovinami. Mají pravidelný rozestup. Jsou spolu s výškovými kótami geometricky nejpřesnější metodou znázornění výškopisu. Slouží jako podklad pro vyhotovení řady dalších kartografických metod (barevná hypsometrie, stínování, blokdiagramy) a jako geometrický základ projekčních prací na mapách (profily, řezy, kubatury aj.). Vrstevnice, které se nacházejí nad danou hladinovou plochou, nazýváme izohypsy, pod ní izobary (hloubnice).

Rozestup mezi vodorovnými rovinami se nazývá interval. Při tvorbě intervalu, kdy musíme brát zřetel na měřítko mapy a sklonu převýšení, klademe požadavek, aby minimální rozestup vrstevnic na mapě byl 0,2 - 0,3 mm a nedocházelo ke splynutí vrstevnic v žádném místě. U topografických map je tento interval konstantní. V našich podmínkách se běžně volí interval v závislosti na měřítku mapy hodnotou

$$i = M/_{5000}$$

M .....měřítko mapy

pro mapu 1:25 000 je i = 5m. Pro vysokohorské reliéfy uvádí švýcarský kartograf Imhof následující složitější empirický vzorec.

$$i = n \cdot \log(n) \cdot \tan \beta_{max}$$

 $\beta_{max}$ .....maximální sklon v dané oblasti

s volbou konstanty n

$$n = 0, 1 \cdot M^{1/2}$$

Vypočtený interval velmi často zaokrouhlujeme na čísla řady 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200.

Vrstevnice rozdělujeme na základní, hlavní, doplňkové a pomocné. Pro základní je výškový interval dvou sousedních vrstevnic roven základnímu vrstevnicovému intervalu. Vykresluje se tenkou spojitou čarou. Hlavní vrstevnice dělíme pětinásobkem základního intervalu a vykreslujeme je zesíleně. Tím se usnadní čtení výšek a orientaci. V plochém terénu nebo u vrcholových tvarů bývá základní interval vrstevnic příliš velký pro vyjádření terénního tvaru. Proto používáme doplňující vrstevnice, které se vykreslují v polovičním nebo čtvrtinovém intervalu. Pomocné vrstevnice používáme pro doplnění vrstevnicového obrazu. Slouží spíše jako tvarové čáry reliéfu.

Vrstevnice kreslíme hnědě stejně jako terénní reliéf. U některých map se barvou rozlišuje druh povrchu; černou pro skály, hnědou pro půdu a modrou pro ledovce nebo sněžná pole. Hloubnice jsou vždy modré.

V místech kde se těžko rozlišuje, jestli jde o vyvýšeninu nebo sníženinu vrstevnice, doplňujeme **spádovkami**. Spádovky naznačují směr sklonu a jsou části spádnic. Základní spádnice jsou údolnice a hřbetnice.

Nadmořské výšky vrstevnic udáváme pomocí číselných kót. Ty vepisujeme do vrstevnic tak, aby byly čitelné ve směru do kopce. V místě kde se vepisuje kóta, se vrstevnice přeruší a číslo se umístí tak, aby byla část nad vrstevnicí a část pod ní. Kóty by neměly tvořit sloupce čísel, proto se rozmisťují po celé mapě rozházeně, aby se daly snáze najít. Na jednu vrstevnici můžeme umístit libovolný počet kót. Přednost při rozmisťování má polohopis, kóty výškových bodů a lokalizovaná geografická jména.

Vrstevnicový obraz získáváme fotogrammetrickým vyhodnocením nebo jako výstup digitálního modelu terénu. Nepřímo je potom řešíme grafickou interpolací mezi body. Pokud má plocha lineární spád, používáme lineární transformaci. V přírodě však převládá spád plynule přibývající nebo ubývající, používáme proto interpolaci morfologickou s plynule proměnnými rozestupy vrstevnic v závislosti na změně spádu.

Metoda vrstevnic je náročná na představivost a vyžaduje značné zkušenosti jak při sběru dat v terénu tak při samotném vyhotovení. Vrstevnice se v závislosti na měřítku generalizují, aby jejich zobrazení zůstalo přehledné a dávalo smysl. Proto má generalizace určitá pravidla, která by se měla dodržovat.

Postup generalizace:

- generalizace orografického schématu s ohledem na měřítko
- vykreslení úseků hlavních vrstevnic v místech hřbetnic, údolnic a spádnic
- vyznačení vrcholů, vyvýšenin a sedel
- dokreslení hlavních vrstevnic
- doplnění ostatních vrstevnic a dalších prvků výškopisu (šrafy, stínování aj.)

Vrstevnice jsou jedna z nejpoužívanějších metod zobrazování reliéfu. Oblibu si získaly pro svou přesnost a přehlednost. Společně s kombinací dalších metod zmíněných dříve se vrstevnice stávají silným nástrojem kartografů.

# 3. Možnosti zobrazení výškopisu ČR v ArcGIS

V této kapitole se budeme věnovat aplikaci dříve uvedených metod v programu ArcGIS firmy Esri. Použijeme k tomu data, které byla poskytnuta Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním z internetového rozhraní Geoportál. Data ve formátu ZABAGED byla získána v rozmezí 10 mapových listů a měřítku 1: 10 000. Byla zvolena oblast Jeseníků, kde jsou výškové rozdíly větší a výsledky jsou názornější.

# 3.1 Charakteristika ArcGIS

ArcGIS je **integrovaný**, **škálovatelný** a **otevřený** geografický informační systém, jehož výkonné nástroje pro editaci, analýzu a modelování spolu s bohatými možnostmi datových modelů a správy dat z něj činí nejkomplexnější GIS software na současném světovém trhu.

ArcGIS se skládá ze tří klíčových částí, pokrývajících kompletní řešení GIS na jakékoliv úrovni:

- integrované sady aplikací GIS ArcGIS Desktop,
- rozhraní pro správu geodatabáze v DBMS ArcSDE,
- systém pro distribuci dat a služby GIS na internetu ArcIMS.



Obr. 13 - ArcGIS System

ArcGIS poskytuje rámec pro implementaci libovolně rozsáhlého GIS. ArcGIS je soubor částí, které mohou být sestaveny do jednoho desktop systému nebo rozloženy do heterogenní počítačové sítě pracovních stanic a serverů. Uživatelé tak mohou seskupit různé části systému a vytvořit GIS libovolné velikosti - pro jednoho uživatele, pracovní skupinu, odbor, pro rozsáhlou organizaci nebo pro celou společnost.

Může být dále prakticky libovolně rozšiřován dalším software, jako např. programem ArcPad pro kapesní přístroje s operačním systémem Windows CE.

Je založen na průmyslových standardech, např. ISO, OGIS, FGDC, aj. Firma ESRI, jako jeden z klíčových členů konsorcia OpenGIS, se významnou měrou podílí na tvorbě a prosazování standardů GIS, které samozřejmě implementuje do svých softwarových produktů.

Všechny softwarové produkty rodiny ArcGIS jsou široce uživatelsky přizpůsobitelné. Při uživatelských úpravách software a při vývoji aplikací ArcGIS mohou uživatelé těžit z výhody použití standardních vývojových programátorských nástrojů, jako např. VisualBasic for Application, C++, Java, COM. Je i do značné míry nezávislý na použitém databázovém systému a na počítačové platformě, na kterých jsou databázové a internetové servery provozovány.

Klíčovým prvkem ArcGIS je způsob ukládání a správy geografických dat. ArcGIS používá "inteligentní" datové modely na reprezentaci objektů a jevů v území a poskytuje všechny nástroje pro tvorbu a práci s geografickými daty. Tyto nástroje pokrývají všechny GIS úlohy od pořizování a editace dat, přes jejich správu a analýzu až po tvorbu map a publikaci dat a aplikací prostřednictvím internetu.

ArcGIS plně podporuje souborově orientované datové modely dřívějších systémů ESRI:coverage, shapefile s atributovými tabulkami, rastrové soubory Grid a TIN a soubory v dalších formátech, které produkty ArcInfo 7.x a ArcView GIS podporovaly.

ArcGIS Desktop je sada integrovaných a navzájem spolupracujících softwarových aplikací ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox. Použitím těchto tří aplikací můžete provést jakoukoliv GIS úlohu, od jednoduché po složitou, včetně tvorby map, správy dat, geografické analýzy, editace dat a prostorových operací. **ArcMap** je centrální aplikace v ArcGIS Desktop. Je to GIS aplikace, použitelná pro všechny mapově orientované úlohy, včetně kartografie, prostorových analýz a editace dat. **ArcCatalog** pomáhá organizovat a spravovat všechna data. Obsahuje nástroje pro prohlížení a vyhledávání geografických informací, zaznamenávání a prohlížení metadat, rychlé prohlížení libovolných datových sad a vytváření schématu struktury geografických vrstev. **ArcToolbox** je aplikace obsahující mnoho nástrojů GIS pro prostorové operace. Tyto tři aplikace jsou k dispozici ve třech variantách lišících se funkčností a tvoří tak tři základní softwarové produkty ArcGIS Desktop: ArcView, ArcEditor a ArcInfo.

- ArcView poskytuje rozsáhlé nástroje pro tvorbu map a získávání informací z map, a jednoduché nástroje pro editaci a prostorové operace.
- ArcEditor má plnou funkcionalitu ArcView a navíc rozšířené editační možnosti pro coverage a geodatabáze.
- ArcInfo rozšiřuje funkcionalitu obou předchozích produktů o rozšířené prostorové operace. Také umožňuje využít stávající aplikace pro ArcInfo Workstation, neboť v sobě zahrnuje i Arc, ARCPLOT, ARCEDIT atd. z předchozí generace systému ArcInfo.

	ArcView, ArcEditor a ArcInfo	•	ArcEditor a ArcInfo	-	pouze ArcInfo
Podpora dat	<ul> <li>Práce se soubory shapefile, coverage, geodatabází a službami ArcIMS</li> <li>Práce s Geography Network</li> <li>Práce s libovolnou DBMS</li> <li>Práce s mnoha formáty tabulek</li> <li>Přístup pro čtení k libovolné geodatabázi</li> <li>Práce s mnoha rastrovými formáty</li> </ul>	+	<ul> <li>Plné čtení/zápis a transakční přístup do libovolné geodatabáze</li> <li>Uložení rastrových dat do DBMS s ArcSDE</li> </ul>		
Kartografie	<ul> <li>Pokročilá tvorba map a dotazy</li> <li>Tvorba map</li> <li>Mapové šablony</li> <li>Tisíce symbolů a stylů</li> </ul>			+	<ul> <li>ARCPLOT; tvorba map pomocí příkazů</li> </ul>
Analýza	<ul> <li>Rozsáhlé možnosti získávání informací z map</li> <li>Tvorba zpráv</li> <li>Grafy a "obchodní grafika"</li> </ul>				
Správa dat v GIS	<ul> <li>Nová aplikace ArcCatalog pro správu dat v GIS</li> <li>Správa shapefile</li> <li>Tvorba a správa metadat</li> </ul>	÷	<ul> <li>Správa coverage a geodatabáze</li> <li>Správa libovolné víceuživatelské geodatabáze (vyžaduje ArcSDE)</li> </ul>		
Editace	<ul> <li>Editace shapefile a jednoduché "personální geodatabáze"</li> </ul>	+	<ul> <li>Editace coverage a všech geodatabází</li> <li>Nástroje na verzování</li> <li>Kótování</li> </ul>	+	<ul> <li>ARCEDIT; editace pomocí příkazů</li> </ul>
Prostorové operace	<ul> <li>Jednoduché prostorové operace a konverze dat</li> <li>Tvorba shapefile a jednoduché "personální geodatabáze"</li> <li>Načtení dat do jednoduché "personální geodatabáze"</li> </ul>	+	<ul> <li>Tvorba a načtení plnohodnotné geodatabáze</li> </ul>	+	<ul> <li>Arc; příkazově ovládaná aplikace</li> <li>Všechny prostorové operace a konverze dat</li> <li>Překryv vektorů</li> <li>Správa mapových listů</li> <li>Správa kartografických zobrazení a souřadných systémů</li> <li>Vzdálený server pro geoprocesing</li> </ul>
Vývojářské nástroje	<ul> <li>Úpravy pomocí VBA</li> <li>Knihovna ArcObjects COM</li> <li>Úprava grafického uživatelského rozhraní</li> </ul>			+	AML a ODE v ArcInfo Workstation

Obr. 14 - Možnosti jednotlivých verzí ArcGIS

Pro ArcGIS je velká řada volitelných nadstaveb. Nadstavby dovolují vykonávat takové úlohy, jako například práce s rastrovými daty, 3D analýzy atd. Díky jednotné architektuře všech produktů ArcGIS Desktop, a tedy i nadstaveb, mohou být všechny nadstavby použity jakýmkoli z produktů ArcView, ArcEditor nebo ArcInfo.

Text byl zpracován dle zdroje [7].

	ArcView, ArcEditor a ArcInfo		pouze ArcInfo
ArcGIS Spatial Analyst	<ul> <li>Práce s mnoha rastrovými formáty</li> <li>Pokročilé rastrové modelování</li> <li>ARC GRID kalkulátor s ARC GRID algebrou</li> <li>VBA pro analýzu rastrových dat</li> </ul>	+	<ul> <li>Program ARC GRID v ArcInfo Workstation</li> <li>Příkazy ARC GRID v programu Arc</li> </ul>
ArcGIS 3D Analyst	<ul> <li>ArcScene – interaktivní 3D scéna v reálném čase</li> <li>Náhledy scény v ArcCatalog</li> <li>Modelovací nástroje pro 3D</li> <li>Nástroje ARC TIN</li> </ul>	+	<ul> <li>Příkazy ARC TIN v programu Arc</li> <li>Příkaz Surfacescene</li> </ul>
ArcGIS Geostatistical Analyst	<ul> <li>Modelování povrchů a kriging</li> <li>Analytické nástroje pro zkoumání prostorových dat</li> <li>Pravděpodobnost, prahy a chyby</li> </ul>		
ArcPress	• Pokročilý tisk map		Příkazy a nástroje ArcPress z ArcInfo Workstation
MrSID Encoder pro ArcGIS	<ul> <li>Komprese a mozaikování rastrů</li> <li>Do 500 MB</li> </ul>		
Komprese TIFF/LZW	• Patentováno Unisys		Podpora TIFF/LZW v ArcInfo Workstation

Obr. 15 - Nadstavby ArcGIS

# 3.2 Charakteristika ZABAGED

ZABAGED je digitální geografický model území České republiky, který svou přesností a podrobností zobrazení geografické reality odpovídá přesnosti a podrobnosti Základní mapy České republiky v měřítku 1:10 000 (ZM 10). Obsah ZABAGED tvoří 106 typů geografických objektů zobrazených v databázi vektorovým polohopisem a příslušnými popisnými a kvalitativními atributy. Obsahuje informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a prvcích terénního reliéfu. Součástí ZABAGED jsou i vybrané údaje o geodetických, výškových a tíhových bodech na území České republiky a výškopis reprezentovaný prostorovým 3D souborem vrstevnic.

Prvotní naplnění ZABAGED zahájil Zeměměřický úřad již v roce 1995 vektorovou digitalizací tiskových podkladů ZM 10. Tato základní digitalizace byla s výjimkou zástavby sídel dokončena v roce 2001. V období do konce 1. čtvrtletí roku 2004 byla ZABAGED doplněna o

geografické objekty zástavby sídel, do databáze byly přidány další popisné a kvalitativní atributy včetně vybraných druhů identifikátorů a jednotlivé ukládací jednotky v kladu ZM 10 byly spojeny do "bezešvé" databáze. Současně od roku 2001 probíhala první celoplošná aktualizace ZABAGED s cílem zpřesnění a zaktualizování polohopisné složky a revize a doplnění atributové části databáze. Využívány byly zejména fotogrammetrické metody a topografické šetření přímo v terénu. Tato první aktualizace byla ukončena v roce 2005.



Obr. 16 - Základní báze geografických dat České republiky - výškopis 3D vrstevnice

V letech 2005 a 2006 byla vedle pokračující aktualizace dat vyprojektována a v závěru roku 2006 provozně nasazena nová technologie aktualizace a správy ZABAGED. Vytvořena je centrální databáze, která je nadále aktualizována v režimu online z detašovaných teritoriálních pracovišť Zeměměřického úřadu. Souběžně je centrálními pracovišti Zeměměřického úřadu v Praze zajišťována aktualizace vybraných prvků ZABAGED ve spolupráci s centrálními orgány státní správy s cílem zajištění systémových vazeb informačních systémů veřejné správy. Další periodická aktualizace a doplňování ZABAGED budou realizovány ve tříletých cyklech s využitím vždy nově zpracovaných leteckých měřických snímků a barevných ortofot, která budou každoročně vytvářena pro jednu třetinu území České republiky.

Data ZABAGED se v současné době poskytují po mapových listech v kladu ZM 10, dále v rozsahu krajů, případně jako ucelená bezešvá databáze z celého území České republiky. Vektorové soubory polohopisu (2D) jsou poskytovány ve formátu DGN s atributy ve formátu mdb, dále ve formátu SHP nebo GML.

Data jsou poskytována v souřadnicových systémech S-JTSK, WGS84/UTM, případně v S-42/1983 a výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání.

Text byl zpracován dle zdroje [5].

### 3.3 Práce v programu ArcGIS

V předchozích kapitolách jsme si představili program ArcGIS a data ZABAGED. Nyní budeme na datech testovat jednotlivé metody zobrazení reliéfu. Popíšeme výhody a nevýhody těchto metod v ArcGIS, popřípadě i možná vylepšení.

Jeden z prvních úkolů, který nás čeká je nastavení souřadnicového systému pro soubory shapefile. K tomu potřebuje vytvořit soubor \*.prj. Toho docílíme v ArcCatalog ve vlastnostech souboru. Nastavování a změny souřadnicových systémů a projekce, kterou data zobrazujeme, jsou jednou ze stěžejních úloh. Jelikož např. funkce *Create TIN from features* nepodporuje systém S-JTSK a musíme tak volit jiný. Více si uvedeme u jednotlivých metod.

#### 3.3.1 Vrstevnice

v ArcGIS tvoříme Vrstevnice pomocí rozšíření 3D Analyst. V záložce Surface analysis je pro to určena funkce contour (Obr. 17). Jestliže tvoříme vrstevnice tímto způsobem, je k tomu zapotřebí rastr dané oblasti, kde má každý pixel svou výškovou hodnotu. V jednotlivých polích dialogového okna pak můžeme volit hodnotu základního intervalu vrstevnic, interval hlavních vrstevnic, popřípadě konstantu kterou chtěli vrstevnice bychom násobit. V dialogovém vidíme okně také minimální maximální hodnoty а vrstevnic.

Contour	? X
Input surface:	▼ ≧
Contour definition	
Input height range:	Z min: Zmax:
Contour interval:	
Base contour:	
Z factor:	
Output information based on input co	ontour definition
Minimum contour:	
Maximum contour:	
Total number of contour values:	
Output features:	C:\Documents and Settings\M
	OK Cancel



Pokud připojíme soubory shapefile s daty ZABAGED, zjistíme, že se vlastně již o vrstevnice jedná. Reliéf je rozdělen do tří souborů podle intervalu (vrstevnice hlavní, zesílená a doplňková). Nemůžeme je ovšem použít v takovém tvaru, v jakém se nám zobrazí, protože by nebyly dodrženy zásady, které se při zobrazování máme snažit dodržovat. Jedna z nejzákladnějších úprav, je úprava barvy vrstevnic, která by měla být hnědá. To provedeme ve *vlastnostech symbologie* jednotlivých vrstev. Zde také zvolíme tloušťku čáry u vrstvy zesílené vrstevnice.

Dalším krokem je zobrazení popisu vrstevnic. Popis provedeme pomocí funkce *labeling features*. Ve vlastnostech (Obr. 18) nastavíme hodnotu popisu na výšku. Nutné je nastavit polohu kóty na linii vrstevnice, orientaci kóty a maskování linie, aby nebyla přeškrtnuta vrstevnicí.

ayer Properties					? X
Routes	:	Hatches		Joins & Relates	1
General Sour	ce Selection	Display Symbo	ilogy Fields	Definition Query	Labels
🔽 Label features i	in this layer				
Method:	Label all the feat	tures the same way.		-	
All features will be Text String Label Field: Text Symbol	e labeled using the o	ptions specified.		Expression	
	AaBbYyZz		BIU	Symbol	
COther Options-			Pre-defin	ed Label Style	
Placemer	nt Properties	Scale Range		Label Styles	
			OK	Storno	Použít

Obr. 18 - Nastavení popisu vrstevnic kótami

Práce vyžaduje kartografický cit. Je nutné volit takové maskování, aby nezasahovalo do vedlejších vrstevnic, ale zároveň musí být kóta čitelná. Stejně tak velikost písma by měla odpovídat měřítku tisku.



Obr. 19 - Vrstevnice v ArcGIS z dat ZABAGED

Tento jednoduchý nástroj ovšem nemusí být dostačující, proto nám ArcGIS nabízí další metodu popisu, funkci Convert labels to annotation (Obr. 20). Pomocí této funkce oddělíme popisky a vlastní kresbu. Můžeme je uložit do databáze nebo přímo do mapy. Stejně tak můžeme volit, pro které vlastnosti chceme "annotation" vytvořit. Tento variabilní nástroj nám otevírá spoustu možnosti jak s texty v mapě zacházet. Lze například nastavit kóty ve směru stoupání atd. Jedná se ovšem o nástroj velmi náročný na

výkon počítače a složitější operace si vyžádají spoustu času, nebo kvalitní počítač.

C In a database	In the man		Reference Scale			
o in a database	<ul> <li>In the map</li> </ul>		1.1 000			
Create Annotation F	or					
All features	O Features in curr	ent extent	C Selected features			
Feati	ure Layer	Annotation Group				
rstevniceHlavni		VrstevniceHlavni Anno				
				•		
				•		

Obr. 20 - Convert Labels to Annotation

Pokud tvorbu vrstevnic v ArcGIS shrneme, rozhodně se ArcGIS stává silným nástrojem. Jeho variabilita a intuitivní umístění nástrojů práci velmi ulehčují, viz výsledek užití metody na vzorku dat ZABAGED (Obr. 19).

### 3.3.2 Vytvoření vrstvy TIN a rasteru z dat ZABAGED

Pro většinu prací s rozšířením *3D analyst*, potřebujeme vytvořit z vrstevnic, které máme z dat ZABAGED, nepravidelnou trojúhelníkovou síť (*triangulated irregular network – TIN,* Obr. 21). V této chvíli nastává již zmíněný problém. ArcGIS neumí vytvořit TIN v souřadném systému S-JTSK, proto musíme zvolit např. systém UTM. V našem případě toto ničemu nevadí, ale je nutné na to při transformacích brát zřetel.



Obr. 21 - TIN z dat ZABAGED

Triangulovaný povrch (TIN) je povrch vytvořený triangulací (nejčastěji Delaunyho); ze vstupních dat (vrstevnic) jsou vybrány body, které jsou vrcholy jednotlivých trojúhelníků; výsledkem je 3D model složený terénu, z trojúhelníků. TIN vytvoříme pomocí funkce Create TIN from Features (Obr. 22).

V dialogovém okně volíme vrstvy, z nichž budeme TIN vytvářet, dále zdroj výškových kót, odkud ArcGIS hodnoty načte, poté jakým způsobem má ArcGIS triangulovat a nakonec místo uložení dat. ArcGIS TIN při vytváření klasifikuje dle výšek a jednotlivým intervalů přidělí barvy,

které jsou upravitelné.

Většinou s TIN moc nepracujeme, jelikož i při malém území se vytváří velká řada trojúhelníku a pro počítač je náročné je neustále vykreslovat. Proto používáme raster, který lze jednoduše z TIN vytvořit pomocí funkce *Convert TIN to raster* (Obr. 23), která je součástí 3D analystu. V dialogovém okně vybíráme TIN,

Check the layer(s) that will be us	sed to c	reate the TIN. Clic	k a layer's name to specify
its settings.		Settings for select	ted layer
Layers:		Feature type:	3D lines
VrstevniceHlavni		Height source:	<feature td="" values="" z="" •<=""></feature>
VrstevniceDopInkova		Triangulate as:	hard line
VrstevniceZesilena		Tag value field:	<none></none>
Output TIN:			OK Cancel

**Obr. 22 - Create TIN From Features** 

ze kterého chceme rastr vytvořit. Vybíráme, jaký atribut rastr ponese, protože chceme i nadále

pracovat s výškami, zvolíme atribut Elevation. Poté nastavujeme konstantu, kterou by se výšky upravujeme násobily. Nakonec jednu z nejdůležitějších hodnot, a to je velikost pixelu, která určuje rozlišení rastru. Volba rozlišení je stěžejní, pokud nastavíme hodnotu moc velkou, bude rozlišení malé a může docházet k chybám při dalších výpočtech.

Convert TIN to	Raster			? X					
Converts a TIN to a raster of elevation, slope, or aspect.									
Input TIN:	tin4			- 🚅					
Attribute:	Elevation		•						
Z factor:	1,0000								
Cell size:	81,02	Rows:	158	Columns: 250					
Output raster:	I:V								
			OK	Cancel					

Obr. 23 - Convert TIN to Raster

### 3.3.3 Stínování

Hillshade					2 X	J
Input surface:				•	- 🖻	
Azimuth:		3	315			
Altitude:			45			
Model shadows						
Z factor:			1			
Output cell size:						
Output raster:	<tem< td=""><td>porary&gt;</td><td></td><td></td><td><b>2</b></td><td></td></tem<>	porary>			<b>2</b>	
		OK		C	ancel	
						_

Obr. 24 - Hillshade

Při stínování opět vycházíme z vrstevnic, které si převedeme dle předchozí kapitoly na TIN a ten poté na raster. ArcGIS nabízí pro stínování funkci *Hillshade* (Obr. 24Obr. 24 -Hillshade), kterou nalezneme v rozšíření *3D analyst* pod záložkou *surface analyst*.

V dialogovém okně načteme raster. Poté nastavujeme úhel osvitu pomocí volby *Azimuth*, výšku bodu osvitu volbou *Altitude*. Zaškrtnutím *Model shadows* zvolíme, zda bude uvažován stínovací efekt. Pomocí *Z factor* můžeme volit konstantu, kterou chceme výšky násobit.

Volbou *Output cell size* určujeme výstupní velikost jednotlivých pixelů. *Volbou Output* raster měníme cílovou lokaci pro uložení.

Stínování je vhodné kombinovat s dalšími metodami pro svou plasticitu, díky níž vytváří prostorový vjem. Postup kombinování si ukážeme v následujících kapitolách.

ArcGIS je při stínování silným nástrojem, díky své variabilitě a četnému množství nastavení, jsme schopni vytvořit téměř jakkoliv komplikovaný reliéf.

### 3.3.4 Barevná hypsometrie

Metoda opět vychází z vrstevnic a vytvoření rastru pomocí TIN. Jelikož má každý pixel svou hodnotu, jsme schopni výšky rozdělit do intervalů. Těmto poté můžeme přidělovat barevné rozdělení viz (2.7).

Layer Properties							? X
General Source Extent	Display	Symbology	Fields   Joins &	Relates			
Show:	Drawra		a values into	classes			Import
Classified Stretched	Diawia	scer groupin	y talues into i	LIASSES			
	Fields -				Classificat	ion	
	Value:	<	VALUE>	-	Natu	ral Breaks (Je	nks)
	Normaliza	tion:	None>	-	Classes:	5 💌	Classify
	Color Ram	):					<b>_</b>
	Symbol	Range		Label			
		460 - 668,85	87167	460 -	668,8587167	,	
		668,8587167	' - 823,3474632	668,8	587168 - 823	,3474632	
		823,3474632	2 - 992,577142	823,3	474633 - 992	2,577142	
		992,577142	- 1 193,664225	992,5	771421 - 1 1	93,664225	
		1 193,66422	5 - 1 491	1 193	,664226 - 1 4	91	
	Show (	lass breaks u	sing cell values		Disp	lay NoData as	
	📃 Use hil	lshade effect	Z; 1				
					OK	Storno	Použít

Obr. 25 - Nastavení hypsometrie



Obr. 26 - Classification

měníme Hodnoty v nastavení vrstvy layer properties (Obr. 25). Zde můžeme nastavit, zda bude interval jednotlivých klasifikován do tříd, kde je pro každou barvu zvláštní třída, nebo budou hodnoty roztaženy a barvy budou plynule přecházet. První možnost se nachází pod volbou Classified. Zde můžeme měnit počet tříd a volit barvy pro jednotlivé třídy. Po stisknutí tlačítka *Classify*... získáme souhrn informací o datech (Obr. 26). Ve statistice se nachází údaje, jako počet dat, minimum, maximum, součet všech hodnot, jejich průměr a směrodatná odchylka. V dialogovém okně nastavujeme metodu klasifikace, počet tříd, výjimky (hodnoty, které chceme vynechat) a lomové hodnoty intervalu (a to buď v procentech, nebo přímo hodnoty výšek). Zobrazí se nám také sloupcový graf, znázorňující četnost jednotlivých výšek.

Další možností je volba *stretched*, která plynule přechází mezi hodnotami. Opět volíme barevnou škálu. Roztažení vybíráme z jednotlivých typů, a to dle směrodatné odchylky, histogramu, minima a maxima, vlastního nastavení, nebo žádné. Pomocí tlačítka *histogram* můžeme zobrazit statistická data a měnit křivku, dle které se data roztahují. Všechny barvy se mohou invertovat zaškrtnutím příslušného pole.

U obou metod nabízí ArcGIS možnost užití funkce *hillshade effect*, která přidá do výsledného zobrazení stínování.

### 3.3.5 3D pohledy v ArcGIS (aplikace ArcScene)

Jednou z velice zajímavých funkcí ArcGIS je možnost tvorby 3D pohledů a vizualizací. To umožňuje nám aplikace ArcScene, která je součástí 3D Analyst Analyst. а Spatial Aplikaci ArcScene spouštíme přímo v programu ArcGIS. Rozhraní aplikace je obdobné jako u ArcMap.

Po načtení 3D dat (např. vrstevnice ZABAGED viz. Obr. 28), je důležité nastavení konstanty, kterou se výšky násobí. Jsme tak schopni dosáhnout plastičtějšího

	constant value o	r expression to set heights for la	ayer:		
0				*	
C Obtain	heights for layer	from surface:			
				Ŧ	<b></b>
Rast	er Resolution				
Layer fe	eatures have Z v	values. Use them for heights.			
Z Unit Con	version				
Apply conv	ersion factor to	place heights in same units as s	scene: custon feet to	meters	5,0000
Offset			meters custom	to feet	
Add an offs	set using a consi	tant or expression:			
0				Ψ.	
0					
0					

Obr. 27 - ArcScene

výškového rozdílu (vhodné pro české podmínky). Nastavení se provádí ve vlastnostech jednotlivých vrstev (Obr. 27) pod záložkou *Base Heights*. V poli *Z unit conversion* měníme převody mezi jednotkami nebo volíme přímo konstantu, kterou se výšky násobí.

Pokud se jedná o rastrovou vrstvu, je možné výšky "přenést" z vrstvy vektorové. V tomto případě aplikace "položí" rastr na vektorovou kresbu a každému pixelu přidělí příslušnou výšku dle hodnoty ve vektorové podobě. Můžeme tak např. na data ZABAGED umístit letecký snímek a vytvářet velmi přehledné a názorné mapy.

Další zajímavou funkcí ArcScene je průlet. Kde můžeme jednoduše nastavovat rychlost průletu pomocí stisku pravého, resp. levého tlačítka. Vznikají tak velmi zajímavé vizualizace, které mají řadu využití.



Obr. 28 - Ukázka 3D pohledu v ArcScene

### 3.3.6 Funkce Topo To Raster

Topo to rastr je součástí rozšíření 3D analyst a Spatial analyst a je specialitou, která se vyskytuje pouze v program ArcGIS. Metoda interpoluje hydrologicky korektně povrch, a to buď z bodů, linií nebo polygonů. Dovoluje modelovat i náhlé změny povrchu a používá iterativní výpočet. Podobně jako globální interpolační metody neztrácí výsledný povrch spojitost, ale přitom je i velmi účinná jako lokální interpolační metoda.

Metoda je specifická v tom, že dokáže kombinovat výšková data s daty vodních toků, které krajinu výrazně ovlivňují. Pokud jsou výšková data v rozporu s daty hydrologickými, metoda je automaticky ignoruje. Při použití správných parametru dokážeme výsledek velmi zpřesnit, jelikož je ve výpočtu zohledněna topografická informace, tudíž se např. jezero zobrazí opravdu jako rovinná plocha.

	Output curface vactor		
•			
	<u> </u>		
	Output cell size (optional)		
	]		
	Output extent (ontional)		
	e alpar entent (optional)	Y Maximum	
	X Minimum		X Maximum
	)		,
		Y Minimum	
		J	
	Maurie in celle (celline all		
	Margin in cells (optional)		
	J		
	Smallest z value to be used in interpolation (optional)		
	,		
	Largest z value to be used in interpolation (optional)		
	Drainage enforcement (optional)		
	IENFORCE		
	Primary type of input data (optional)		
	Maximum number of iterations (optional)		
	Roughness penalty (optional)		
	]		
	Discretisation error factor (optional)		
	Discretisation error factor (optional)		
	1		
	Vertical standard error (optional)		
	,		
	Tolerance 1 (optional)		
	Tolerance 2 (optional)		
	1		

Obr. 29 - Parametry funkce Topo to Raster

Pro metodu můžeme využívat tato vstupní data (input feature data):

- Point elevation (výškové body) bodová vrstva reprezentující převýšení povrchu, výšky jsou uloženy jako atributy
- *Contour (vrstevnice)* liniová vrstva reprezentující převýšení povrchu, výšky vrstevnic jsou uloženy jako atributy
- Stream (vodní toky) liniová vrstva reprezentující vodní toky, linie musí být orientovány po spádu a jedna linie může odpovídat pouze jednomu toku. Vrstva stream má přednost jak před výškovými body tak před vrstevnicemi, jelikož zohledňuje topografickou informaci.

- Sink (deprese) bodová vrstva reprezentující topografický pokles, funkce Topo to raster se nebude snažit z analýzy odstranit jakékoliv body výslovně identifikované jako sink.
- Boundary (hranice) polygonová vrstva určující hranice, všechny buňky výstupního rastru za touto hranicí budou mít hodnotu NoData
- Lake (jezera) polygonová vrstva reprezentující jezera, buňky výsledného rastru uvnitř jezera budou mít hodnotu minimální výšky na břehu jezera

### Výstupní hodnoty a další parametry nastavení:

- Output extent (rozsah výstupního rastru), rozsah určuje, která data budou pro interpolaci užita a která ne. Všechny hodnoty pod minimem, resp. nad maximem budou označena jako NoData. Pro nejlepší výsledek interpolace podél hran se doporučuje, aby byly limity pro X a Y nastaveny o deset buněk níže, než je rozsah vstupujících dat. Minimální souřadnice X je standardně nastavena (default) na nejmenší souřadnici X všech vstupních dat. Maximální souřadnice X je standardně nastavena (default) na největší souřadnici X všech vstupních dat. Stejným způsobem je určena i minimální a maximální souřadnice Y.
- Margin in cells (lem), je to vzdálenost od hranice (boundary) zadaná počtem buněk. Hodnota parametru musí být větší nebo rovna nule. Standardní hodnota je nastavena na 20. V tomto lemu ještě interpolace proběhne. Lem nastavujeme proto, aby na sebe sousední rastry plynule navazovaly a nebyl znatelný přechod mezi nimi. Umožňuje také, že data obsažena v tomto lemu budou také použita pro interpolaci. To má za následek, že vnitřní body jsou obklopeny daty ze všech stran.
- The smallest Z value (minimální hodnota souřadnice Z), minimální interpolovaná hodnota souřadnice Z, je standardně nastavena na nejmenší souřadnici Z vstupních souborů sníženou o dvacet procent.
- The largest Z value (maximální hodnota souřadnice Z), maximální interpolovaná hodnota souřadnice Z je standardně nastavena na největší souřadnici Z vstupních souborů zvýšenou o dvacet procent.

- Drainage enforcement (zdůraznění odtokové sítě), typy zdůraznění odtokové sítě jsou následující:
  - *enforce* všechny bezodtoké oblasti jsou vyplněny, ať jsou skutečné či falešné, toto je standardní nastavení
  - o no enforce žádné bezodtoké oblasti nejsou vyplněny
  - *enforce with sink* body vstupní vrstvy charakterizující deprese (sink) budou zachovány, ostatní deprese budou považovány za falešné a budou vyplněny. Výpočet se nezdaří, pokud bude nalezeno více jak osm tisíc falešných depresí.
- Primary type of input data (základní typ vstupních dat), pomocí této nabídky určujeme, která vstupní data budou dominantní. Vybírat můžeme z bodů (spot) nebo vrstevnic (contour). Standardně jsou nastaveny vrstevnice.
- Maximum numer of iterations (maximální počet iterací), počet iterací musí být větší než nula a standardně je nastaven na 40. Při zvolení menšího počtu iterací, dochází k vyplnění i méně bezodtokových oblastí, resp. větší počet iterací vede k vyplnění více depresí (využívá se jen vzácně).
- Roughness penalty (míra nerovnosti), parametr musí být větší nebo roven nule. Pokud jsou základním datovým typem vrstevnice, standardní hodnota se nastavuje na nulu. Pro datový typ výškové body je to hodnota 0,5. Větší hodnoty nejsou doporučeny.
- Discretisation error factor, parametr používáme k regulaci hladkosti při převodu vstupních dat na rastr. Čím vyšší tento parametr je, tím větší je vyhlazení. Parametr musí nabývat hodnot větších než nula. Běžně se používají hodnoty z intervalu od 0,5 do 2, standardní hodnota je nastavena na 1.
- Vertical standard error (vertikální směrodatná odchylka), určuje množství náhodných chyb souřadnic Z ve vstupních datech. Parametr musí byt nastaven na hodnotu větší nebo rovno nule. Standardně je nastavena na nulu. Vertikální směrodatná odchylka může být nastavena na malou kladnou hodnotu v případě, že vstupní výšková data vykazují velkou náhodnou chybu v souřadnici Z.

- *Tolerance 1*, hodnota vyjadřuje hustotu výškových dat ve vztahu k odtokové síti. U výškových bodů se tato hodnota přebírá z hodnoty vertikální směrodatné odchylky. U vrstevnic se doporučuje použít poloviční hodnota průměrného kroku vrstevnic.
- Tolerance 2, zamezuje vyplňování bezodtokých oblastí nereálně vysokými bariérami.
   Hodnoty obou tolerancí musí být větší nebo rovny nule.

Metodu topo to raster je vhodné použít, když jsou k dispozici kromě výškových dat ještě data popisující hydrologickou strukturu povrchu. Výsledkem topo to raster je hydrologicky korektní model terénu.

### 3.3.7 Zobrazování kót a bodových značek

#### Zobrazování kót

Kóty neboli výškové údaje, se v GIS reprezentují velmi jednoduše. Připojíme bodovou vrstvu a necháme zobrazit kóty pomocí *Labeling features*. Ve vlastnostech v záložce *Labels* můžeme popisky poté upravovat, podobně jako u popisu vrstevnic viz 3.3.1.

Pozici kóty vůči bodu můžeme upravovat ve vlastnostech popisu pomocí záložky *Placement* (Obr. 30). V dialogovém oknu *Change location* upravujeme prioritu umístění popisu. Standardně ArcGIS umístí popis do pravého horního rohu, pokud to není možné, umístí popis na místa označena číslicí 2. Pokud to není možné ani zde, pokračuje na pozici číslice 3. V záložce *Conflict detection* 

Placement Properties							
Placement Conflict Detection							
<ul> <li>Offset label horizontally around the point</li> </ul>							
2   2   1     3   2							
3 3 2 Change Location							
Priority: 0 = Blocked, 1 = Highest, 3 = Lowest							
C Place label on top of the point							
C Place label at specified angles							
Angles							
C Place label at an angle specified by a field							
Rotation Field							
Duplicate Labels							
Remove duplicate labels							
C Place one label per feature							
C Place one label per feature part							
OK Storno							

Obr. 30 - Placement properties

můžeme nastavovat váhy popisu, resp. kresby. Dále zde můžeme nastavit okolí popisu, do kterého nemůže již být umístěn další popisek.

#### Bodové značky

ArcGIS nabízí spoustu variant bodových značek, popřípadě je mnoho způsobů, jak se značky dají přidávat. Ve vlastnostech symbolů Obr. 31 (*Symbol Property Editor*) můžeme vybírat z nabídky symbolu:

- *3D Character Marker Symbol* TrueType fonty s 3D symboly
- 3D Marker Symbol načtení 3D symbolu z obrázku
- 3D Simple Marker Symbol vytváření 3D symbolu přímo v ArcGIS
- Arrow Marker Symbol nastavení šipek ke kótám
- *Character Marker Symbol* True Type fonty se symboly
- Picture Marker Symbol načtení symbolu z obrázku
- Simple Marker Symbol vytváření symbolu přímo v ArcGIS

Symbol Property Editor					? X
Preview	Properties:         Type:       Simple Marker Symbol         3D Character Marker         3D Marker Symbol         3D Simple Marker Symbol         3D Simple Marker Symbol         Cold Character Marker Symbol         Cold Character Marker Symbol         Size:         4,0000         X Offset:         0,0000         Y Offset:	ol Symbol mbol ol Use Outline Outline Color: Outline Size:	Units:	Points	
			(	ок	Cancel

Obr. 31 - Symbol property Editor

Jednou z výhod ArcGIS je možnost načtení TrueType fontů, které si můžeme vytvořit (viz další odstavec) a jednoduše přenášet mezi počítači. Můžeme mít také několik souborů pro různě druhy map a tím tak zrychlit a zpřehlednit práci.

#### Vytvoření vlastní bodové značky (TrueType font)

K definování symbolů typu TRUETYPE je třeba mít k dispozici soubor fontů TrueType. Tento font může obsahovat jak písmena, tak i různé symboly a obrázky. Existuje mnoho TrueType písem a je možné si vyrobit i své vlastní. Je třeba ovšem dbát na to, aby znaková sada TrueType měla typ kódování "Unicode". Pro vytváření TrueType fontů existuje mnoho programů, některé i volně dostupné. Jedním z nich je např. *Font creator* pro Windows, nebo *Font Forge* pro Linux.

#### 3.3.8 Mapy malých a velkých měřítek v ArcGIS

Doposud jsme se zabývali jen zobrazením map středních měřítek. V programu ArcGIS je ale možné pracovat s mapami jak malých tak velkých měřítek.

#### Mapy malých měřítek

Pro mapy malých měřítek je ArcGIS stejně silným nástrojem jako pro mapy středních měřítek. Nástroje jako ArcGlobe nebo ArcScene jsou silným pomocníkem pro tvorbu vizualizací nebo např. glóbů.

Postup práce je obdobný jako u map středních měřítek uvedený v předchozích kapitolách. Důležité je dbát na souřadnicové systémy, ve kterých se data nacházejí. Pokud není souřadnicový systém nastaven správně, výpočet skončí chybou.

#### Data SRTM

Za účelem přesného výškového zmapování povrchu Země bylo v roce 2000 při misi raketoplánu Endeavour nasnímáno 80% povrchu souše metodou radarové interferometrie. Zpracování, které trvalo více než dva roky, v sobě zahrnovalo převod několika terrabytů naměřených radarových dat na informace o prostorovém (výškovém) členění zemského povrchu. Data jsou k dispozici na internetové stránce http://edcsgs9.cr.usgs.gov/pub/data/srtm/.

Data relevantní pro Českou republiku jsou uložena v sekci Eurasia. Každý soubor představuje území 1×1 stupeň v zeměpisných souřadnicích s tím, že název souboru udává souřadnice levého dolního rohu. Soubor se jménem N50E014.hgt.zip tedy představuje území, jehož levý dolní roh má zeměpisné souřadnice 50° s.š. a 14° v.d.



Obr. 32 - Hypsometrická mapa z dat SRTM

Maximální přesnost digitálního modelu povrchu dosahuje 15 metrů v poloze a 12 metrů ve výšce. Data jsou k dispozici v rastrové podobě s prostorovým rozlišením 1 úhlová vteřina (cca 30 metrů na rovníku) pro území USA a 3 úhlové vteřiny (cca 90 metrů na rovníku) pro ostatní svět, což pro zeměpisnou šířku střední Evropy představuje přibližně 90 x 60 metrů. Takto přesný a především globální model Země dosud nebyl vytvořen.

### Mapy velkých měřítek

Vytvářet v ArcGIS výškopisné mapy velkých měřítek není zrovna snadné. Např. vytváření šraf je v programu velmi složité a pracné. Internetová fóra často uvádějí aplikaci *Carto tools*, která by automatizovanou tvorbu šraf umožňovala. Ta však byla dostupná před čtyřmi lety a v dnešní době není volně ke stažení. Na druhou stranu tvorba vrstevnic je v programu ošetřena velmi zdařile. Z toho vyplívá, že na otázku "zda ArcGIS použít pro tvorbu map velkých měřítek" nelze jednoduše odpovědět. Rozhodující je jaký druh map budeme vytvářet.

# 3.4 Výhody a nevýhody práce v ArcGIS

Hodnocení programu z mého pohledu bude rozhodně kladné. ArcGIS je velmi silným nástrojem pro práci v GIS a jeho prostředí je uživatelsky příjemné. Většina funkcí se nachází přesně na místě, na kterém by je kartograf hledal.

Nesporná výhoda ArcGIS je v rozšířeních 3D analyst a spatial analyst a analytických funkcích nad terénem, které jsou v nich obsaženy. Mezi nejzajímavější analytické funkce patří např.:

- Slope (spád) funkce zobrazí místa největšího spádu (vhodné pro hydrologii)
- Line of sight (linie viditelnosti) vytvoří linii mezi body A a B, tato určuje, která místa jsou viditelná z bodu A (zelená místa linie jsou viditelná, resp. červená místa viditelná z bodu A nejsou)
- Steepest path (nejstrmější cesta) linie, která sleduje nejstrmější klesání k povrchu.

ArcGIS bych rozhodně volil pro práci s mapami malých a středních měřítek, kde díky automatizaci ušetří spoustu času. U map velkých měřítek (např. znázornění šraf) bych použil spíše některý z programů CAD.

Jako nevýhodu bych uvedl práci s mapami velkých měřítek. I přesto, že je ArcGIS velice silným nástrojem ve velkých a středních měřítkách, se tady jisté nedostatky najdou. Za přínos bych považoval zlepšení funkcí pro doladění mapy. Pokud chce člověk změnit jen např. jednu kótu, není to tak jednoduchý úkol, jak by být mohl.

Dalším nedostatek jsem pozoroval při tvorbě hypsometrie. Barevná schémata, která ArcGIS nabízí, byla téměř nepoužitelná pro zobrazení výškopisu. A to jak v možnosti *Stretched* tak i v *Classified*. V možnosti *Stretched* se např. v jediném barevném přechodu pro použití u výšek vyskytuje červená, která rozhodně do výškopisu nepatří. I v možnosti Classified bych uvítal lepší barvy z nabídky, než 22 odstínů fialové a jen 5 odstínů hnědé. Tyto barvy se potom musí vybírat z celého barevného spektra, což je dosti zdlouhavé a namáhavé.

### 4. Závěr

Bakalářskou práci nesoucí název "Možnosti zobrazení výškopisu ČR v ArcGIS" jsem si vybral především ze dvou důvodů. Jednak pro můj velmi kladný vztah k výškopisným např. reliéfním mapám, a jednak jsem mohl hlouběji proniknout do programu ArcGIS, který jsem si oblíbil při práci ve škole.

Mapy zobrazující výškopis se vždy snažily o co největší plasticitu a zároveň přesnost. V dnešní době, díky moderním technologiím, se představě výškově správné a zároveň pro laika jednoduše čitelné mapy dosti přibližujeme.

Nejpřesnější interpretací výškopisu jsou vrstevnice a kóty. Vrstevnice jsou také způsobem nejpoužívanějším. I když nepatří mezi metody nejnázornější, mají stále řadu výhod, jako například to, že nezatěžují mapu takovým způsobem, jako třeba hypsometrie. Na druhou stranu jedna z nejnázornějších zobrazení terénu je pomocí pohledových map, popřípadě 3D pohledů. I když přesnost občas pokulhává, např. pro účely výuky ve škole jsou tyto metody velmi vhodné.

Platforma ESRI ArcGIS představuje celosvětově rozšířené a podporované řešení. V České republice se technologie ArcGIS postupně stává standardem pro oblast veřejné správy (krajské úřady) a je i standardem pro projekty zpracovávané v rámci Evropské unie. Neděje se tak náhodou, díky své komptabilitě je ArcGIS schopen otevřít jak soubory jiných GIS programů, tak i CAD programů. Rovněž rozsáhlá automatizace, práci značně usnadňuje, což je v dnešní době jeden z rozhodujících faktorů. Jak jsme si již během třetí kapitoly ukázali, je v programu ArcGIS možné tvořit téměř jakékoliv mapy. Jsme tak schopni s jedním programem reagovat na poptávku a speciální přání zákazníku.

V přílohách umístěných v zadních deskách práce nalezneme názorné ukázky možností ArcGIS. Byla použita jak data středního měřítka ZABAGED (poskytnutá ČUZK) tak i data malého měřítka SRTM (volně ke stažení na internetu). Data velkého měřítka použita nebyla, jelikož zobrazení šraf není v ArcGIS zrovna jednoduché a vrstevnice jsou již v příloze obsaženy z dat středního měřítka.

V dnešním světě moderních technologií je schopnost práce v GIS pro kartografa téměř nezbytná. Doufám proto, že se tato práce stane vodítkem pro kartografy začínající s GIS.

# Seznam příloh

Všechny přílohy jsou vypálené na přiloženém CD a vloženy do desek práce.

- Příloha č. 1 : Vrstevnicová mapa vytvořená z dat ZABAGED
- Příloha č. 2 : Hypsometrická mapa vytvořená z dat ZABAGED
- Příloha č. 3 : Mapa stínovaného reliéfu vytvořená z dat ZABAGED
- Příloha č. 4 : 3D pohled z aplikace ArcScene vytvořený z dat ZABAGED
- Příloha č. 5 : Hypsometrická mapa vytvořená z dat SRTM
- Příloha č. 6 : Mapa stínovaného reliéfu vytvořená z dat SRTM
- Příloha č. 7 : 3D pohled z aplikace ArcScene vytvořený z dat SRTM

# Seznam použitých zdrojů

#### Literatura

- [1] VEVERKA, B. ZIMOVÁ, R. : *Topografická a tematická kartografie*. Praha : ČVUT, 2008. 198 s. ISBN 978-80-01-04157-4
- [2] HUML, M. MICHAL, J. : *Mapování 10*. Praha : ČVUT, 2006. 198 s. ISBN 80-01-03166-7
- [3] Časopis *Turista 4/2009*. Praha: Klub českých turistů, 2009. 65s ISSN 0139-5467
- [4] Hurník: Zobrazování Reliéfu, Diplomová práce, Fakulta stavební ČVUT v Praze Praha 2004

#### Webové stránky

- [5] ČÚZK, informace o ZABAGED [online]. verze 1.8.2. Praha: ČÚZK, 2009
   [cit. 2009-05-20] Dostupný z WWW:
   <a href="http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKC=DOC:30-ZU\_ZABAGED>">http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKC=DOC:30-ZU\_ZABAGED></a>
- [6] Veverka, B. Geobusiness, srozumitelně o geoinformatice v praxi [online]. 2007
   [cit. 2009-04-30] Dostupný z WWW:
   <a href="http://www.geobusiness.cz/index.php?id=2582">http://www.geobusiness.cz/index.php?id=2582</a>
- [7] ArcData Praha s.r.o., Charakteristika ArcGIS, Praha: 2001
   [cit. 2009-05-22] Dostupný z WWW:
   <a href="http://gis.vsb.cz/GIS\_Ostrava/GIS\_Ova\_2002/char\_ArcGIS.pdf">http://gis.vsb.cz/GIS\_Ostrava/GIS\_Ova\_2002/char\_ArcGIS.pdf</a>
- [8] Monica, P.: Hillshade Alternatives, 2001
   [cit. 2009-05-25] Text v angličtině. Dostupný z WWW:
   <a href="http://www.esri.com/news/arcuser/0701/althillshade.html">http://www.esri.com/news/arcuser/0701/althillshade.html</a>

### Obrázky

- Obr. 1: Dostupný z WWW: <http://www.geogr.muni.cz/ucebnice/dejiny/obsah.php?show=39>
- Obr. 2: Dostupný z WWW: <http://www.mapysveta.sk/images/000856\_nm\_cechy\_criginger\_1569.jpg>

Obr. 3: Dostupný z WWW: <http://www.kartografiehp.cz/public/Image/sekce-data-/ Tatry\_pohlednice\_final.jpg>

- Obr. 4: Dostupný z WWW: < <hr/>http://www.unesco.eu.sk/dedicstvo/vystava/02panel/panel.html>
- Obr. 5: Dostupný z WWW: <http://user.numazu-ct.ac.jp/~tsato/tsato/graphics/anaglyph/rb-map/rbmap\_myoukou\_p320x240.jpg>
- Obr. 6: viz Literatura [4]
- Obr. 7: viz Literatura [1]
- Obr. 8: Dostupný z WWW: <http://oldmaps.geolab.cz/map\_viewer.pl?z\_height=500&lang=cs&z\_width=800 &z\_newwin=0&map\_root=3vm&map\_region=25&map\_list=4153\_2>
- Obr. 9: viz Literatura [1]
- Obr. 10: Dostupný z WWW: <a href="http://www.bnhelp.cz/mapserv/php/mapserv3.php?project=cr\_verejne">http://www.bnhelp.cz/mapserv/php/mapserv3.php?project=cr\_verejne</a>
- Obr. 11: viz Literatura [1]
- Obr. 12: viz Literatura [4]
- Obr. 13-15 : Dostupný z WWW: <a href="http://gis.vsb.cz/GIS\_Ostrava/GIS\_Ova\_2002/char\_ArcGIS.pdf">http://gis.vsb.cz/GIS\_Ostrava/GIS\_Ova\_2002/char\_ArcGIS.pdf</a>

Obr. 16 : Dostupný z WWW: <http://geoportal.cuzk.cz/default.aspx?a=metadata&inc=zabaged.vyskopis3d& metadata=CZ -CUZK-ZABAGED-VV&productid=63312&mapid=8&m=4&l=1>

Obr. 17-32 : vlastní tvorba