



Středoškolská technika 2019

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

TVORBA RELIÉFNÍHO MODELU POMOCÍ 3D TISKU

Nina Bohánková

Gymnázium Botičská
Botičská 1, Praha 2

Prohlášení

Prohlašuji, že celou maturitní práci jsem vypracovávala sama pod odborným dohledem školitele Mgr. Petra Hlavsy, externího školitele Ing. Miloslava Klingera.

Poděkování

Mgr. Petru Hlavsovi (Gymnázium Botičská). Za odborný dohled, pomoc při výběru a následné změně tématu, celkovou korekturu a podporu. Dále za možnosti konzultací v průběhu psaní práce.

Ing. Miloslavu Klingerovi (Fyzikální ústav Akademie věd České republiky). Za pomoc při rešerši dat, změně tématu a zařazení do projektu MATCA.

Dále děkujeme FZU Akademie věd ČR a projektu MATCA za umožnění práce s 3D technologiemi, následné možnosti fotodokumentace.

Ing. Evženu Markalousovi a Ing. Michalu Drápalíkovi (Gymnázium Botičská) za pomoc s typografií a Mgr. Radku Špinkovi (Rationis development) za pomoc s informatikou.

Studentovi Danielu Kadlecovi (1. LF UK) za pomoc s geografii.

Pavlovi Teplému (Gymnázium Botičská) za pomoc s chemií plastů a materiálů.

V neposlední řadě mé rodině, která mi při psaní práce byla velkou oporou

Anotace

Má práce se zabývá tvorbou reliéfního modelu s využitím 3D tisku.

Prvním cílem práce je tvorba modelu jako učební pomůcky. Takové, která by sloužila jak laikům, tak široké veřejnosti. Druhým cílem je prezentovat potenciál 3D technologií pro budoucnost.

Abstract

Obsah

Úvod	9
Přehled literatury	10
Stručná geografie zvoleného regionu	10
Reliéfní model	10
Princip 3D tisku	11
Řízení lineárního pohybu	11
Programy.....	11
Program Tinkercard.....	12
Program Meshmixer.....	12
Program Fusion 360.....	13
Místo modelování data SRTM	14
Technologie 3D tisku.....	14
Tiskárna FDM.....	14
Tiskárna SLM	14
Tiskárna SLA	14
Metodika.....	16
Volba regionu	16
Práce s daty SRTM	16
Řešení datové problematiky.....	16
Počítání a mapování terénu.....	18
Vymezení vybrané lokality výpočtem.....	19
Program MatLab.....	19
Vysvětlení matice	20
Funkce Surf.....	20
Volba technologie	21
Materiál užívaný v technologii SLA.....	22
Chemie materiálu	22
Cena materiálu	22
Očekávání potíží při amatérské práci	22
Výsledky a diskuse.....	23
Závěr.....	25
Budoucnost 3D tisku	Chyba! Záložka není definována.
4D biology-tisk ve zdravotnictví	Chyba! Záložka není definována.
Tisk geografických objektů.....	Chyba! Záložka není definována.

Seznam literatury a zdroje	26
Přílohy	27

Úvod

Téma *Tvorba reliéfního modelu rakouských Alp* jsem si vybrala proto, že se díky svému koníčku s mapami a modely setkávám velmi často.

Po umožnění použití 3D technologií jsem se rozhodla vytvořit reliéfní model pomocí 3D tisku a zjistit, jaký potenciál má tato metoda pro budoucnost a jak je v současné době dostupná.

Jelikož jsme se pomocí 3D technologií rozhodli zhotovit model geografické pomůcky, domníváme se, že v případě úspěšnosti této metody v oblasti ceny, náročnosti, dobu trvání výroby aj. bude možné hojně využít 3D tisk geografických modelů např. v architektuře, ale dále také např. v geologickém inženýrství či hydrogeologii.

Model zároveň našel uplatnění mezi lektory horolezeckého sportovního týmu, který se rozhodl užívat jej jako učební pomůcku.

Mým cílem je sestavit takový model, který by sloužil jak profesionálům, tak lajkům a široké veřejnosti.

Přehled literatury

Vybranou oblastí pro tvorbu modelu jsou rakouské Alpy, konkrétně vrchol Großglockner, protože je hodně reliéfní. Tato oblast je mi velmi známá a velmi často ji navštěvuji.

Stručná geografie zvoleného regionu

Rakousko je díky Alpám nejhornatější zemí Evropy. Nadpoloviční většina plochy země leží kolem nadmořské výšky 500 m n.m. Großglockner je nejvyšší hora Rakouska, která se nachází ve skupině Glockner patřící do Vysokých Taur a na hranici spolkových zemí Korutany a Tyrolsko. (1) Je tvořen horninovým podložím a ledovci.



Obrázek 1 mapa tištěné lokality, 3D pohled (2)

Reliéfní model

Reliéfní model je jedna z možností kartografických pomůcek, která je na rozdíl od map trojrozměrná.

Tvorba reliéfního modelu probíhá pomocí skládání jednotlivých vrstev. Dle vrstevnic se jednotlivé tvarované mapy na sebe navrství tak, aby kóty byly seřazeny vzestupně. Vrstva s nejvyšší kótou bude tedy vrstvou poslední. Pro dosažení přesnější členitosti povrchu se model zalévá např. sádrou.

V mém případě byla možnost vytvořit reliéfní model pomocí 3D tisku.

Princip 3D tisku

3D tisk (aditivní výroba) je technologie, která na rozdíl od ostatních/konvenčních technologií nevyužívá úběru materiálu (např. frézování, soustružení, vyřezávání atd.), ale postupného přidávání. Nutno si uvědomit, že 3D tisk nelze považovat za variantu 2D tisku.

Ve 2D tisku tiskneme pomocí toneru na papír „ploché“ obrázky ve formátech PDF nebo JPEG. 3D tisk se liší v tom, že vyžaduje pro zadání speciální typ digitálního souboru, který označujeme jako 3D model. (3) 3D tisk je proces, při kterém se z digitální předlohy (3D model) vytváří fyzický model.

Řízení lineárního pohybu

Všechny 3D tiskárny jsou opatřeny pohyblivým ramenem, které se pohybuje a vykonává tak proces tisku. Existují dva typy tiskáren – delta a kartézské.

Kartézský pohyb je starší a jejich pohyb je založen na principu, kdy pracuje se třemi osami: x, y a z. Každá z těchto os umožňuje pohyb v určité rovině.

- osa x se pohybuje doleva a doprava
- v ose y probíhá pohyb dopředu a dozadu
- osa z směřuje nahoru a dolů

Princip je založen na tisknutí daného tvaru v rovině xy. Po dokončení se rameno tiskárny posune po ose z nahoru a opět pracuje v rovině xy, kde pokračuje v tisku další vrstvy.

Delta tiskárny užívají systém „*pick and place*“, což znamená zvednout a umístit. (3)

Programy

V oboru 3D tisku má zásadní význam 3D software. Tento software funguje paralelně se specializovaným 3D programem. V dnešní době máme na výběr z několika programů a mnoho z nich dokonce není zpoplatněno. Účelem tohoto programu je vytvoření předlohy pro 3D tiskárnu.

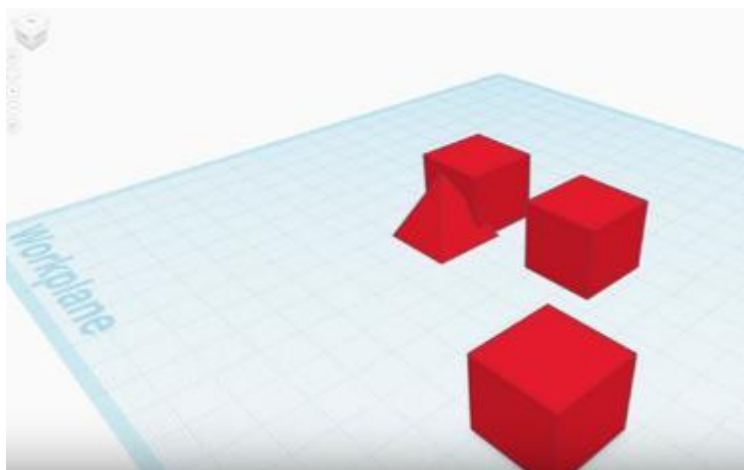
Do kategorie pro začátečníky můžeme zařadit např.: Tinkercard, Meshmixer, Fusion 360 aj. Práce s těmito programy není obtížná a lze se ji naučit přibližně za hodinu.

Některé z těchto programů využívají jak začátečníci pro jejich jednoduchost, tak profesionálové pro množství možností a nástrojů, které programy nabízejí.

Dalším plusem programů je funkce napravování chyb. Pokud vytvoříme 3D model, se kterým nejsme plně spokojeni, je možné ho pomocí jiného 3D programu doopravit. (3)

Program Tinkercard

Tinkercard (<http://www.tikercard.com>) je jedna z bezplatným použitelných platforem. Je rychlý a dostatečně prostý. Může ho užívat kdokoli, kdo si vytvoří uživatelský účet. Je dostupný online a nejlépe funguje v moderních prohlížečích, jako je např. Firefox či Chrome. Pochopitelně funguje i jinde, zde ale naše práce bude plynulejší. Negativní vliv může mít i špatné internetové připojení. (3)

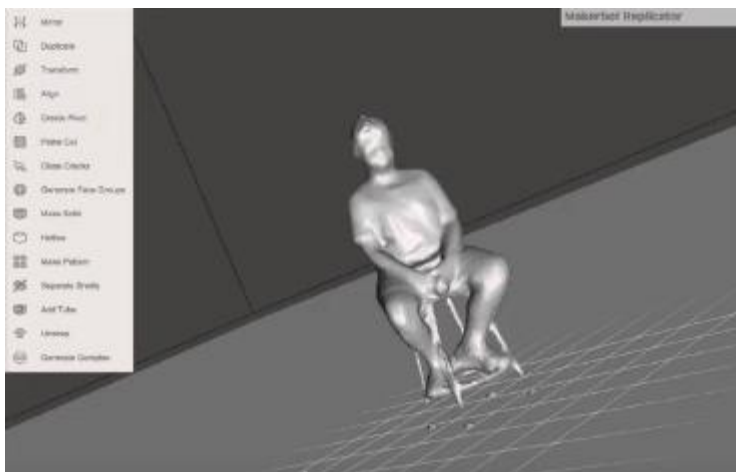


Obrázek 2 Model vytvořený v programu Tinkercard

Program Meshmixer

Program Meshmixer (<http://www.meshmixer.com/forum>) je další program dostupný zdarma. Ačkoli není zpoplatněn, jeho služby využívají nejen začátečníci, ale i pokročilí uživatelé. Je vhodný pro domácí 3D tiskárny. Vhodný pro studenty, umělce, profesionály, architekty či návrháře.

V tomto programu je možné vytvořit už opravdu složitá digitální díla. Zároveň umí převádět model na fyzický produkt, v čemž se mu nevyrovná žádný jiný software.



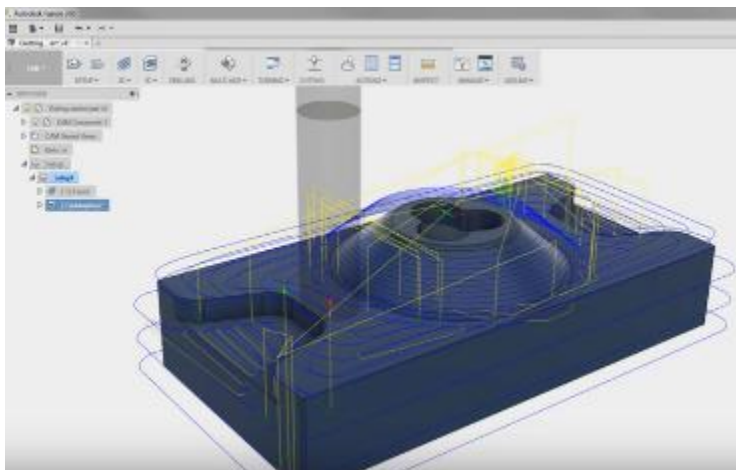
Obrázek 3 model vytvořený v programu Meshmixer

Program obsahuje až 80 modelovacích nástrojů a všechny je možné využívat okamžitě. (3)

Program Fusion 360

Program Fusion 360 (<http://fusion360.autodesk.com>) se z amatérských programů vyznačuje nejprofesionálnějšími nástroji. Je možné vymodelovat model např. robota. A stojí jen zlomek ceny toho, co si obvykle výrobci za tyto programy účtují a pro studenty je dokonce zdarma.

Tento program není založen na internetovém připojení, ale s jeho možností získáte o programu lepší dojem. Režim offline by měl tedy pro náročnější práce být jen dočasný.



Obrázek 4 model vytvořený v programu Fusion 360

Je zde mnoho funkcí a možností. Mezi nejvyužívanější patří např. otáčení v různých směrech, možnost kombinování geometrických a tvarovaných těles či možnost simulace, jak bude náš výsledný model reagovat na různá fyzická zatížení v reálném světě. (3)

Místo modelování data SRTM

Pro vytvoření 3D modelu je nutné opatřit data o tištěné věci, která budou do tohoto programu zadána. Jelikož jsme se rozhodli tisknout model povrchu země, nebudeme využívat programy pro modelování, které jsou zmíněné výše. V našem případě jsme pracovali s daty, která nazýváme SRTM (anglicky *Shuttle radar topography mission*). Netýkají se 3D tisku jako takového, ale pouze definovaného zemského povrchu.

Technologie 3D tisku

Existuje několik technologií 3D tisku, např. FDM, SLM, SLA atd. Liší se ve využití různých druhů materiálů a jeho aplikací. Dále průběhem a způsobem tisku.

Tiskárna FDM

Technologie FDM (anglicky *Fused Deposition Modeling*) využívá pro tvorbu modelů jako materiál tiskovou strunu, která prochází tiskovou hlavou, kde je její termoplastický materiál taven do polotekutého stavu a takto postupně nanášen na stavební podložku.

Používá k modelování vlákna, která jsou dostupná v průměrech 1,75 mm a 2,85 mm. Každá 3D tiskárna je kompatibilní pouze s určitým průměrem vlákna. Tiskárna FDM využívá jako materiál různé druhy plastů. Jako např. PET (polyethylentereftalát), nylon, PLA (polyaktid)... plus další pomocné materiálové příměsi. (3)

Tiskárna SLM

Technologie SLM (anglicky *Selective laser melting*) funguje na principu tavení laserem. Je to výrobní technika, která může tisknout kovové části. Laser se používá k roztavení kovového prášku v místech po sobě jdoucích vrstev. (3)

Tiskárna SLA

Technologie SLA (anglicky *Stereolithography*) je nejstarší technologie používaná od roku 1986. Dochází zde k vytvrzování tekutého kompozitu laserovým paprskem.

Tyto 3D tiskárny nevyužívají vlákno, ale pracují s kapalnou pryskyřicí (polymerem). Tato pryskyřice podléhá tvrdnutí při vystavení UV paprskům. Tisk probíhá přidáváním jednotlivých vrstev.

Do 3D tiskárny je umístěna vana, která obsahuje kapalnou polymer. Do této vany se na dno ponoří tisková deska tak, aby mezi spodní plochou desky a dnem zbyla tenká vrstva polymeru. Na desku ze spodní strany dopadají speciálně orientované paprsky. Ty v různých místech způsobí, že pryskyřice vytvrdne. Poté se deska opět zvedne a

tvrzením se modeluje další vrstva. Tento proces se opakuje, dokud není model hotový. (3)

Metodika

Realizace mé práce je umožněna díky spolupráci s Fyzikálním ústavem Akademie věd ČR, konkrétně s projektem Matca (viz příloha). Tento ústav se zabývá projekty týkajícími se práce s moderními technologiemi, jako jsou např. kromě 3D tisku výzkumy s elektronovými mikroskopy, práce s plasmou apod.

V první části práce jsem zvolila lokalitu a promyslela si klady a zápory, které by mohli souviset s tvorbou reliéfního modelu. V případě ruční výroby by byla stavba modelu pohoří komplikovaná pro jeho členitost a hornatost. Díky 3D technologiím není problém pracovat i s náročnějším zadáním.

Volba regionu

Pro svou práci jsem si zvolila region *Rakouské Alpy*, z důvodu známosti, dostupnosti a členitosti povrchu.

V Rakousku Alpy zaujímají asi 52 600 km² (1) Kdybychom s takovou rozlohou počítali při tvorbě 3D modelu, museli bychom ho vytisknout ve velkých rozměrech (pravděpodobně v řádu metrů), aby byl přehledný.

Náš výběr jsme tedy ještě zúžili na horu Großglockner (47°4'26" s. š., 12°41'41" v. d.) a nejbližší okolí.

Práce s daty SRTM

Region je jako každý zeměpisný objekt vymezen pomocí zeměpisné sítě. Ve vektorové kartézské soustavě by se tyto údaje promítly na osu x a y. Chceme-li ovšem vytisknout reliéf ve 3D provedení, potřebujeme i údaje o nadmořské výšce. Nyní se údaje zobrazí na ose z. Nadmořskou výšku ale nestačí naměřit pouze na jedné kótě (zde např. na vrcholu námi vybraného horského masivu). Potřebujeme výškové údaje celé reliéfní ploše.

Řešení datové problematiky

Jelikož je reliéf relativně členitý, budou se nadmořské výšky jednotlivých bodů poměrně lišit. Tuto problematiku lze částečně vyřešit logickou úvahou.

Představme si mapu horského masivu a nejbližšího okolí. Poté tu samou mapu pokryjeme čtvercovou sítí (viz obrázky č. 6 a č. 7). Četnost a velikost stran jednotlivých čtverců funguje na jednoduché závislosti. Čím menší bude strana jediného čtverce z této sítě, tím bude jejich četnost v ní početnější a tím přesnější model bude. Pro příklad si tedy představme čtvercovou síť o obsahu 1000 × 1000

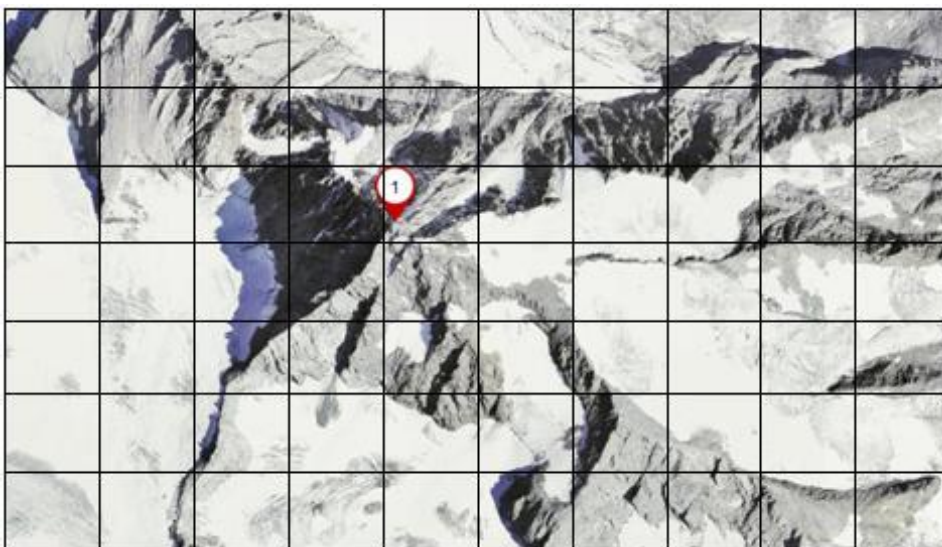
čtverců. Každý čtverec sítě bude obsahovat jednu vyčíslenou kótu. Kdyby se pracovalo tímto způsobem, bylo by vyčíslení celé mapy velmi náročné.

Zkonzultovala jsem postup se svým externím školitelem, který uvedl, že tuto matici už v minulosti vyřešila NASA pomocí družicového snímání a dosazování. Čerpali jsme data v originální podobě v anglickém jazyce, aby vlivem nepřesného překladu nedošlo k chybám.

Družice opisující dráhu nad zemským povrchem pořizovala snímky dané lokality z různých výškových úhlů, což způsobilo další komplikaci s dostupností dat a informací. Je-li hornatý povrch monitorován satelitem, je možné, že odvrácená strana trhliny či vrcholu není nasnímána (= z žádného úhlu ve výšce, v níž obíhá družice, není možné část terénu vyfotit) a nemáme dostupné podstatné informace. Po dlouhém hledání a prozkoumání dalších zdrojů zabývajících se touto tematikou bylo zjištěno, že tato data byla dopočítána složitými matematickými vzorci.



Obrázek 6 Satelitní mapa vrcholu Großglockner a blízkého okolí (2)



Obrázek 5 Satelitní mapa vrcholu Großglockner a blízkého okolí pokrytá zjednodušenou čtvercovou sítí (2)

Lze tedy s jistotou říci, že máme k dispozici veškerá data, která potřebujeme k zadání do 3D programu.

Počítání a mapování terénu

Při mapování terénu a počítání dat jsme vycházeli z toho, že víme, jaké souřadnice má objekt, o který máme zájem. Výše už bylo uvedeno, že Großglockner leží na $47^{\circ}4'26''$ s. š., $12^{\circ}41'41''$ v. d. Na stránkách *Digital elevation data* (4) jsme zadali, že požadujeme zúžit celosvětovou lokalitu na Alpy. Po zadání tohoto kritéria nám stránka zobrazila několik bodů definovaných pomocí zeměpisné sítě (obrázek č. 7). Souřadnice jsme tedy zaokrouhlili na celá čísla a vybrali bod, který byl danému číslu nejpodobnější. N47E012. V našem případě se přesně shodoval s naší zaokrouhlenou hodnotou.

	n47e006	n47e007	n47e008*	n47e009	n47e010	n47e011*	n47e012*	n47e013*	n47e014	n47e015
n46e005	n46e006	n46e007	n46e008	n46e009	n46e010	n46e011*	n46e012*	n46e013*	n46e014	n46e015
n45e005*	n45e006*	n45e007*	n45e008*	n45e009*	n45e010*	n45e011*				
n44e005*	n44e006*	n44e007*								
n43e005	n43e006	n43e007								

Obrázek 7 Alpské body zdefinované v *Digital elevation data*

Dále jsme opět ze zdroje NASA zjistili následující klíčovou informaci. Každý uvedený bod definuje plochu (dále dlaždici) o rozloze 1×1 zeměpisný stupeň a zároveň se nachází vždy v levém rohu zmíněného čtverce.

Kliknutím na daný bod nás stránka odkáže na zazipovaný soubor obsahující výšková data. Tento soubor jsme stáhli, abychom jej mohli použít k další výpočetní práci. Obsahuje matici, kterou jsme zadali do programu MatLab pro další výpočty.

Jednoduchou úvahou jsme vytyčili plochu 1×2 zeměpisné stupně. Máme tedy dvě dlaždice (obrázek č. 8). kdy první z nich definujeme bodem N47E012 a druhou z nich bodem N46E012. Zobrazené body pod čísly tvoří hranici plochy (daný bod + 1 zeměpisný stupeň). Großglockner pod č. 5.



Obrázek 8 plocha vymezená dvěma zeměpisnými čtverečnými stupni (2)

Plocha vytyčené lokality sahala dál, než jsme odhadovali. Pokud bychom tiskli tak velkou lokalitu, mohl by být problém s přehledností. Cílem naší práce je zachytit na reliéfním modelu vrchol Großglockner. Zmenšení plochy je zde tedy nutné.

Proto jsme se rozhodli tuto plochu zmenšit tak, že délkové zeměpisné stupně vydělíme dvěma. Z dlaždice definované bodem N47E012 využijeme pouze „jižní“ polovinu plochy a z dlaždice definované N46E012 využijeme pouze polovinu „severní“. Vznikly nám tedy dva nové body: N47,5E012 a N46,5E012. Tyto body neslouží k definování dlaždic, ale k vymezení hranic tištěné lokality.

Naši lokalitu jsme tedy zmenšili o 1 zeměpisný stupeň čtverečný.

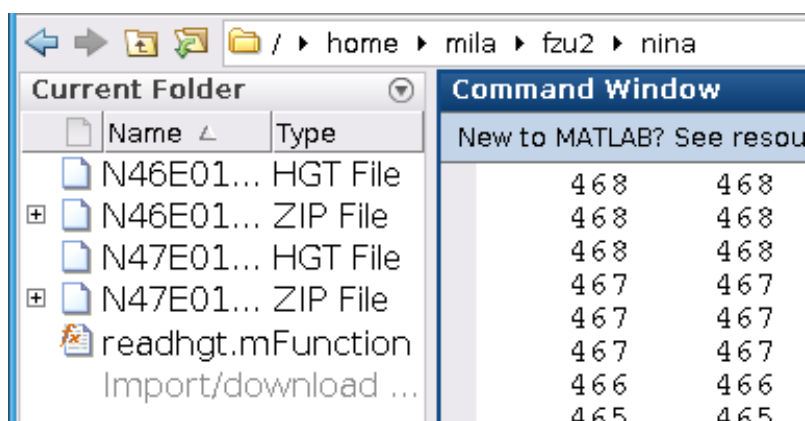
Großglockner nám na dané ploše zaujímá polohu ve středu, což je pro přehlednost a jasnost velkou výhodou.

Vymezení vybrané lokality výpočtem

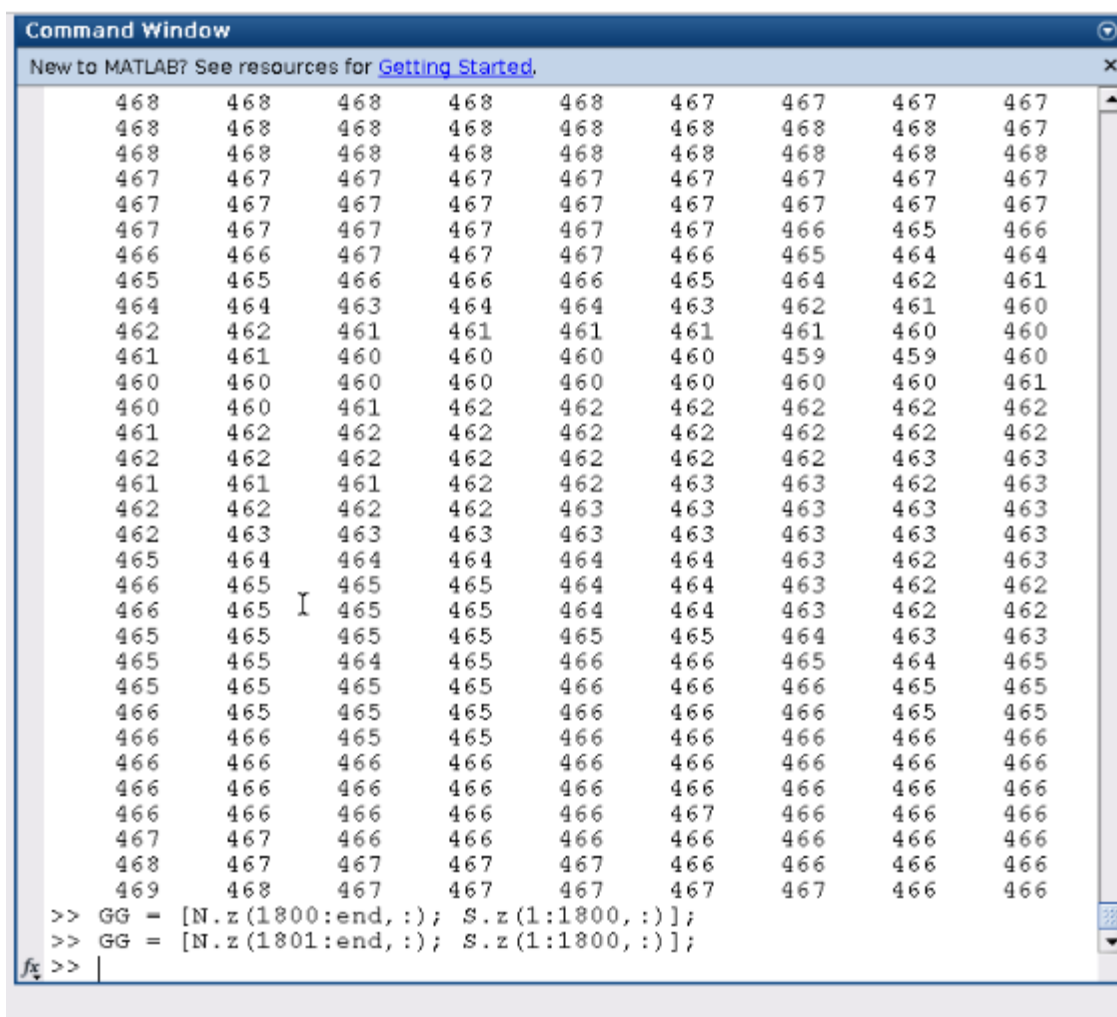
Výpočtem a následnou úvahou jsme došli k závěru, že lokalita, kterou budeme tisknout, je plocha čtyřúhelníku, jehož vrcholy tvoří hranici této lokality a jsou vymezeny takto: N46,5E012 → N46,5E013 → N47,5E013 → N47,5E012. Na obrázku č. 8 zobrazeno červeným obdélníkem.

Program MatLab

MatLab (*Matrix Laboratory*) je interaktivní programové prostředí a skriptovací programovací jazyk čtvrté generace vyvíjen společností Mathworks. (6) Tento program je možné uplatnit při počítání s maticemi, vykreslování 2D i 3D grafů funkcí, počítačovou simulaci apod.



Obrázek 9 zadání hodnot do programu MatLab



Obrázek 10 matice v programu MatLab

Pracovali jsme s verzí R2014b. V našem případě jsme tento program využili k vyřešení matice, která byla umístěna ve staženém zázipovaném souboru.

Vysvětlení matice

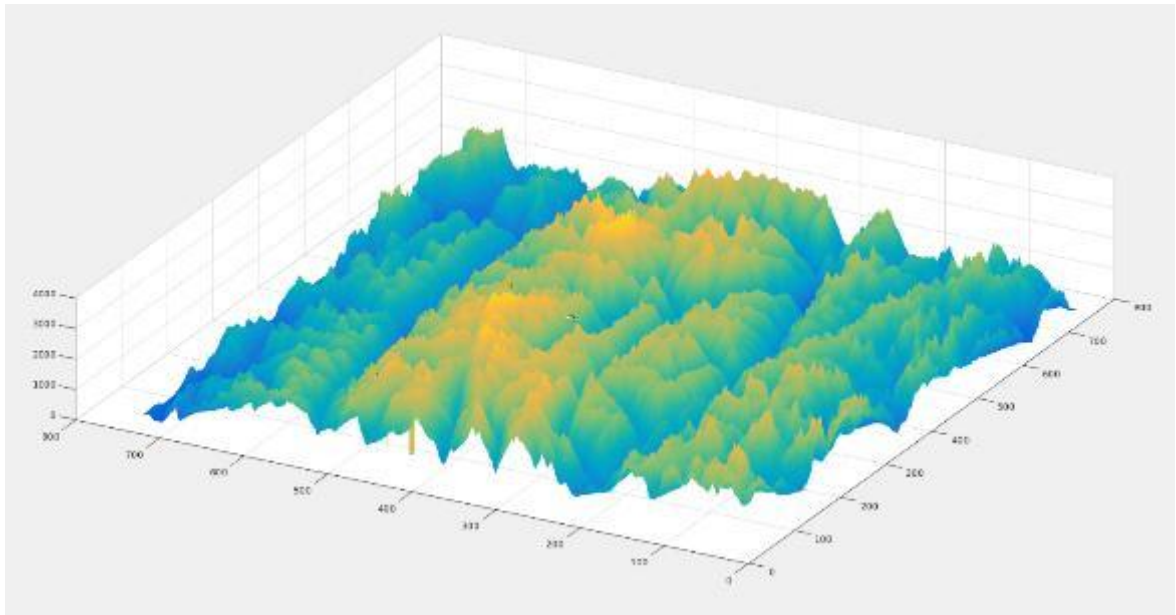
Jak již bylo zmíněno, má tato matice přibližně 3600 členů (obrázek č. 10). Každý člen matice odpovídá nadmořské výšce. Propojením čísel stejné hodnoty v tabulce by vznikla vrstevnicová mapa. Tuto matici jsme omezili minimem 0 m n. m. a maximem 3798 m n.m.

Funkce Surf

Abychom mohli 3D tiskárně zadat postup práce, musíme v MatLab vytvořit z matice vykreslení povrchu ve 3D pohledu. Tuto možnost nám nabízí funkce Surf. Do funkce jsme zadali potřebná kritéria.

Zemskou plochu, kterou jsme si stanovili (resp. poloviční hodnoty obou dlaždic). Zadáno pomocí souřadnic bodů. Dále jsme do vzorce zadali omezení nadmořskými výškami.

Funkce surf nám vytvořila vycolorovaný 3D model horského masivu a okolí (obrázek č. 11). Žlutá barva definuje nejvyšší nadmořskou výšku, tmavě modrá nadmořské výšky nejnižší.



Obrázek 11 model Grossglockneru a okolí, pohled zhora ze západu

Tento výsledek bude zadáním 3D tisku.

Volba technologie

Pro svou práci jsem si vybrala technologii SLA z důvodu:

- cenové dostupnosti

Cena materiálu pro tisk SLA je uvedena dále, nyní však můžeme předpokládat, že odhadovaná cena hotového produktu se bude pohybovat v jednotkách 1000,- Kč.

- dostupnosti dané technologie v ČR

Technologie SLA byla dokonce dostupná v Praze, což významně urychlilo naši práci. Původní předpoklad byl provedení tisku v Liberci.

- kvalitního rozlišení

Tiskárna SLA má možnost tisku mírně velikostně omezený. Finální model bude měřit přibližně 10×15×3

- snadno zpracovatelného materiálu – polymer (pryskyřice)

Materiál užívaný v technologii SLA

Technologie SLA používá jako materiál polymer, který tvrdne pod UV zářením. Pryskyřice existuje několik typů: normální/ univerzální, tvrdé/ trvanlivé, pružné, odlévatelné.

Jednotlivé typy pryskyřic mají své výhody i nevýhody. Pryskyřice mohou zajistit vysokou odolnost a tvrdost, ale naopak neumožňují tak detailní a přesný tisk jako pryskyřice univerzální. Vydrží však větší fyzické zatížení než univerzální.

Někteří výrobci vyrábějí specifické pryskyřice, které do jejich vyrobených tiskáren pasují. (3)

Chemie materiálu

Cena materiálu

Pryskyřice je mnohem dražší než vlákna FDM. Její cena však postupně klesá. Nejlevnější pryskyřice stojí cca 50 USD/ l (1000 ml). V přepočtu na koruny asi 1150,- Kč. Pryskyřice univerzální dosahují ceny až 150 USD/ l (1000 ml), v korunách cca 3500,- Kč. (3)

Očekávání potíží při amatérské práci

Jelikož je 3D tisk relativně nová technologie, je možné, že se při amatérské práci s ním vyskytnou různé potíže. Níže uvedené situace jsou poměrně běžné.

Tisk se nezdaří. Toto se může stát opravdu často. Je možné, že ve 3D modelu vytvořeném v programu mohly být drobné chyby.

Tisk trvá. Toto nemusí být ani pochybení. Jelikož nejsou 3D tiskárny plně automatizovány, je normální, že tisk může zabrat v závislosti na velikosti i pět hodin.

Opracování hotového produktu. Vytisknutou věc je někdy nutno dodatečně opracovat, jako např. obrousit a vyhladit. Přesnost může ovlivnit např. i prach, který se usadil na materiálu před tavením.

Výsledky a diskuse

V případě ruční výroby by byla stavba modelu pohoří komplikovaná pro jeho členitost a hornatost. Díky 3D technologiím není problém pracovat i s náročnějším zadáním.

Když jsme tvořili reliéfní model pomocí 3D tisku, museli jsme pracovat se zeměpisnými daty. Výhodou je, že jsou tato data již velmi přesně spočítána. Zadali jsme je do matematického programu (v našem případě MatLab) hodnoty a ten nám velmi podrobně vykreslil reliéfní model objektu. Díky funkci Surf v programu MatLab máme k dispozici náhled výsledné podoby naší práce.

Tento výsledek byl zpracován konstruktérem a předán k tisku.

Výhody práce s 3D tiskem

- široká dostupnost dat a modelů (4)
- minimální odchylky v hodnotách
- vykreslení reliéfu v digitální podobě
- rychlost tisku
- vlastnosti materiálu, např. odolnost, hmotnost, vodoodpudivost aj.
- přesnost tisku

Nevýhody práce s 3D tiskem

- náročnost práce s programy
- složitější orientace v datech
- cena

Výhod je tedy mnohem více než nevýhod. A i nevýhody budou postupem času minimální. Cena bude nižší, cesta k finálnímu produktu jednodušší.

V případě ruční práce by bylo nutné vrstvit na sebe mapy tak, aby přesně odpovídali nadmořským výškám. Musely by tedy být vystříhané, popř. vyřezané s naprostou přesností, což u ruční práce nelze stoprocentně zaručit. Dále bychom byli omezeni i materiálově. Muselo by se spoléhat na papír, karton, velmi měkký plast atd. Tyto materiály jsou náchylné ke zničení a též by mohli ovlivnit životnost produktu. Ručně dělaný reliéfní model se navíc musí zalít sádrou, aby simulovala terén.

Co se týče přímo problematiky tisku geografické lokality, od klasického tisku jakéhokoli jiného zadání se liší jen minimálně. Nemodelovali jsme v 3D programu, ale využili data SRTM. Jinak postup nebyl v ničem rozdílný.

Potenciál tisku geografických modelů lze využít v architektuře ke zjištění způsoblosti podloží. Dále k odlehčování materiálů a stavebních dílů. Díly budou konkrétní a velmi

specifické a budou s naprostou přesností odpovídat zadání. Manipulace s nimi bude jednodušší.

Závěr

Čím dál více výrobních společností se snaží digitalizovat výrobní procesy. Většinu z nich zaujal 3D tisk jako zcela nový pomocník. Výhodou je obsluha stroje, kterou může jednoduše provádět i základně proškolená obsluha. Dále rychlost a efektivnost tisku. V současné době tiskárny tisknou v závislosti na přesnosti velmi pomalu, ze statistik však vyplývá, že v roce 2022 bude jejich rychlost o 400 % vyšší. Podobný vývoj očekáváme i s cenou, která se sníží až o 50 %. (5)

Podle předpokladů by mohl percentil spotřebitelů narůst ze současných 30 % na 93 %. (5)

S 3D tiskem lze komplexní materiály využívat několika způsoby. S rozvojem informačních technologií nebude tvůrcem člověk, ale samotný program, který bude generovat alternativy pro některé objekty, založené na našich pokynech a znalostech získaných při strojovém učení. Tiskárna umí zohlednit i různé vlastnosti používaných materiálů (tvrdost, hmotnost, pružnost atp.) (3)

Očekávanou novinkou by měl být nástup tzv. *4D biology-tisku* v oblasti zdravotnictví. Chrupavky, klouby a přirozeně fungující lidské orgány se budou tisknout biologickým materiálem obsahující kmenové buňky. Vzhledem ke složitosti transplantace orgánů a nedostatku dárců nabízí 3D tisk skvělou příležitost. Přizpůsobení je v této oblasti značně důležité. Tiskem lze vytvořit orgány, které dokonale sednou dárci a tělo nebude mít problém je přijmout. Každý pacient může obdržet své vlastní vytisknuté orgány, které se nebudou nijak lišit od „originálu“. (5)

Seznam literatury a zdroje

- (1) ŠLÉGL, Jiří. *Světová pohoří: přehledové i podrobné mapy, turistické trasy, alpinismus, sport, fauna a flóra, podnebí*. Vyd. 2. Praha: Knižní klub Balios, 2002. ISBN 80-242-0822-9.
- (2) Mapy.cz. *Seznam.cz* [online]. Praha 5, 1996, 1996 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka=12.6939005&y=47.0745897&z>
- (3) KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.
- (4) NASA, *National Aeronautics and Space Administration: Digital elevation data* [online]. Washington DC, 2017 [cit. 2019-05-17].
- (5) VLČEK, Ondřej. *Jaká je budoucnost 3D tisku* [online]. 2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://imagazin.cz/budoucnost-3d-tisku/>
Pokud není uvedeno jinak, obrázky pocházejí od autorky.
- (6) DUŠEK, František. *MATLAB a SIMULINK: úvod do používání*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. ISBN 80-719-4273-1.

Přílohy

Národní centrum kompetence MATCA se zabývá aplikovaným výzkumem v oblasti pokročilých technologií – zejména plazmatických laserových a aditivních. Centrum je podpořeno Technologickou agenturou České republiky v rámci projektu TN01000038.