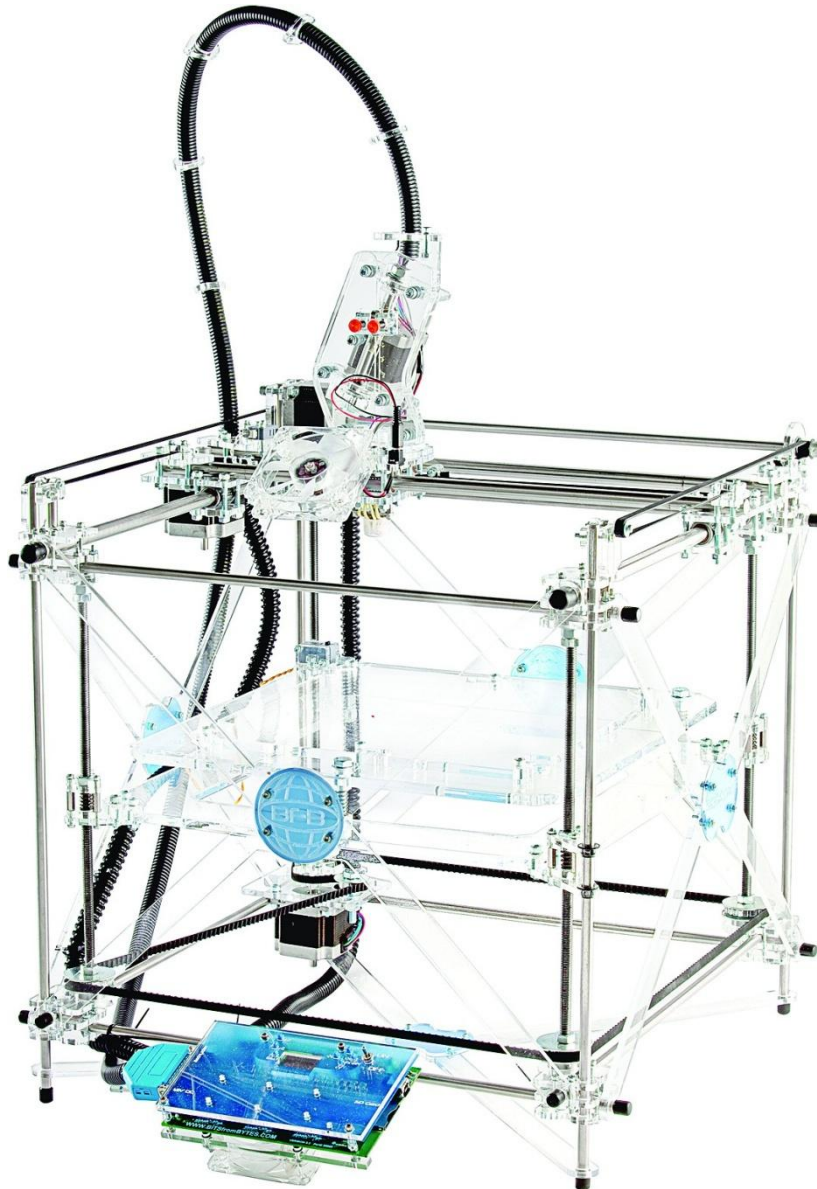


STUDIJNÍ MATERIÁL K MODULU

VYUŽITÍ A METODY PRÁCE S 3D TISKÁRNAMI VE STROJÍRENSTVÍ



ODBORNÉ UČILIŠTĚ A PRAKTICKÁ ŠKOLA
LIPOVÁ – LÁZNĚ 458
MGR. PETR PROKŠENKA

Předmluva

V současné technické praxi se začaly objevovat nové technologické prostředky a postupy, které úzce souvisí s potřebou orientovat se v moderních metodách práce ve všech fázích, počínaje návrhem a vývojem, výrobou prototypu, otestováním vlastností, až po třeba sériovou výrobu produktu. Dnes již celý přípravný a výrobní proces prošel inovací, a přizpůsobil se tak i on nárůstu využití informačních technologií ve všech sférách lidského působení. S dokonalejší technikou a širší bází informací dokážeme daleko efektivněji využít čas, ušetřit finanční prostředky na dříve předraženém a pomalém vývoji, a tím snížit cenu finálního produktu, stejně jako „vyladit“ jeho vlastnosti do požadované podoby.

Tento modul je zařazen do struktury kurzu pro další vzdělávání v oblasti strojírenství zejm. pro jeho inovativní náplň a seznámení s moderními trendy v aktuální strojírenské praxi. Představuje prohloubení obecných kompetencí a podporu odborného vzdělávání zaměstnanců, která má vazbu na současnou či budoucí pracovní pozici ve společnosti. Modul má za úkol uvedení do problematiky využití 3D tisku pro zkvalitnění procesů v oblasti návrhu a testování technologických a výrobních postupů, které povedou k efektivnějšímu využití všech prostředků.

Absolvent modulu získá základní kompetence pro práci s 3D tiskárnami počínaje přehledem využití 3D technologií v současné technické praxi, přes základní interpretaci technické dokumentace, navrhování modelů ve 3D software, 3D skenování, tisk na 3D tiskárně až po samotnou aplikaci osvojených kompetencí v konkrétní strojírenské praxi.

Pevně věřím, že Vám tento studijní materiál, který je koncipován jako studijní opora s možností využití jak v průběhu samotných školicích dnů a prezenčních setkání, tak i při samostudiu, bude srozumitelný a přínosný.

Mgr. Petr Prokšenka
odborný lektor

Obsah

A)	Seznámení s 3D technologiemi v současné technické praxi	1
1	Digital prototyping	1
2	Product design	4
3	Rapid prototyping	5
3.1	Metody rapid prototypingu	6
4	Reverse engineering	9
B)	Základy interpretace technické (výkresové) dokumentace	12
5	Druhy výkresů	12
6	Formáty výkresů	13
7	Měřítka	13
8	Základní zobrazení	15
8.1	Pravoúhlé promítání	16
8.2	Axonometrie	18
8.3	Technická izometrie	19
8.4	Perspektiva	21
8.5	Příklady zobrazení v modelovacím prostoru	22
8.6	Zobrazování řezů, průřezů a průniků	24
9	CAD, CAM, CAE a další systémy	27
10	Souborové formáty AutoCADu	28
C)	Návrh modelů ve 3D software	31
11	Přehled použitelných nástrojů pro 3D modelování	31
12	Modelování v Google SketchUp 7 CZ	37
12.1	Terminologická východiska	37
12.2	Úvod do modelování v Google SketchUp 7 CZ	38
12.2.1	Stažení a instalace programu SketchUp 7 CZ	39
12.2.2	První spuštění programu	39
12.2.3	Prostředí programu a základní nastavení	39
12.2.4	Pracovní prostor a základy ovládání programu	42

12.2.5	Nastavení zobrazení a pohledů pomocí kamery	45
12.2.6	Velká sada nástrojů	46
12.2.7	Kontextová nabídka	59
12.2.8	Hladiny	60
12.2.9	Textové nástroje	61
12.2.10	Rovina řezu	62
12.2.11	Skupiny a komponenty	64
12.2.12	Použití předlohy	66
12.3	Zásuvné moduly – pluginy	69
12.3.1	Plugin Curviloft	70
12.3.2	Plugin RoundCorner	75
12.3.3	Plugin Mirror	77
12.3.4	Plugin Involute Gear a Key Involute Gear	78
12.3.5	Plugin Export / Import STL file	80
D)	3D tisk a 3D tiskárny	85
13	Základní metody 3D tisku	85
13.1	Metoda FDM	85
13.2	Metoda DLP a SLA	87
13.3	Metoda SLS	88
13.4	Metoda DMLS a EBM	88
14	Materiály pro 3D tisk	89
14.1	ABS a PLA plasty	90
15	Postprocessing modelů v STL	91
15.1	Netfabb Basic – samostatný program	91
15.2	Netfabb Microsoft 3D Model Repair service cloud	93
16	Charakteristika práce s 3D tiskárnou RapMan	96
16.1	BOZP a PO při práci s 3D tiskárnami	98
16.2	Kalibrace tiskárny a předtisková pravidla	99
16.3	Elektronika tiskárny	101

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

16.3.1	Popis položek nabídky elektroniky a jejich ovládání	103
16.4	Nastavení parametrů tisku.....	104
16.5	Údržba tiskárny	112
16.6	Extruder tiskárny	113
16.7	Nástroje pro práci s výtiskem	115
16.8	Povrchové úpravy výtisků	118
16.9	Spoje komponent výtisků.....	119
E)	3D skenování	121
17	3D skenování.....	121
18	Závěr.....	124



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

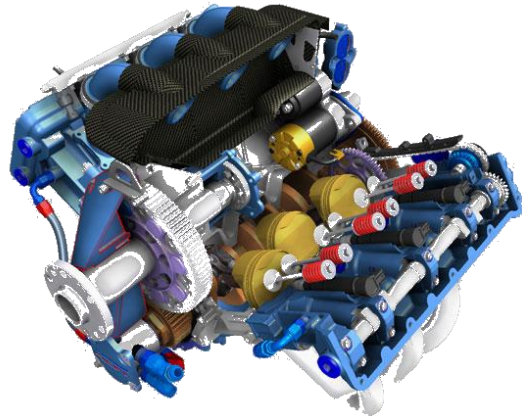
TÉMA 1:

A) Seznámení s 3D technologiami v současné technické praxi

1 Digital prototyping

Digitální prototypování přináší do procesu kreativního navrhování možnost spolehlivě předvídat budoucí výsledky. Podrobné vizualizace, precizní analýza a přesné simulace nabízejí zákazníkům Autodesku možnost vidět budoucí výsledky jejich práce.

(zdroj: <http://www.autodesk.cz>) [1]

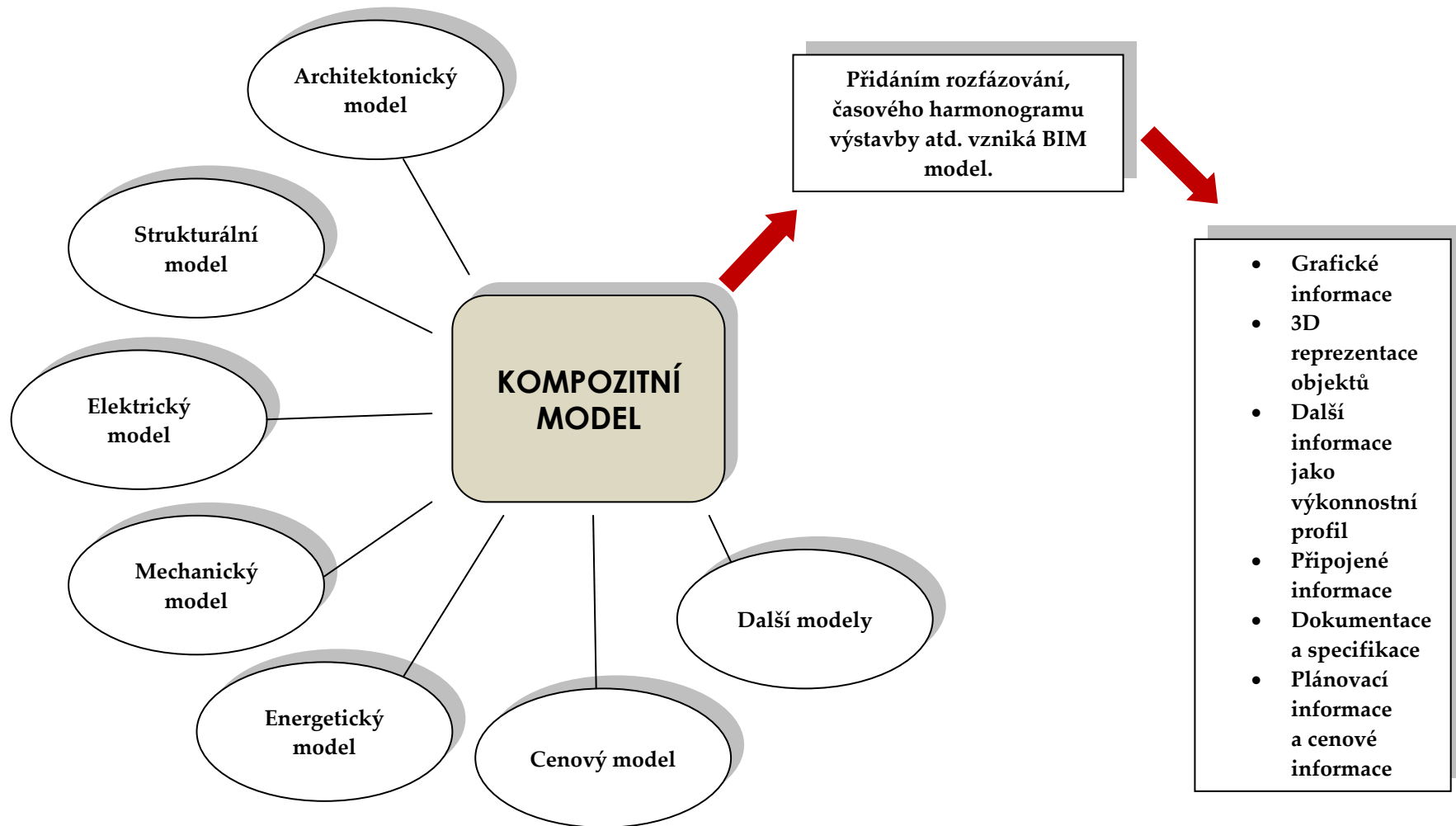


Hlavní myšlenkou digitálního prototypování je **usnadnění návrhu a vývoje prototypu**, jeho názornost pro zákazníka, široké **možnosti testování vlastností** produktu, **simulace jeho funkčnosti** a možnost **jednoduché změny** všech podstatných kritérií produktu. Lze říci, že díky digitálnímu prototypování je daleko jednodušší spolupráce vývojářů např. z různých částí světa při práci nad komplexním modelem a podstatně rychleji lze reagovat na potřeby zákazníka a reflektovat je přímo při návrhu a vývoji modelu. Výsledným produktem je samozřejmě finálně vyrobený produkt, nicméně digitální prototypování se zabývá zejm. fázemi **návrhu a vývoje digitálního prototypu**.

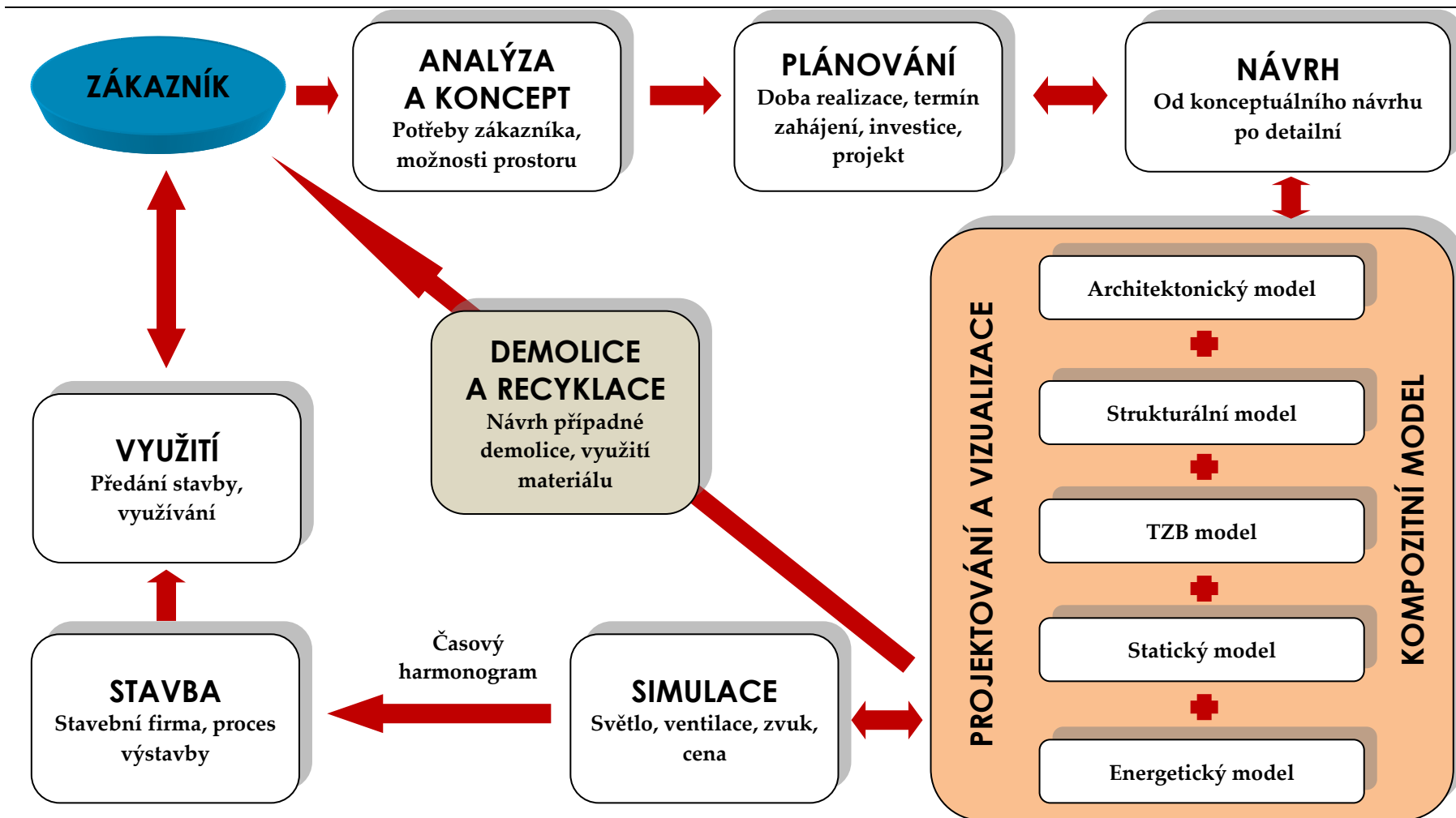
K tomu vedou i metody **BIM** (Building Information Modeling – vytváření informačních modelů). BIM představuje metodu rozšířenou převážně ve stavitelství, avšak lze ji aplikovat i v dalších libovolných oblastech zaměřených na konstruování jakýchkoliv produktů (strojaři, truhláři, modeláři, atd.). Díky BIM lze vytvářet **kompozitní modely**, které poskytují komplexní informace a odráží tak detailněji budoucí realitu produktu. [2]

Základním principem metody BIM je **sestavení kompozitního modelu** z dílčích modelů (viz Obr. 1), který obsahuje všechny potřebné informace pro jeho úspěšnost v reálném světě. Každý relativně samostatný úsek, který se podílí na vytvoření produktu (stavby, motoru, atd.) pracuje na dílčím modelu, které se následně poskládají do kompozitního modelu obsahujícího všechny modely dílčí. Nejedná se tedy o vytvoření pouze grafického ztvárnění modelu. K modelu jsou přidány další informace, jako jsou:

- **B** – životní cyklus produktu (návrh, vývoj, konstrukce, výroba, nasazení, příp. recyklace),
- **I** – všechny informace v průřezu životním cyklem produktu,
- **M** – definice a simulace výroby a funkčnosti, použití integrovaných nástrojů.



Obr. 1: Kompozitní model v souvislosti s BIM [3]



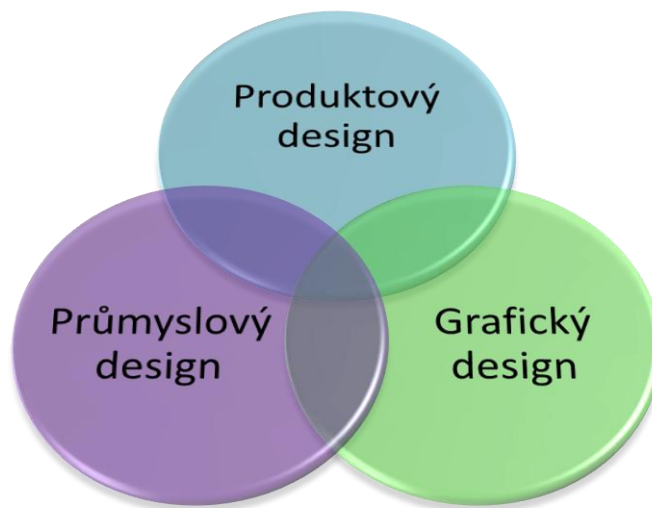
Obr. 2: Proces životního cyklu produktu s využitím metod BIM ve stavitelství

Z obrázků lze vidět, že metoda BIM je v podstatě **jiný způsob strategie** pohledu na procesy v životním cyklu produktu od vzniku myšlenky až po realizaci a využití finálního produktu jakéhokoliv technologického postupu. Jedná se o strategii poměrně novou, která si získává čím dál rychleji své přívržence, protože hlavní myšlenkou této metody je skutečnost, že každý (kdo se podílí na celém procesu) může využívat **aktuální informace** o modelu v **aktuálním čase**.

2 Product design

Product design, nebo česky produktový návrh je disciplína, která se věnuje zejm. grafickému vzhledu a použití materiálů, avšak přesahuje i do dalších disciplín, mezi něž patří hlavně průmyslový design. Kromě důrazu na grafiku se design obecně zabývá i funkčností, ergonomií a znovu-použitelností návrhu. To jsou právě vlastnosti, které jsou v souvislosti s 3D tiskem nejpotřebnější.

Tato kapitola je sice nazvaná Product design, ale její daleko hlubší myšlenkou je význam propojení i dalších disciplín a vlastností, které jsou zásadní pro úspěšné inovativní myšlení při navrhování modelů pro následné vytištění.



Obr. 3: Základního rozdělení návrhu

- **Grafický návrh** – představuje grafické zpracování a vizuální vzhled, v podstatě „hraje na city“ zákazníkovi a snaží se zaujmout jeho pozornost na první pohled. Čím je produkt líbivější a „hezčí“, tím je větší šance, že si jej zákazník všimne a koupí.

- **Průmyslový návrh** – zabývá se zejm. návrhem obalů, krabiček, lahví atd.
- **Produktový návrh** – zabývá se zejm. návrhem nástrojů, strojů, nábytku, atd.

Všechny tři disciplíny se snaží o to, abychom žili v krásnějším a přívětivějším prostředí.

Při návrhu nějakého produktu nebo prototypu je potřeba zohlednit ještě další již jmenované vlastnosti, kterými jsou:

- **Funkčnost produktu** – designér musí mít představu o využití produktu, žádoucí je i osobní zkušenost s jeho používáním, pokud je to možné (produkt již existuje v nějaké starší verzi). V podstatě by designér měl být i konstrukčně zdatný.
- **Ergonomie** – designér by měl využívat znalostí o zdravém, pohodlném a člověku vhodném používání nástrojů a prostředí.
- **Znovu-použitelnost** – v případě designu se jedná o správný návrh modelu s využitím komponent a dodržováním optimálního postupu, případně s využitím verzování (vytváření různých verzí modelu, ke kterým se dá jednoduše vrátit). V případě potřeby pak může designér použít starší verzi, na které provede dodatečné žádoucí změny třeba na žádost zákazníka, nebo v případě, že se prototyp neosvědčí.

3 Rapid prototyping

Rapid prototyping (česky rychlé prototypování) je pojem, který je úzce spjatý právě s 3D tiskem a dalšími technologiemi, jež se používají při přípravě prototypů. Příprava prototypu je důležitá fáze nejen tam, kde je potřeba možnost vizuální kontroly a vytvoření představy o skutečném produktu, ale i tam, kde je nutno otestovat vlastnosti produktu na levném prototypu před výrobou často podstatně dražšího prvotního výrobku.

Snahou této kapitoly není podrobné rozebrání poměrně široké oblasti rapid prototypingu a všech využívaných metod, nýbrž seznámení se základními finančně dostupnými metodami, principem jejich fungování, včetně jejich případných výhod a nevýhod.

Existuje více typů prototypů, které lze rozdělit podle jejich využití:

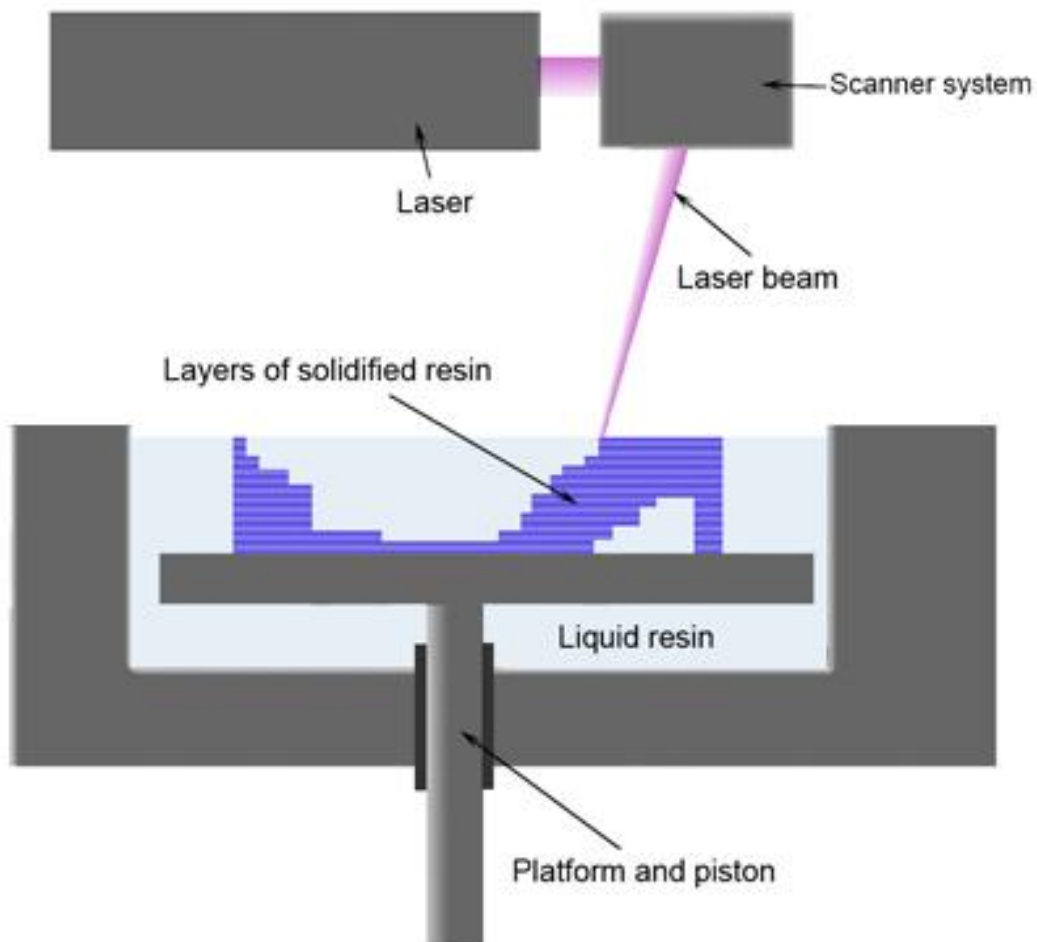
- prototypy pro kontrolu geometrie – měřítka, přesnost, atd.,
- **prototypy pro kontrolu grafického návrhu a estetiky produktu** – koordinace s představou zákazníka, kontrola, zda odpovídá ergonomickým a dalším požadavkům,

- **prototypy pro simulace, testování a analýzy** – využití k provedení zkoušek, zaznamenání průběhu a dat potřebných ke zlepšení návrhu (např.: větrné tunely, zvukové kabiny, subjektivní pohodlí při úchopu nástroje, atd.),
- **prototypy pro testování funkční stránky** – tyto prototypy jsou často využívány i jako finální produkt (v případě, že se nejedná o budoucí sériovou výrobu a přitom splňují všechna očekávání). V případě, že se neosvědčí, mohou dále sloužit jako testovací modely pro návrh úprav. [4]

3.1 Metody rapid prototypingu

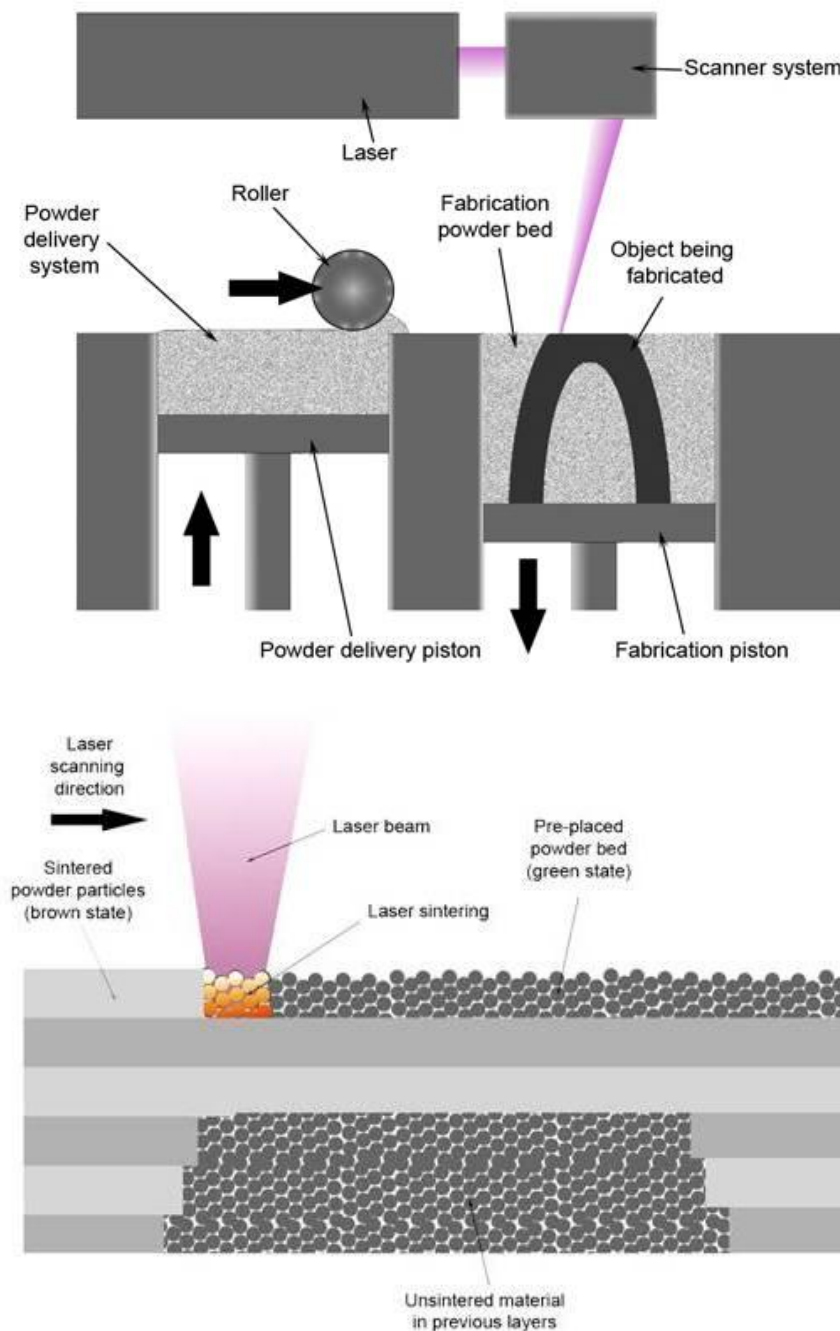
Metody rapid prototypingu se vyvíjí přibližně od 80. let 20. století. Za nejstarší metody lze považovat **Stereolitografii (SLA)** a **Selective Laser Sintering (SLS)**.

Při **SLA** se nanášené vrstvy fotopolymeru (tekutého roztoku) vytvrzují většinou UV laserovým zářením. Jednou z nevýhod této metody je nemožnost použití jiného materiálu. I přes vysokou přesnost existují díky potřebné složité optické soustavě a vyšší ceně materiálu úspornější metody.



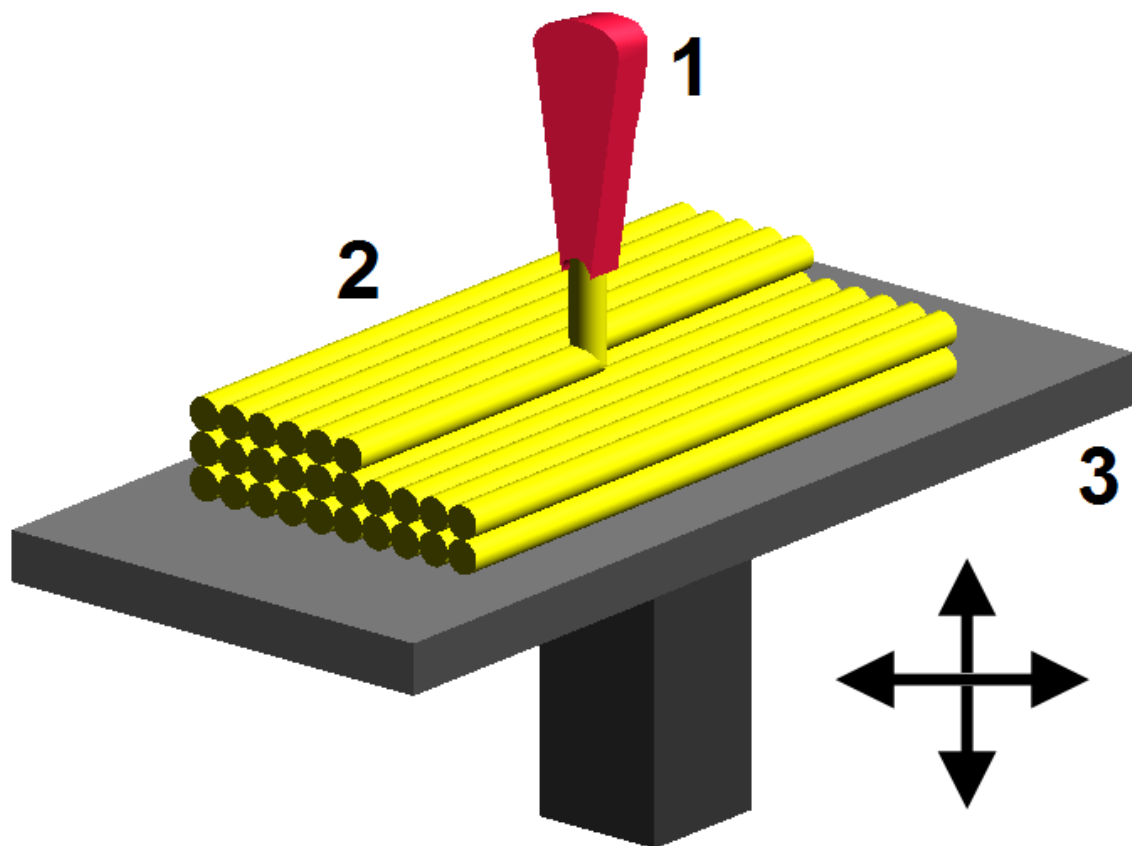
Obr. 4: Princip Stereolitografie [5]

Při SLS jsou také nanášeny vrstvy materiálu, avšak na rozdíl od SLA v oblasti výběru tiskového materiálu existují daleko širší možnosti (plasty, kov, či dokonce sklo). Tiskový materiál má formu prášku a je spékán (vytvřován) velmi silným laserovým paprskem, odkud také pramení jeho vysoké energetické nároky. I cena zařízení převyšuje možnosti běžných uživatelů či malých firem. Výhodou této formy rapid prototypingu je hlavně skutečnost, že v době tisku je vytvářený objekt obklopen neroztaveným materiálem, a tudíž nepotřebuje podpory.



Obr. 5: Princip Selective Laser Sinteringu [5]

V dnešní době lze za nejdostupnější metodu považovat **Fused Deposition Modeling (FDM)**. Díky dobré pořizovací ceně zařízení (tiskárny) a i relativně nízkým cenám materiálů je tato metoda aktuálně nejrozšířenější. U menších tiskáren bývá materiál (plast) prodáván ve formě drátu (struny) různého průměru, který se pak pomocí extruderu postupně natavuje a nanáší ve vrstvách na tiskový pult. Touto metodou lze tisknout i velmi objemné modely, např. automobily či rodinné domy. Materiálem pro tisk pak může být např. namíchaná směs betonu pro tisk základů, příhradových konstrukcí, stěn a vazníků, čokoláda pro tisk figurek a potisků, nebo třeba bio-materiál pro tisk částí lidských orgánů a třeba poškozených cév. [6]



Obr. 6: Princip Fused Deposition Modelingu [5]

Unikátní metodou rapid prototypingu představuje **Electron Beam Melting (EBM)**. Materiál (titanový prášek) je spékán usměrněným proudem elektronů bez přítomnosti vzduchu, což je pochopitelně velmi nákladné, a proto tato metoda není příliš rozšířená. Nicméně díky své přesnosti a výborným vlastnostem titanu je tato metoda velmi často používána pro výrobu implantátů a náhrad částí kostí a lebky. Samozřejmě díky stálosti materiálu a vysoké přesnosti tisku se při použití této metody nemusí jednat o tvorbu prototypů, ale přímo požadovaných konečných produktů. [5]

Další metoda se dostává do popředí poměrně krátkou dobu – jedná se o **Laminování ve 3D systémech**. Metoda je založena na zcela jiném principu než ostatní metody. Pláty lamina, které se kladou na sebe, jsou k sobě spojeny lepidlem. V závěru procesu je nutno odstranit (oříznout) přesahující části lamina, což je prováděno buď mechanicky, nebo lépe laserem. Nevýhodou představují menší rozměry objektů, pouze jeden typ materiálu, nutnost odstranění laminačního lepidla a vyšší cena přístroje (necelých 300 000,- Kč). [5]

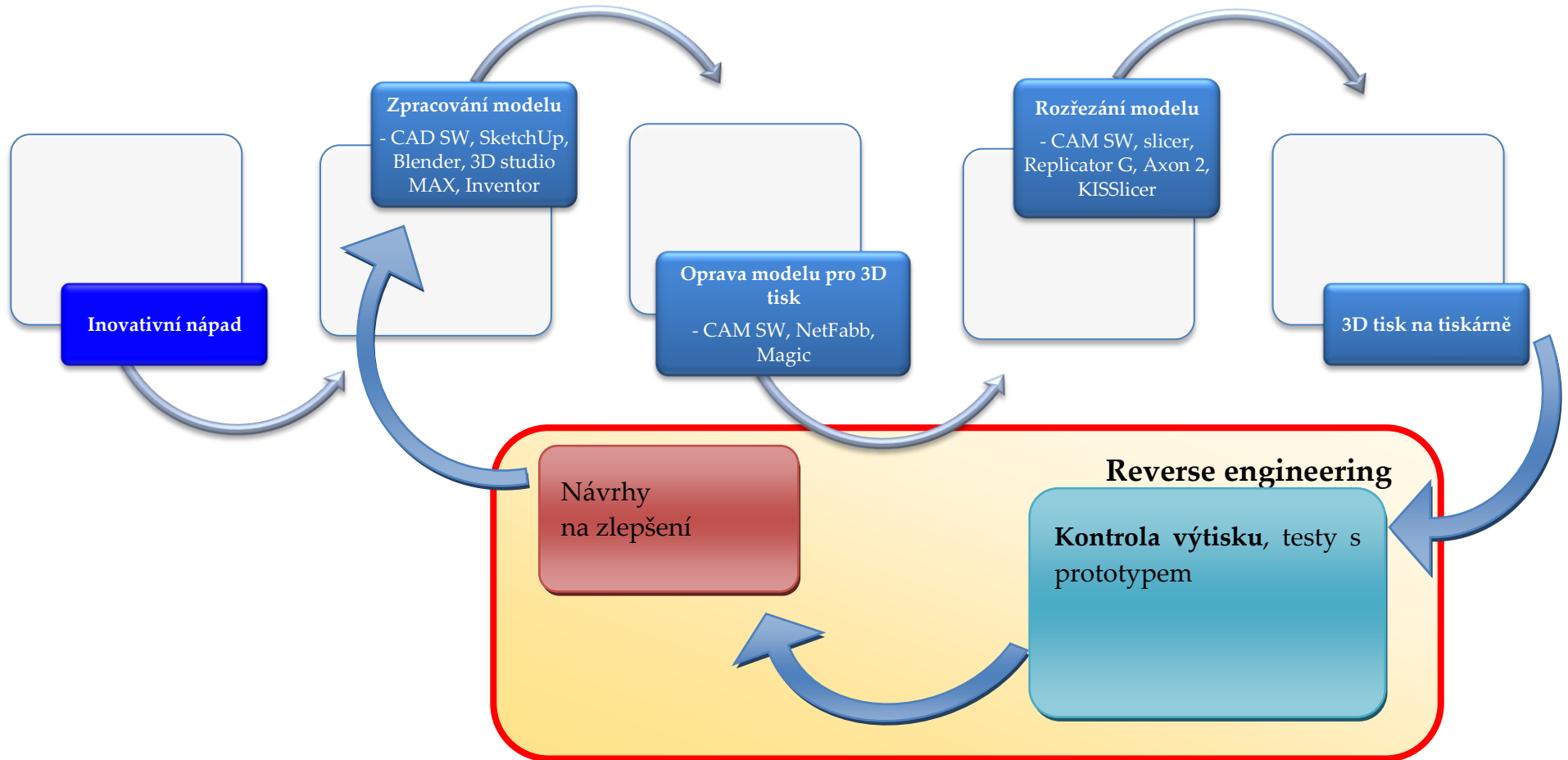
Poslední metodou, kterou je vhodné zmínit, je **vakuové odlévání**. Pro vakuové lití se používají vakuové licí systémy. Principem je v první řadě vytištění fyzického modelu např. metodou FDM, jenž se použije pro vytvoření měkké silikonové formy, která se následně vyplní připravenou hmotou a ve vakuové peci se vytvrdí. Licí systémy jsou sice také poněkud dražší, avšak hlavními výhodami je potom velmi nízká cena odlitků, možnost odlévat i větší objekty (délky 2,5 m), a v neposlední řadě možnost ovlivnit vlastnosti odlitku díky namíchání chemicky rozdílných směsí (odlitek může být tvrdý, nebo měkčený, atd.). [7]

Kromě zmíněných metod rapid prototypingu pokračuje vývoj nových trendů a technologií, např. tisk do gelu, při kterém je možno dodatečně či v průběhu tisku měnit tvar vytištěných prototypů a další. Je evidentní, že zájem o rapid prototyping stále eskaluje a nachází využití v mnoha vědeckých, konstrukčních a produkčních oblastech.

4 Reverse engineering

Reverzní inženýrství, nebo též zpětné inženýrství, je vědní disciplína využívána nejen pro výzkum a vývoj, ale i pro kopírování funkčních mechanismů a konstrukčních řešení a zpětnou analýzu již vyrobených produktů. Hlavní myšlenkou je „rozebrání“ již sestaveného produktu a objevování závislostí, řešení a odstranění případných chybných prvků (jejich modifikace). Reverse engineering se též využívá pro analýzu a porovnání vlastností původně navrženého objektu (modelu) a vyrobeného produktu. V souvislosti s rapid prototypingem je využití reverse engineeringu evidentní (viz Obr. 7). [8]

Pokročilou metodou reverse engineeringu je skenování prototypu či původního produktu 3D skenery a následná analýza na principu porovnání naskenované polygonální sítě s původním návrhem modelu ve 3D provedení. Tímto postupem lze odhalit i sebemenší odchylky výrobku (prototypu) od původně navrhovaného modelu, ke kterým mohlo dojít např. nevhodně zvoleným technologickým procesem výroby. Výstupem procesu pak může být souhrn opatření pro dosažení kvalitnějšího zpracování a odstranění případných nedostatků, nebo schválení úrovně kvality a postoupení výrobku sériové výrobě. Příkladem může být využití v automobilovém průmyslu nebo třeba výroba forem (např. systém Tebis). [9]



Obr. 7: Proces rapid prototypingu s komponentou reverse engineeringu (od myšlenky k výrobku)

Shrnutí – seznámení s 3D technologiemi v současné technické praxi:



V této kapitole jsme se věnovali vymezení základních, aktuálně používaných pojmů, které jistě pomohou pochopit význam moderních technologií. Budeme-li se hlouběji zabírat 3D tiskem, dříve či později na zmíněné pojmy narazíme.

Tuto kapitolu lze shrnout následovně:

- 1) **Digitální prototypování** představuje moderní metodu pro návrh a vývoj digitálního prototypu, který je digitální reprezentací požadovaného prototypu.
- 2) S prototypem se následně v rámci **reverse engineeringu** provádí zkoušky a analyzují nedostatky za účelem jejich následného odstranění. K reverse engineeringu se využívá 3D skenování prototypu do podoby polygonálních sítí a následná analýza porovnáním s původním návrhem modelu.
- 3) Digitální prototypy se využívají jako **kompozitní modely** začleněné do metody BIM. **BIM metoda** popisuje model tak, aby o něm byly známy veškeré informace v co nejkratší době, které jsou přístupné všem konstruktérům, ekonomům, a dalším, jenž se podílí na procesu výroby.
- 4) Pro dosažení požadovaných vlastností produktu musí mít každý designér alespoň základní přehled o **funkčnosti, ergonomii a znovu-použitelnosti** navrhovaného produktu. Těmito charakteristikami se zabývají **obory grafického, produktového a průmyslového návrhu**.
- 5) Přípravou prototypů se zabývá disciplína **rapid prototyping**, které dělí prototypy do 4 kategorií:
 - **pro kontrolu geometrie,**
 - **prototypy pro kontrolu grafického návrhu a estetiky produktu,**
 - **prototypy pro simulace, testování a analýzy,**
 - **prototypy pro testování funkční stránky.**
- 6) Mezi využívané metody rapid prototypingu patří:
 - **Stereolytografie (SLA),**
 - **Selective Laser Sintering (SLS),**
 - **Fused Deposition Modeling (FDM),**
 - **Electron Beam Melting (EBM),**
 - **Laminování ve 3D systémech,**
 - **Vakuové odlévání.**

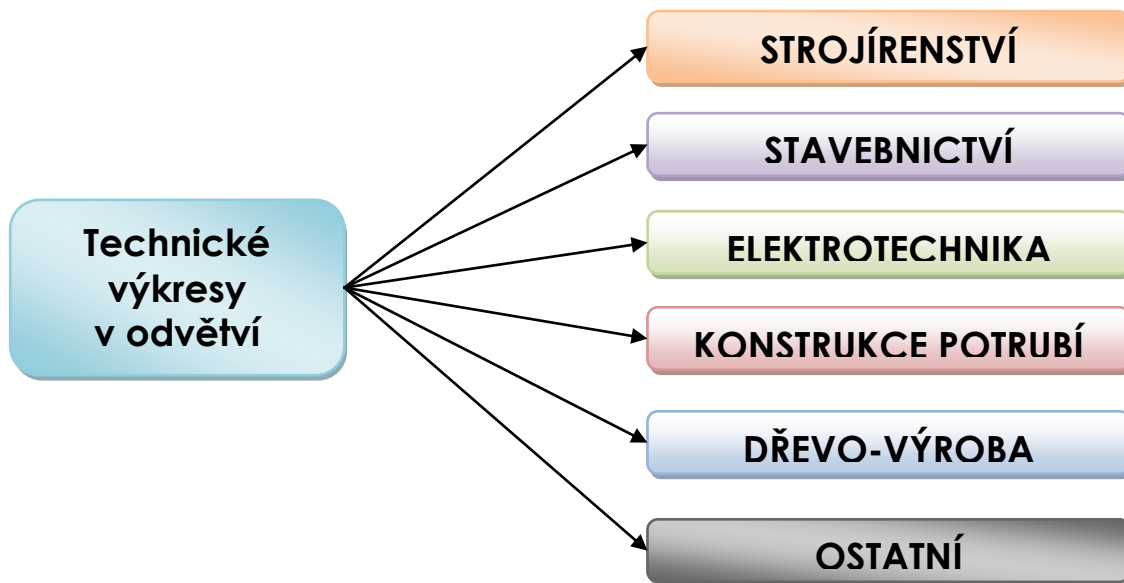
TÉMA 2:

B) Základy interpretace technické (výkresové) dokumentace

5 Druhy výkresů

Každý produkt je od svého vzniku dokladován řadou dokumentů, které popisují jeho vývoj. Od návrhu, přes konstrukční výkresy, výpočty, technologický postup výroby, až po zprávu z finální kontroly jakosti je celý proces zmapován právě výkresovou dokumentací. [10]

Každé odvětví potřebuje popsat odlišné vlastnosti, a proto lze výkresy rozdělit **podle odvětví**, ve kterém jsou vytvářeny (viz Obr. 8).



Obr. 8: Rozdělení technických výkresů podle odvětví [10]

Technické výkresy se dnes kreslí nebo modelují **převážně v elektronické podobě** v různých 2D či 3D CAD systémech.[10] Škála možností vychází ze zvoleného softwarového řešení – v některých případech lze výkresovou dokumentaci jednoduše připravit přímo z vyhotoveného digitálního modelu, některé systémy upřednostňují přímé kreslení ve 2D, které následně slouží pro přípravu digitálního modelu, atd. Je pravdou, že dodnes někteří projektanti a konstruktéři kreslí výkresy rukou „na prkně“. Při rozhodování je nutné zohlednit **efektivitu** zpracování, např. pro zachycení náhlé inovativní myšlenky není podstatné precizní barevné grafické provedení, nýbrž rychlé naskicování třeba i tužkou na ubrousek.

Výkresy je možno také rozdělit **podle zpracování** na:

- **Náčrt (skica)** – zachycení myšlenky nejefektivnějším způsobem,
- **Originál** – výkres s přesnými rozměry v měřítku a dodržením norem,
- **Kopie** – rozmnožený originál pro výrobní a další potřeby. [10]

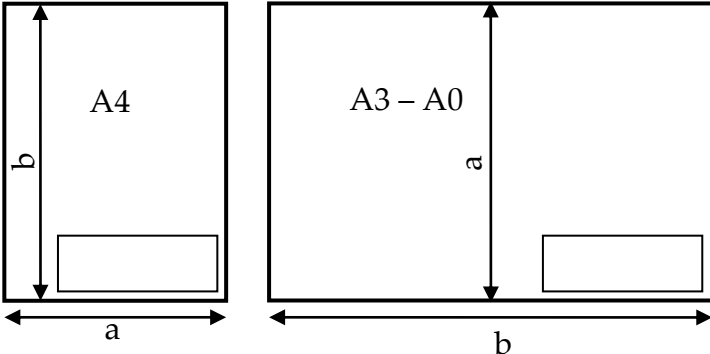
Každé odvětví dále rozděluje výkresy **dle svých vlastních kritérií**, např.:

- **Strojírenství** – návrhové výkresy, výkresy součástí a výkresy sestav a podsestav, [10]
- **Stavebnictví** – situační studie, výkresy výkopů a základů, půdorysy podlaží, řezy, detaily a pohledy,
- a další.

6 Formáty výkresů

Formáty výkresů stanovuje norma ČSN EN ISO 5457 takto:

Označení	Oříznutý list	
	Rozměr a [mm]	Rozměr b [mm]
A4	210	297
A3	297	420
A2	420	594
A1	594	841
A0	841	1189



Obr. 9: Formáty výkresů [10]

Každý výkres je opatřen **razítkem (rozpiskou)** v pravém dolním rohu, které obsahuje datum, zodpovědné osoby, název výkresu, použité měřítko a další informace o výkresu. Výkres formátu A4 je většinou orientován na výšku, ostatní formáty jsou orientovány na šířku.

7 Měřítko

Pro technické znázornění rozměrů, proporcí a dalších vlastností většiny produktů ve výkresech je potřeba skutečné rozměry zmenšit či zvětšit. K převodu původních rozměrů do rozměrů ve výkresu se využívá **měřítek**.

Měřítko vyjadřuje poměrný vztah rozměrů ve výkresu k odpovídajícím skutečným rozměrům. Zapisuje se ve tvaru $X : Y$, kde X znamená rozměr ve výkresu, který ve skutečnosti odpovídá Y rozměru ve skutečnosti. Např.:

- Měřítko **1 : 50** znamená, že rozměry na výkresu jsou 50 x zmenšeny oproti rozměrům výrobku ve skutečnosti (1 mm na výkresu odpovídá 50 mm ve skutečnosti – při zakreslování skutečných rozměrů do podoby výkresové dokumentace v tomto případě lze použít jednoduchou metodu přepočtu „1 děleno 50 = 0,02“. Převod se pak provede násobením každého skutečného rozměru číslem 0,02 ve stejných jednotkách.) – **měřítko zmenšení**.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Měřítko **2 : 1** znamená, že rozměry na výkresu jsou 2 x zvětšeny oproti skutečným rozměrům. Převod se provede násobením skutečných rozměrů číslem 2. – **měřítko zvětšení**.
- Měřítko **1 : 1** – většina CAD systémů používá právě toto měřítko, kdy skutečné rozměry odpovídají rozměrům ve výkresu. Jinými slovy v CAD systémech je využíváno **kreslení ve skutečných rozměrech**. Výkresy detailů, které je potřeba zobrazit ve větším měřítku (zvětšit), se vytváří z výřezů výkresu ve skutečném měřítku s tím, že jsou dodatečně před tiskem zvětšeny pomocí měřítka tisku, nikoliv měřítka výkresu.

Nejčastěji používanými měřítky jsou:

MĚŘÍTKO	VÝZNAM	PŘEPOČET	TYP
1 : 1	Na výkresu stejný rozměr jako ve skutečnosti	-----	skutečné rozměry
1 : 5	5 mm ve skutečnosti odpovídá 1 mm na výkresu.	$1 : 5 = 0,2$ Každý skutečný rozměr je na výkresu vynásoben číslem 0,2.	zmenšení
1 : 10	10 mm ve skutečnosti odpovídá 1 mm na výkresu.	$1 : 10 = 0,1$ Každý skutečný rozměr je na výkresu vynásoben číslem 0,1.	zmenšení
1 : 50	1 mm na výkresu odpovídá 50 mm ve skutečnosti.	$1 : 50 = 0,02$ Každý skutečný rozměr je na výkresu vynásoben číslem 0,02.	zmenšení
2 : 1	1 mm ve skutečnosti odpovídá 2 mm na výkresu.	Každý skutečný rozměr je na výkresu vynásoben číslem 2.	zvětšení
10 : 1	10 mm na výkresu odpovídá 1 mm ve skutečnosti.	Každý skutečný rozměr je na výkresu vynásoben číslem 10.	zvětšení

Obr. 10: Tabulka standardních měřítek

Kromě zmíněných standardních měřítek existují i speciální měřítka, která mohou mít svůj význam odvozen z historických, praktických či jiných aspektů. Příkladem může být tzv. Katastrální výměra, která je použita na **katastrálních mapách**. Měřítko těchto map je **1 : 2880** a pochází historicky z rakouskouherské éry, kdy při zaměřování parcel a jejich zobrazení v mapách bylo použito zjednodušení v rámci přepočtu sáhů ve skutečnosti na palce v mapách.

8 Základní zobrazení

Existují různé zobrazovací metody, které napomáhají k vytvoření představy o vlastnostech výrobku, jakými mohou být např.: konstrukce, tvar, rozměry, výrobní materiál, technologický postup výroby, složitost, povrchová úprava, a další. V první řadě je možno uvést základní rozdělení:

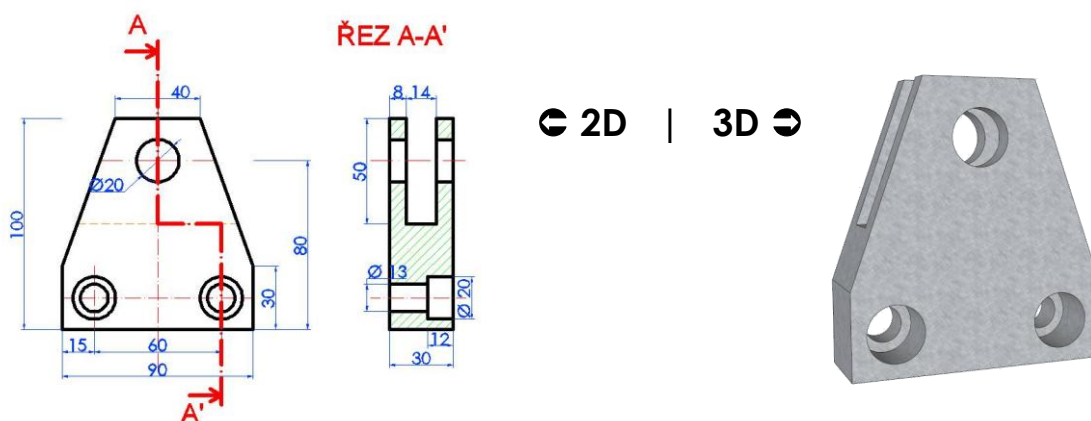
- zobrazení ve **2D průmětech**,
- zobrazení pomocí **3D pohledů**;^[10]

Pro zobrazení různých součástek a jejich detailů se v technické praxi využívá různých druhů zobrazování a pohledů. Jednotlivé základní druhy si uvedeme a blíže se budeme zabývat jen těmi vybranými, které budeme dále používat.

3D pohledy se využívají zejm. v programech pro modelování. V těchto programech se pracuje s 3D modelem, který umožňuje natáčení a pohyb kamer okolo modelu (jinými slovy lze s modelem pohybovat a otáčet si ho dle potřeby). Iluze 3D prostoru na monitoru dnes představuje nejpokročilejší metodu zobrazení modelu produktu, nicméně vytvoření přesného modelu je obecně náročnější. Také pro konečného zákazníka je pro lepší představu dobré předložit i třeba vyrenderovaný 3D pohled, který znázorňuje skutečný výrobek pro naše chápání přijatelnějším způsobem.

2D průměty jsou většinou použity u výkresů zabývajících se rozměry a konstrukcí výrobku. Jejich výhody spočívají v jednoduchosti přenesení na 2D plochu papíru, ale i jednodušší vytvoření a přečtení zakreslených vlastností. I když se dnes ve většině 2D CAD systémů konstruuje ve skutečném měřítku (1 : 1), výstupy na papír se provádí v měřítcích zmenšení (a někdy i zvětšení).

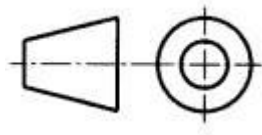
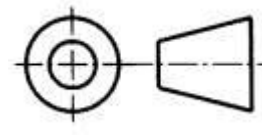
Ze 2D průmětů si lze vytvořit 3D představu výrobku poskládáním průmětů „k sobě“.



Obr. 11: Rozdíl mezi zobrazením průmětu a řezu ve 2D (vlevo) a pohledu ve 3D (vpravo)

8.1 Pravoúhlé promítání

Nejrozšířenějším druhem promítání ve strojařské i stavební praxi je **pravoúhlé promítání**. V tomto promítání jsou jednotlivé průměty výrobku promítány na vzájemně kolmé průmětny (roviny promítání) pomocí rovnoběžných promítacích přímek, které jsou k těmto průmětnám kolmé. U nás používanou metodou je **promítání do 1. kvadrantu**, tzv. „evropské“ promítání označované jako **ISO-E**. Kromě této metody existuje **promítání do 3. kvadrantu**, tzv. „americké“ promítání označované jako **ISO-A**. Na výkresu pomocí značky v rozpisce je vždy uvedeno, o jaké promítání se jedná.[10]

PROMÍTÁNÍ	ISO - E	ISO - A
KVADRANT	1. kvadrant	3. kvadrant
NÁZEV	„evropské“ promítání	„americké“ promítání
ZNAČKA NA ROZPISCE		

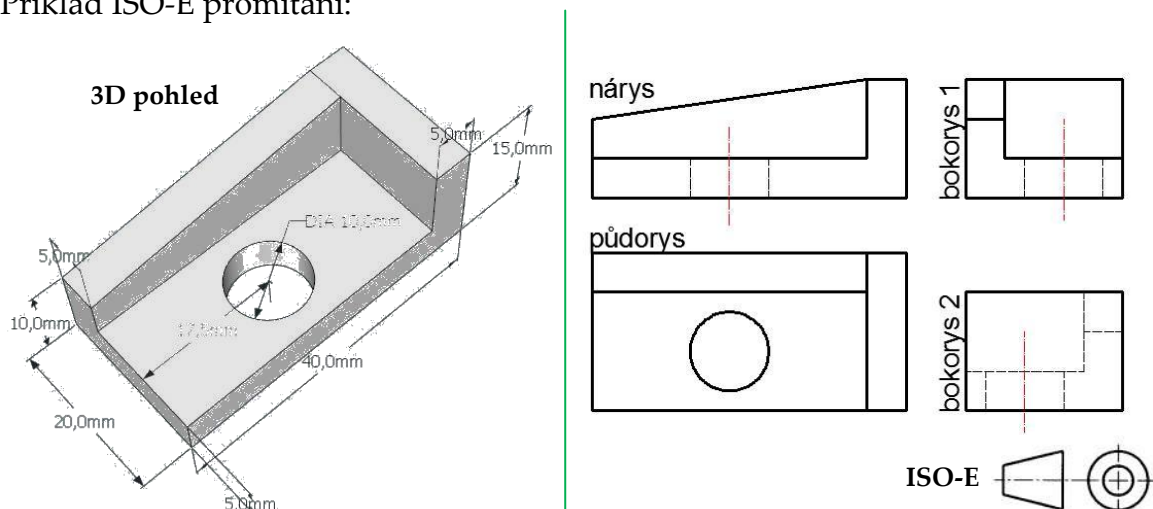
Obr. 12: Druhy pravoúhlého promítání

Pro označení průmětů se dodnes používá standardní konvence, která vychází ze směru, ze kterého se na výrobek díváme:

- **Nárys** – průmět zepředu,
- **Půdorys** – průmět z vrchu,
- **Bokorys** – průměty zleva a zprava (někdy označené také jako **pohledy**).

Z praktického hlediska většinou stačí výrobek rozkreslit do dvou až tří průmětů, podle kterých je představa výrobku kompletní.

Příklad ISO-E promítání:



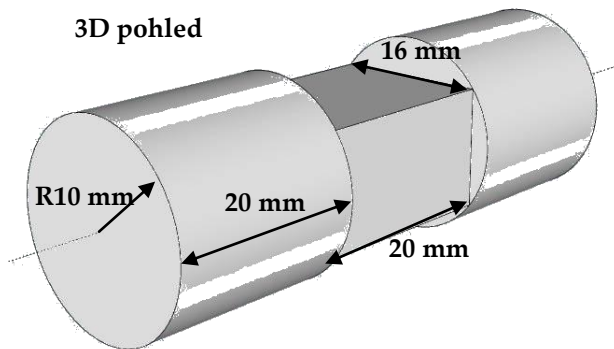
Obr. 13: Převod součástky ze 3D pohledu do ISO-E pravoúhlého promítání

Když pomineme okótování rozměrů součástky lze na předchozím příkladu vidět, že k popsání součástky v tomto případě stačí bohatě dva průměty, a to zejm. nárys a půdorys. Tam, kde nestačí dva průměty, je možno použít k vytvoření představy libovolných dalších průmětů. Ve 2D průmětech si lze všimnout třech typů čar:

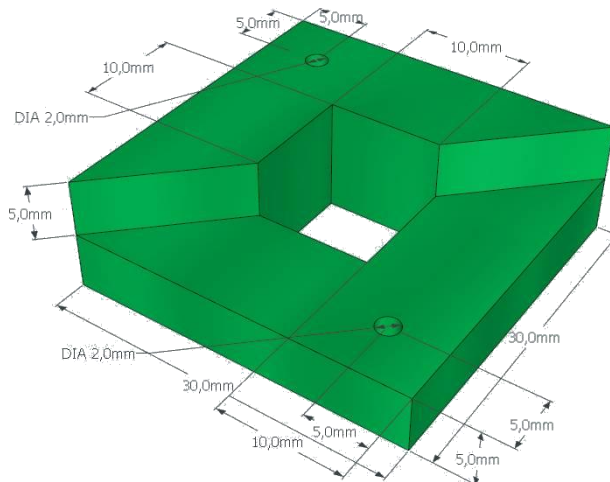
- tlustá plná čára – pro v průmětu viditelné obrysy součástky,
- tenká čárkovaná čára – pro v průmětu neviditelné obrysy,
- tenká čerchovaná čára s jednou tečkou – pro naznačení os;

Příklad – 2D průměty:

1) Vedle 3D pohledu načrtni nárys a bokorys následující osově souměrné součástky v ISO-E:

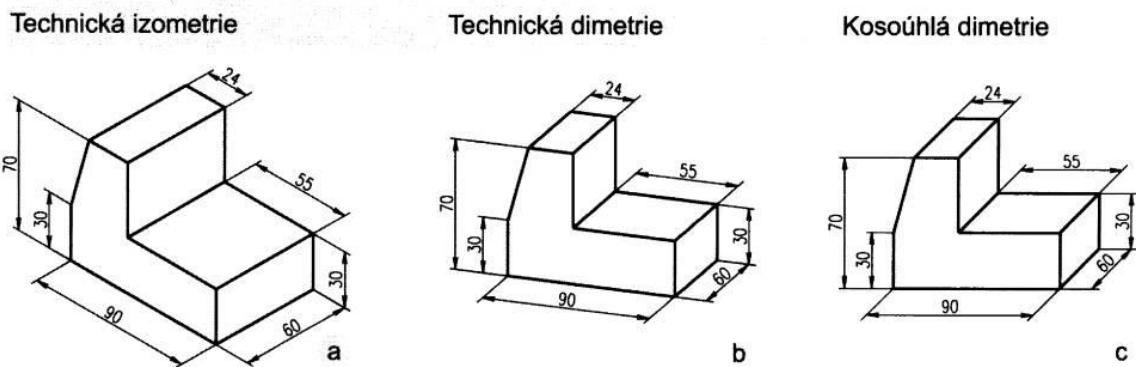


2) Vedle 3D pohledu načrtni půdorys a nárys následující součástky v ISO-E:



8.2 Axonometrie

Axonometrie představuje daleko **názornější zobrazovací metodu**, nicméně pro potřeby standardní technické praxe je **poměrně náročná**. Proto se většina konstruktérů a výrobních týmů omezuje na zobrazení pomocí pravoúhlého promítání. Axonometrie poskytuje představu o skutečném tvaru a proporcích zobrazovaného výrobku. Základním principem je **zobrazení 3D objektu do 2D roviny** (do jedné roviny, např. na papír). Iluze 3D prostoru lze navodit **sklopením** os X, Y a Z do roviny s tím, že osy svírají různé úhly. Existuje několik metod axonometrického zobrazení. Nejčastěji využívanou metodou je tzv. technická izometrie. [10]



Obr. 14: Druhy axonometrického zobrazení [10]

Rozdělení axonometrického promítání:

- technická izometrie (pravoúhlá), také izometrická axonometrie,
- technická dimetrie (pravoúhlá), také dimetrická axonometrie,
- kosouhlá dimetrie; [10]

ISO do kosouhlé axonometrie zahrnuje:

- kabinetní axonometrie,
- kavalírní axonometrie,
- plánometrie; [10]

Podle detailního rozdělení lze vidět, že základní druhy axonometrického promítání dělíme na **pravoúhlé** a **kosouhlé**. Pokud vynecháme speciální případ kavalírní axonometrie, můžeme konstatovat:

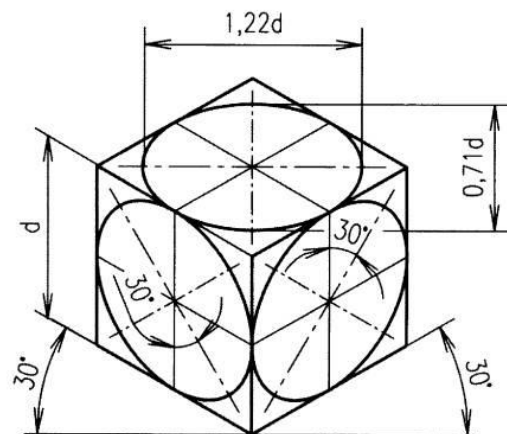
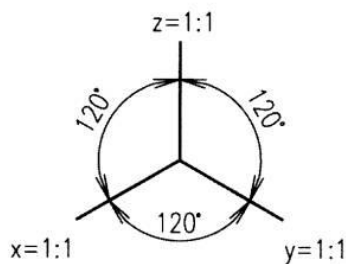
Technická izometrie je jedině axonometrické zobrazení, které nezkrsluje rozměry pro žádnou osu (X, Y a Z). Proto tato metoda představuje **nejjednodušší možnost 3D zobrazení ve 2D rovině**. Známe-li měřítko výkresu, lze z izometrického zobrazení přímo **odečítat rozměry**, aniž bychom museli znát kóty.

8.3 Technická izometrie

Technická izometrie je názorná zobrazovací metoda, jež je založena na pravoúhlém axonometrickém promítání. Osy X , Y a Z svírají ve 2D průmětu úhly 120° a zachovávají rozměry odpovídající poměru $1 : 1$ (nezkresluje délkové rozměry, na rozdíl od dimetrie či perspektivy). [10]

Technická izometrie je sice jen jeden z druhů axonometrického promítání, nicméně pro svou důležitost jí věnujeme samostatnou kapitolu.

Nevýhodou tohoto zobrazení lze najít v nesprávné interpretaci prostorových souvislostí na výkrese a ve skutečnosti. Toto zobrazení patří do skupiny rovnoběžných promítání, proto (na rozdíl od perspektivy) je to, co je dál od oka pozorovatele stejně dlouhé jako to, co je blíž. Tento fakt neodpovídá skutečnému pozorování, avšak podstatně zjednodušuje použití metody pro zakreslení výrobku.



Obr. 15: Technická izometrie [10]

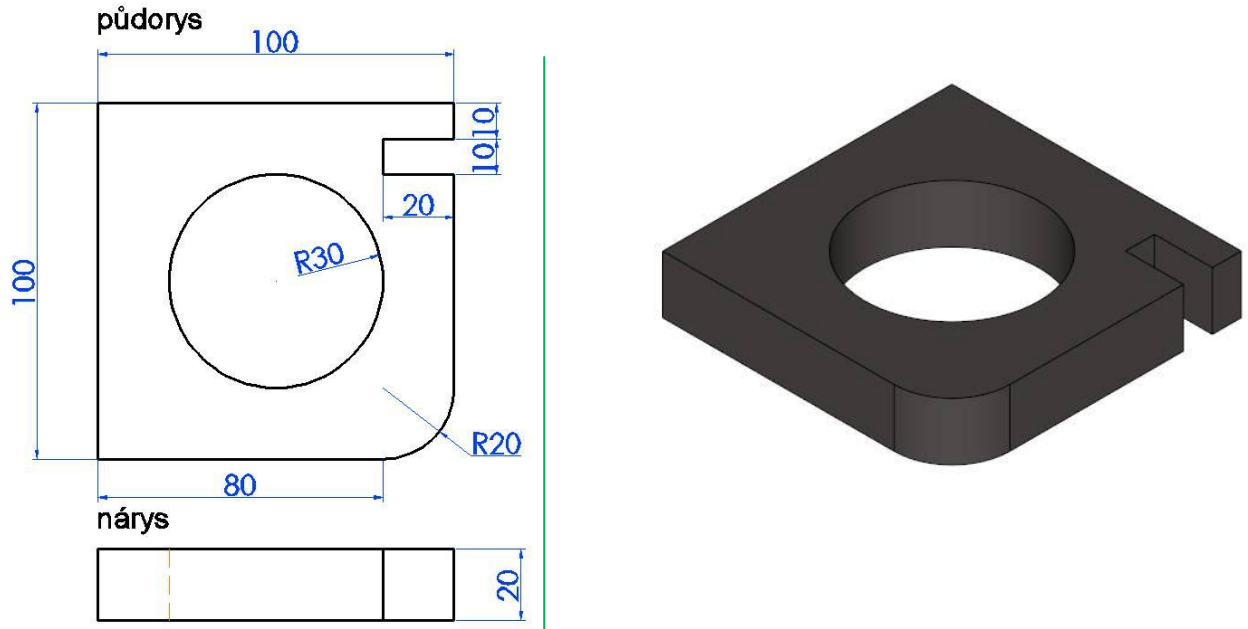
Na Obr. 15 lze vidět:

- v levé části stejný úhel 120° mezi zobrazením jednotlivých os (X , Y , Z) a poměr $1 : 1$ u každé osy, který nezkresluje rozměry,
- v pravé části pak zobrazení rozměrů kružnic, tedy jejich promítnutí v elipsy a natočení spodních dvou „průmětů“;

Ve většině běžně používaných 3D CAD systémů lze přepínat různé druhy zobrazení návrhu výrobku v modelovacím prostoru, mezi něž patří právě zmíněná technická izometrie, různé druhy perspektivy, ale i standardní průměty pravoúhlého promítání. Záleží již pak jen na uživateli, který z forem zobrazení si v modelovacím prostoru daného CAD systému zvolí. Je naprosto běžné, že si uživatel přepíná zobrazení podle aktuální potřeby („na co zrovna potřebuje vidět“).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

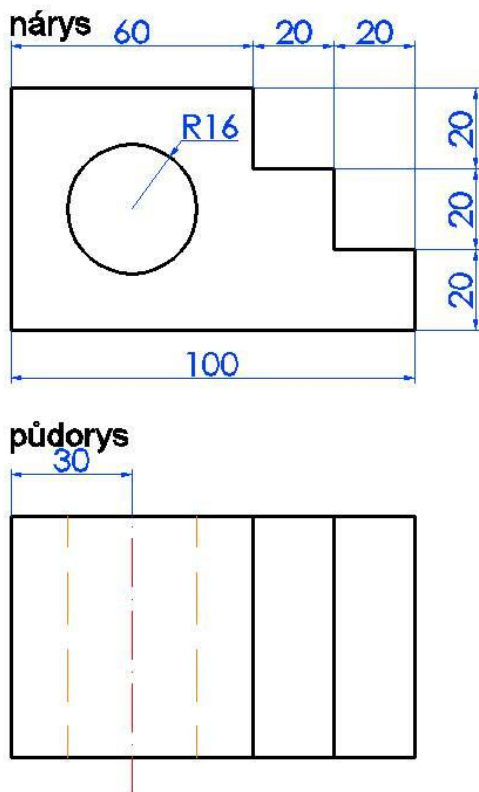
Příklad zobrazení součástky v technické izometrii, zkonstruované ze dvou 2D průmětů:



Obr. 16: Převod součástky ze dvou 2D průmětů do technické izometrie

Příklad – technická izometrie:

Vedle 2D průmětů načrtni součástku v technické izometrii:

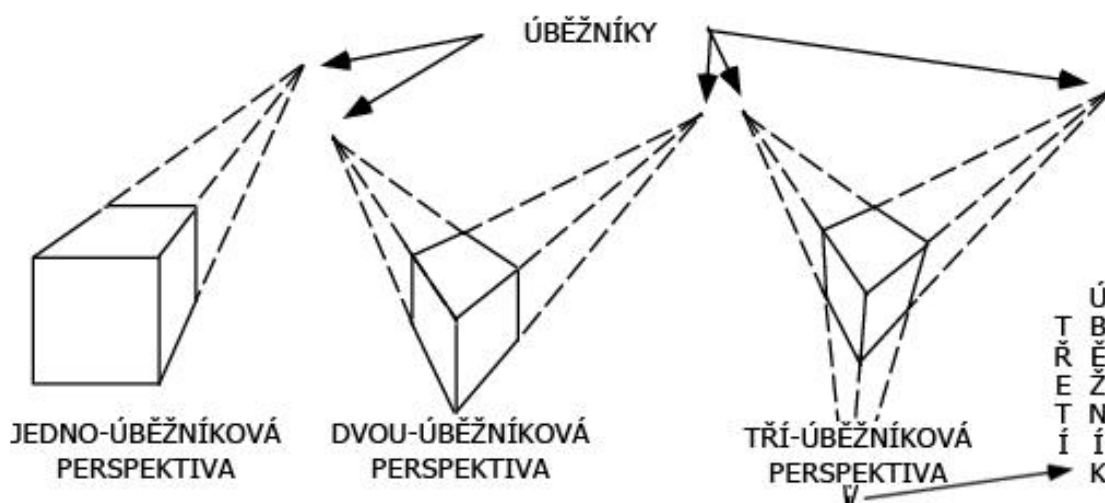


8.4 Perspektiva

Perspektiva (nebo také lineární perspektiva) je druh zobrazení, které nejlépe reflektuje skutečné vnímání okolního světa zrakem pozorovatele („očíma“). Na rozdíl od výše zmíněných rovnoběžných promítání (zejm. pravoúhlého, axonometrického a izometrického promítání) se **perspektiva řadí mezi středová promítání**. Je to nejsložitější, ale také nekomplexnější zobrazení skutečného, zrakem vnímaného, objektu na výkresu či v modelovacím prostoru. Hojně se této zobrazovací metody používá ve výtvarném umění, fotografování, architektuře a technickém kreslení.

Středem promítání je bod, který se běžně nazývá **úběžník**. Na rozdíl od klasického středového promítání je úběžník umístěn v dálce (či hloubce) od oka pozorovatele. Úběžník leží na vodorovné přímce, která se nazývá **horizont**. Do úběžníku se sbíhají přímky – tzv. **úběžnice**. Vodorovné čáry jsou vždy rovnoběžné s horizontem. Podle počtu použitých úběžníků lze rozdělit perspektivu na:

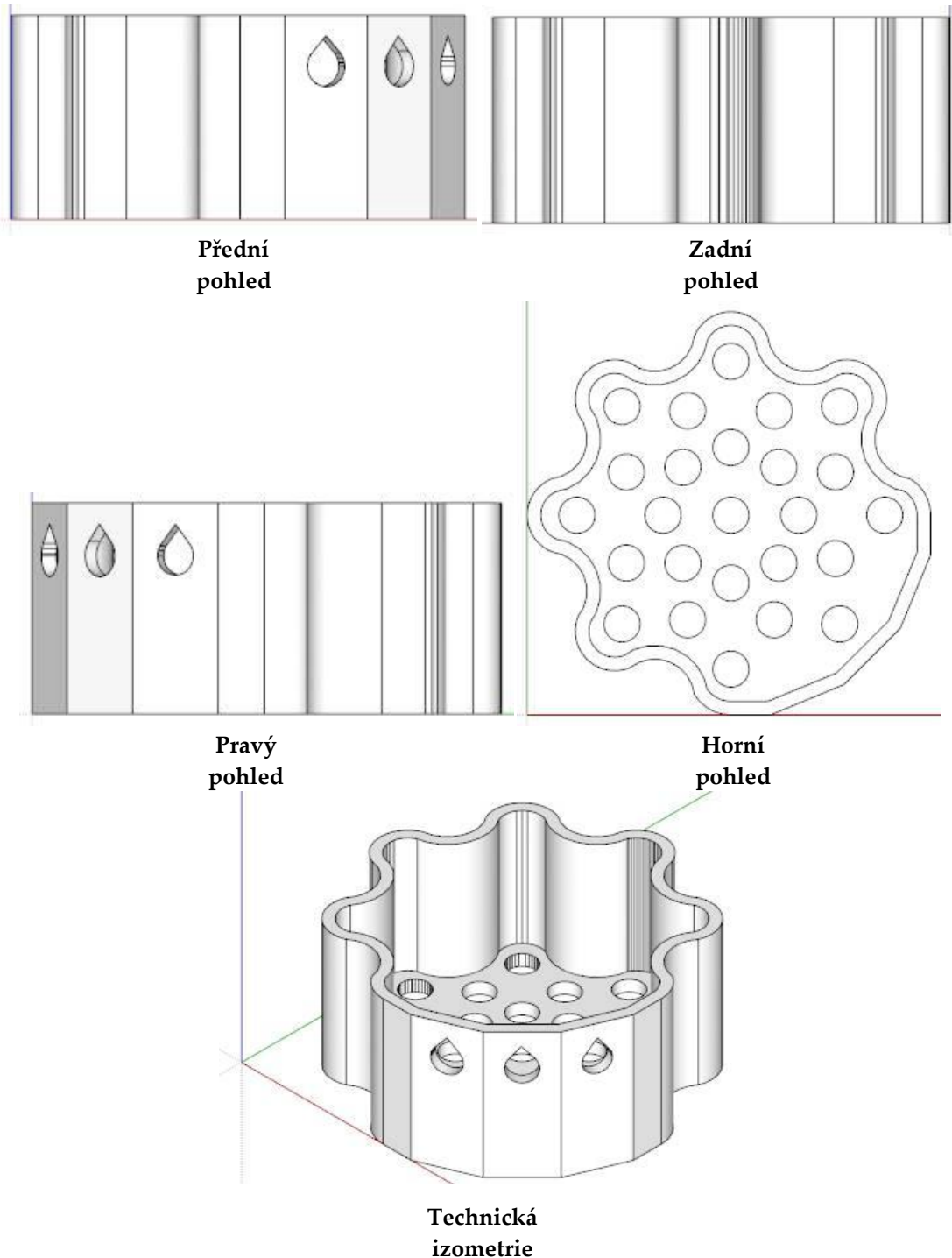
- **jedno-úběžníková perspektiva** (jedno-bodová), kdy se používá jednoho úběžníku na horizontu, do kterého se sbíhají všechny hloubkové úběžnice,
- **dvou-úběžníková perspektiva** (dvou-bodová), kdy jsou na horizontu umístěny od sebe vzdálené dva úběžníky, do jednoho se sbíhají hloubkové úběžnice v ose X a do druhého v ose Y,
- **tří-úběžníková perspektiva** (tří-bodová), která je odvozená od dvou-úběžníkové perspektivy s tím, že většinou pod horizontem je umístěn ještě třetí úběžník pro úběžnice ve svislém směru (ve směru osy Z).



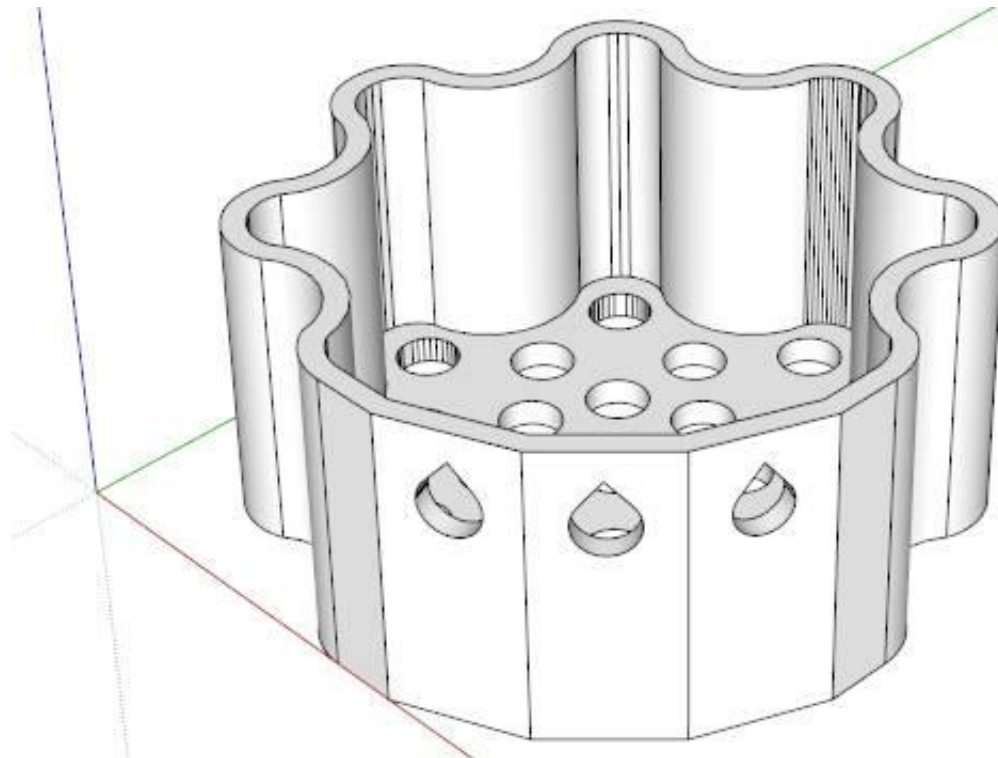
Obr. 17: Jednotlivé druhy perspektivního zobrazení [11]

8.5 Příklady zobrazení v modelovacím prostoru

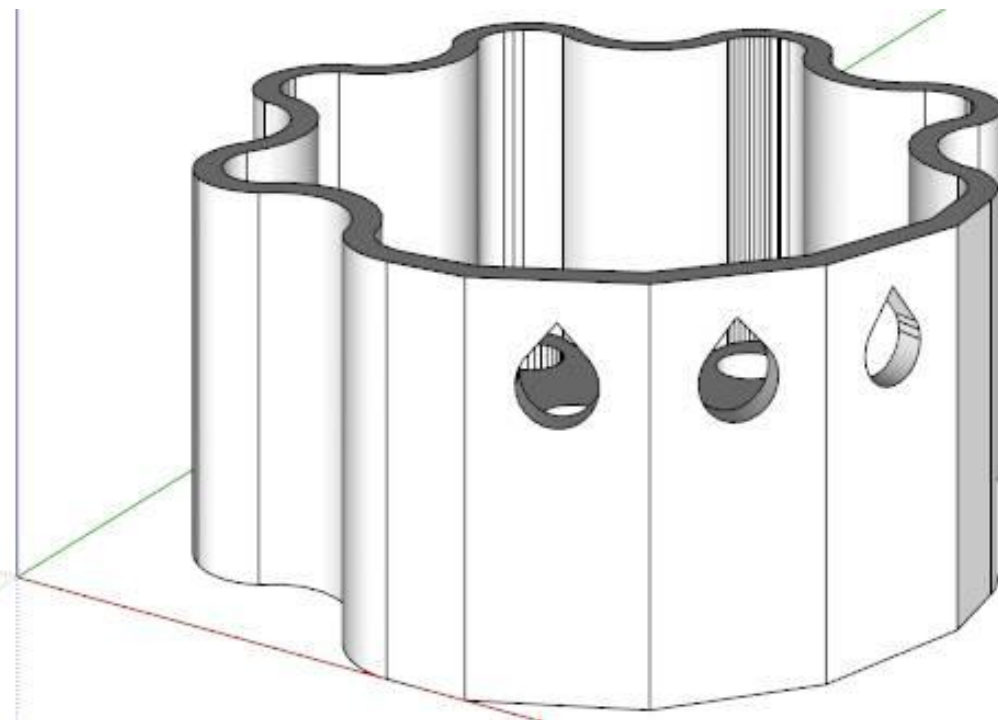
Různé CAD systémy umožňují přepínat mezi různými druhy zobrazení, což umožňuje uživateli použít v daný moment právě ten, který je pro něj z hlediska potřeby nejvýstižnější. Pro ukázkou příkládám různé pohledy na stejnou součástku, které umožňuje SketchUp.



Obr. 18: Možnosti zobrazení v programu SketchUp (2D pohledy a rovnoběžné zobrazení technické izometrie)



**Jedno-úběžníková
perspektiva**



**Dvou-úběžníková
perspektiva**

Obr. 19: Možnosti zobrazení v programu SketchUp (jedno a dvou-úběžníková perspektiva)

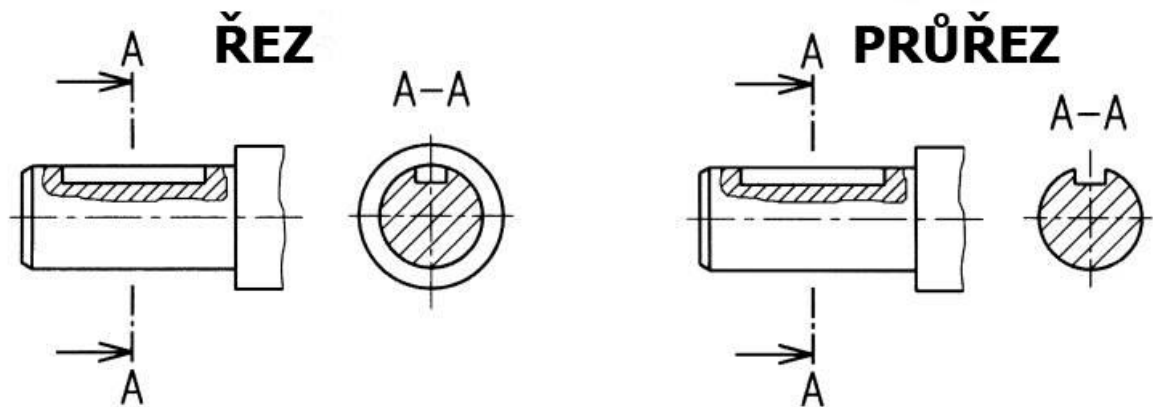
Rozvoj nabídky dalšího vzdělávání pro oblast strojírenství v Olomouckém kraji

reg. č. CZ.1.07/3.2.05/05.0013

8.6 Zobrazování řezů, průřezů a průniků

Řezy a průřezy slouží jak pro snadnější kótování vnitřních částí součástky, tak pro vytvoření názornější představy. V řezech (a průřezech) se používá různých druhů šrafování, která jsou normalizována pro daná technická odvětví, nebo jsou uvedena v legendě s popisem použitého materiálu většinou v pravé části nad razičkem výkresu. Řezy a průřezy vzniknou jako **plochy řezu pomyslným proložením roviny řezu**. Rozdíl mezi řezem a průřezem spočívá:

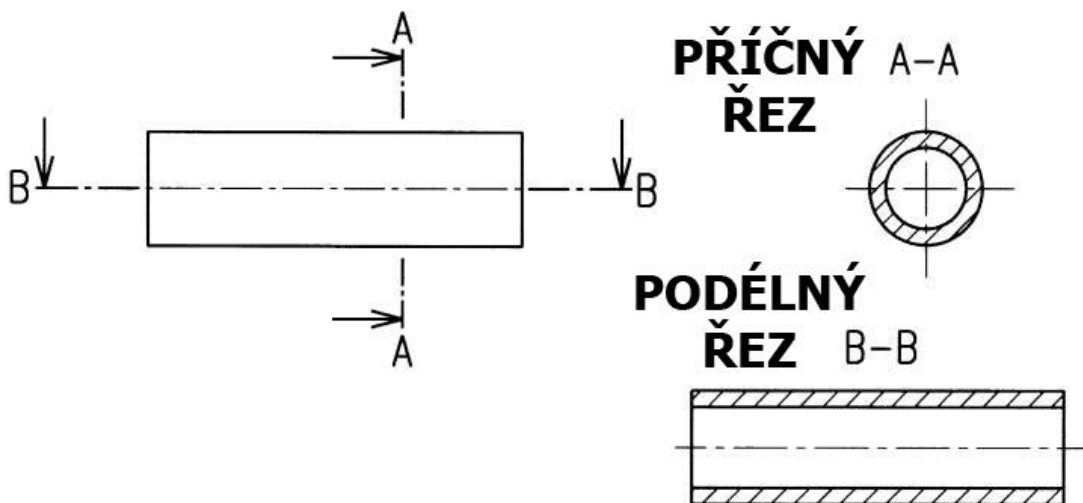
- řez zobrazuje i to, co leží za rovinou řezu,
- **průřez je lokální**, zobrazuje pouze to, co rovina řezu přímo protíná; [10]



Obr. 20: Rozdíl mezi řezem a průřezem [10]

Řezy lze rozdělit podle směru roviny řezu k převládajícímu rozměru součástky následovně:

- **příčný řez** – rovina řezu je kolmá na podélnou osu součástky,
- **podélný řez** – rovina je proložena ve směru podélné osy; [10]

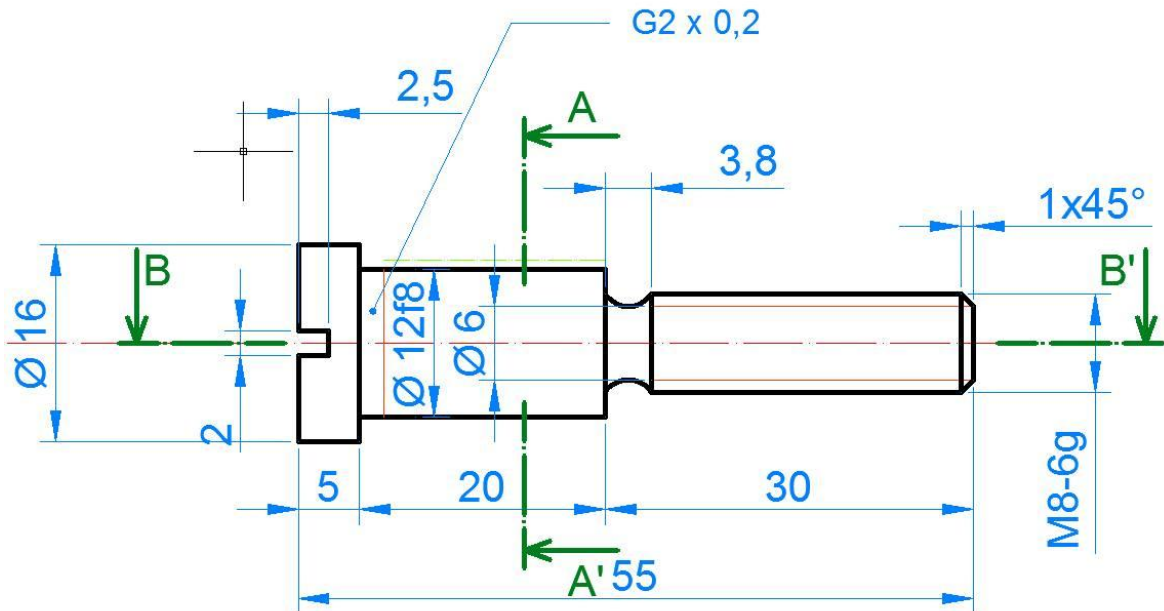


Obr. 21: Druhy řezů – příčný a podélný řez [10]

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad – příčný a podélný řez:

Rozhodni, který z označených řezů je příčný a který podélný. Načrtni oba řezy a správně je označ:

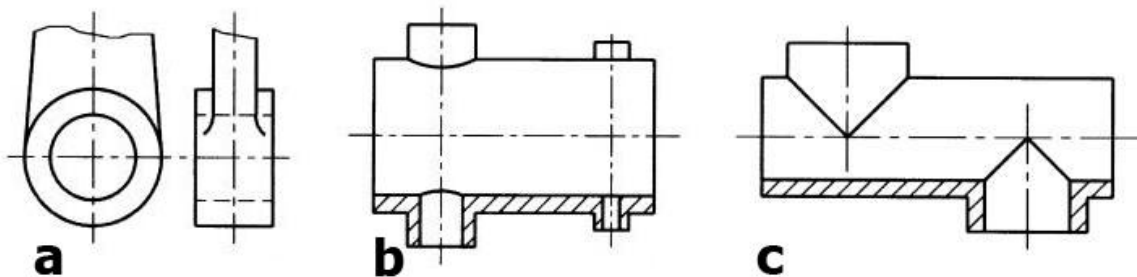


Příčný řez

Podélný řez

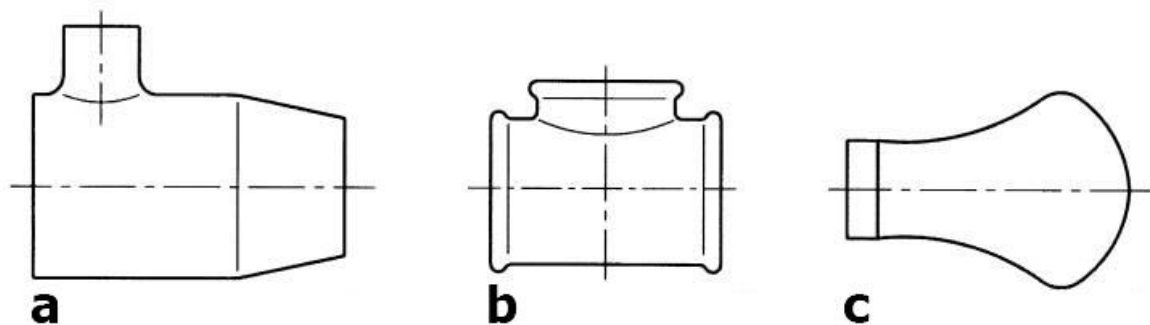
Ve strojařské praxi často navazují části součástky na sebe s volným **přechodem** či **průnikem**. Může se jednat např. o svařence, odlitky, frézované části a další. Pro zobrazování přechodů a průniků platí následující pravidla:

- přesné průniky, které jsou důležité z hlediska funkce či technologie výroby se konstruují pomocí pravidel deskriptivní geometrie,
- pro ostatní je používáno zjednodušení, kde **zřetelné hrany** se zakreslují tlustou (stejně jako obrys) plnou čarou buď rovnou, nebo obloukem (Obr. 22 a),
- průnik dvou válců **rozdílných průměrů** (Obr. 22 b),
- průnik dvou válců **stejných průměrů** (Obr. 22 c), [10]



Obr. 22: Zakreslení přechodů a průniků se zřetelnými hranami [10]

- **nezřetelné (zaoblené) či plynulé** přechody a průniky se zakreslují tenkou plnou čarou nedotaženou k obrysu (Obr. 23 a, b) nebo se nezakreslují vůbec (Obr. 23 c); [10]



Obr. 23: Zakreslení přechodů a průniků s nezřetelnými hranami [10]

9 CAD, CAM, CAE a další systémy

V technické praxi je dnes využíváno mnoho různých systémů řízení a podpory výroby s využitím IT technologií. Pro jejich označení se často používá různých zkratk, které identifikují jejich zaměření. Pro základní přehled těchto systémů je vhodné je rozdělit podle jejich charakteru. Nejjednodušší rozdělení je **podle jejich robustnosti** (velikosti a možností tvorby a úprav výkresové dokumentace, potažmo modelů):

- malé systémy (většinou 2D) – cena pár tisíc korun za jednu licenci,
- střední systémy (2D i 3D) – cena v řádu desetitisíc až statisíc korun za jednu licenci,
- velké systémy – komplexní modulárně poskládané systémy v ceně i milionů korun;

Podle **způsobu zobrazování** a práce s průměty (popř. modely):

- 2D – zobrazují součástku v rovině pomocí průmětů, řezů a detailů (elektronická obdoba klasického rýsování tužkou či tuží),
- 2,5D – umí zobrazit 3D náhled modelu pomocí sklopení a skládání ze 2D průmětů (dnes se již používají minimálně),
- 3D – imitují skutečný prostor a zobrazují celý model, se kterým lze otáčet a posouvat, dále se dělí podle způsobu vytváření modelů na:
 - povrchové,
 - objemové;

Samostatnou kapitolou představuje rozdělení na **specializované systémy** podle odvětví, v němž jsou nasazeny:

- **strojírenství** – CAM (Computer-Aided Manufacturing), CAE (Computer-Aided Engineering), např. SolidCAM, EdgeCAM, a CAD (Computer-Aided Design) systémy jako např. Inventor, Mechanical Desktop, Rhinoceros, CATIA a SolidWorks,
- **stavebnictví a architektura** – AEC (Architecture-Engineering-Construction), BIM (Building Information Model), CAAD (Computer-Aided Architectural Design), např. AutoCAD Architecture, Revit Architecture a Archicad,
- **potrubní systémy a technické zařízení budov** – např. AutoCAD MEP,
- **liniové a dopravní stavby** – správa nemovitostí – FM (Facility Management), např. AutoCAD Civil,

- **elektrotechnika – PCB** (Printed Circuit Boards), **EDA** (Electronic Design Automation), např. PCB Designer Suite,
- **územní plánování a geografie – GIS** (Geographic Information Systems),
- **nespecifické systémy** – obecné pro jakékoliv použití, např. AutoCAD; [12]

Kromě výše zmíněných existují programy, které jsou využívány pro tvorbu 3D modelů v souvislosti s filmem či grafikou, jako jsou např. 3D Studio MAX, Maya, Blender, Cinema 4D, ZBrush, LightWave a další.

Mezi malé 3D CAD systémy můžeme řadit i Google SketchUp. Obecně lze všechny výše zmíněné systémy zahrnout do kategorie **počítačově integrované výroby – CIM** (Computer Integrated Manufacturing).

10 Souborové formáty AutoCADu

Autodesk AutoCAD patří k obecným 2D CAD systémům, který bychom mohli dle ceny za jednu licenci zařadit mezi střední systémy (cena za jednu lokální licenci se pohybuje okolo 130 000,- až 160 000,- Kč s DPH). Jeho používání je celosvětově velmi rozšířené. Odlehčená verze stojí cca 40 000,- a nese označení AutoCAD LT. Existují i varianty zdarma, které pro základní kreslení stačí (např. Doublecad).

AutoCAD používá dva hlavní formáty pro ukládání výkresů, a to DWG a DXF.

- **DWG** je nativní (binární) formát, který je pravděpodobně odvozen ze slova DraWinG (česky kreslení). I když je formát DWG patentován firmou Autodesk, je podporován i jinými výrobci 2D a 3D CAD systémů. DWG formát dokáže ukládat jak 2D, tak i 3D informace doplněné o metadata. Od roku 2004 včetně je tento formát každé 3 roky inovován (viz Obr. 24) a je zpětně kompatibilní se všemi staršími verzemi. Verzi každého DWG souboru lze zjistit z prvních šesti znaků (kódu) po otevření souboru v libovolném textovém editoru. [13]

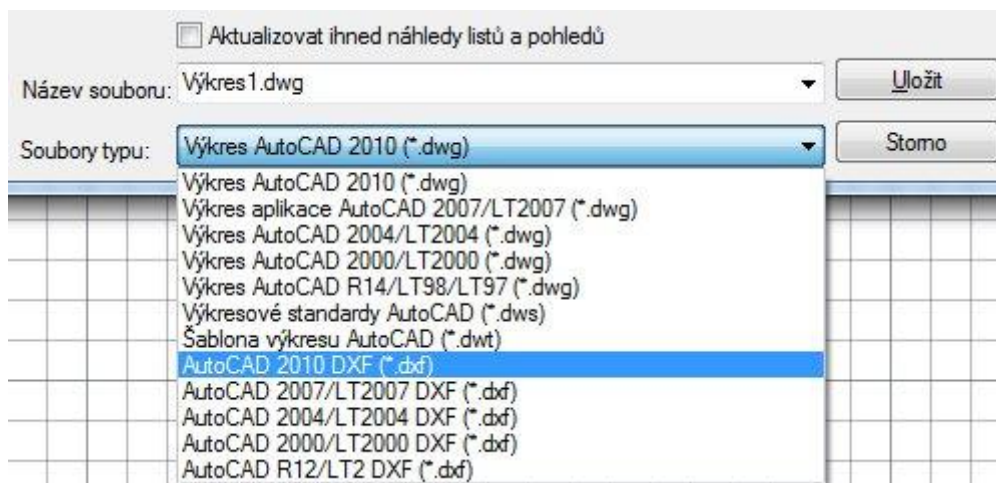
Verze DWG	Kód	Verze AutoCADu
DWG 2004	AC1018	AutoCAD 2004, 2005 a 2006
DWG 2007	AC1021	AutoCAD 2007, 2008 a 2009
DWG 2010	AC1024	AutoCAD 2010, 2011 a 2012
DWG 2013	AC1027	AutoCAD 2013, 2014 a 2015

Obr. 24: Tabulka verzí formátu DWG [14]

- **DXF** je textový formát, který byl původně zamýšlen jako výměnný formát s jednoduchou strukturou, a tedy lehce implementovatelný v programech i jiných výrobců. Bohužel jak narůstaly funkce AutoCADu, přestával formát DXF stačit. Pro nás je důležitý zejm. jako 2D předloha, která lze snadno načíst ve SketchUpu. Proto je možné jednoduše převádět průměty ze 2D výkresů

AutoCADu do 3D pohledů ve SketchUpu a následně je vytahovat či nechat následovat do podoby 3D modelů.

Pro výběr či změnu souborového formátu výstupu se v AutoCADu používá nabídka „Uložit jako“ pod hlavním tlačítkem. Následně ve vyvolaném dialogovém okně zvolíme požadovaný formát a potvrdíme tlačítkem „Uložit“ (viz Obr. 25).



Obr. 25: Uložení výkresu v AutoCADu (ver. 2012) do formátu DXF

Příklad – DXF formát:

V AutoCADu otevři libovolný výkres ve formátu DWG a znovu ho ulož do formátu DXF verze 2007/LT2007.



Shrnutí – základy interpretace technické (výkresové) dokumentace:



Po probrání této kapitoly bychom měli být schopni přečíst a porozumět jednoduchým technickým výkresům. Toto téma je samozřejmě daleko širší a je mu věnováno mnoho knih, které dokonale popisují všechny detaily oboru technického kreslení. Pro naši potřebu však postačí základní znalosti.

- 1) Rozdělili jsme výkresy **podle odvětví** (strojírenské, stavební, elektrotechnické, potrubí, dřevo-výroba a ostatní) a **dle zpracování** (náčrt, originál, kopie). Pro strojírenství se výkresy dělí na:
 - **návrhové výkresy,**
 - **výkresy součástí,**
 - **výkresy sestav a podsestav;**
- 2) Poznáme výkresy **formátu A4 až A0** – základem jsou rozměry A4 (210 mm x 297 mm) a jejich násobky.
- 3) Na výkresech používáme **měřítka pro zmenšení** větších součástí (ve tvaru 1 : X), **měřítka zvětšení** třeba pro detaily (ve tvaru X : 1), avšak v CAD systémech kreslíme **ve skutečném měřítku 1 : 1**.
- 4) Seznámili jsme se s rozdíly při zobrazení **2D průmětů** a **3D pohledů**. Pro 2D průměty rozeznáváme:
 - **pravoúhlé promítání ISO – E** s průměty do nárýsu, půdorysu a bokorysu,
 - **axonometrické zobrazení**, zejm. **technická izometrie** s osami X, Y a Z, mezi nimiž je úhel 120°,
 - **jedno, dvou a tří-úběžníkovou perspektivu;**
- 5) Rozeznáme **příčný a podélný řez** (který zobrazuje hrany i za rovinou řezu) a **průřez**, který je lokální pouze v místě roviny řezu.
- 6) Jsme obeznámeni se zakreslením přechodů a průniků.
- 7) Rozdělili jsme si CAD systémy **počítačově integrované výroby CIM** podle **robustnosti** (malé, střední a velké), **způsobu zobrazování** (2D, 2,5D a 3D, které mohou být povrchové a objemové) a **specializované systémy** (CAD, CAM, CAE, AEC, BIM, CAAD, systémy pro potrubí a TZB, FM, PCB, EDA a GIS).
- 8) Také jsme zmínili často používané **souborové formáty** firmy Autodesk a CAD systémů, nativní **DWG** a textový výměnný **DXF** a zkusili si je změnit.

TÉMA 3:

C) Návrh modelů ve 3D software

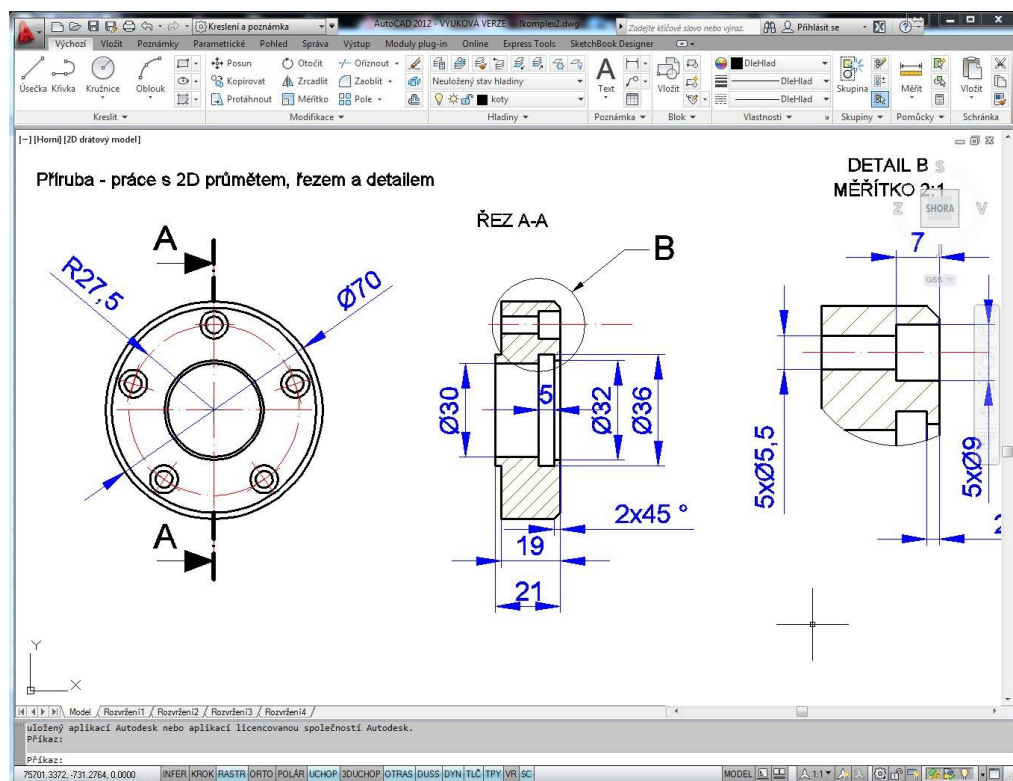
11 Přehled použitelných nástrojů pro 3D modelování

Různé programy pro 3D modelování od různých výrobců mají rozdílný přístup ke tvorbě či zobrazování modelů. Některé programy umožňují správu modelů v průběhu celého životního cyklu produktu, některé jsou naopak specifické jen pro určitou fázi cyklu. Jelikož každé odvětví má svá specifika, není na škodu si představit alespoň ve stručnosti jednotlivé nástroje.

Existuje mnoho různých programů pro práci s 3D modely. Liší se pořizovací cenou a přístupem, se kterým s modelem zacházejí. Také jsou rozdíly v potřebách jejich konkrétního nasazení. Pojďme si představit několik z nich.

Pravděpodobně největší zastoupení na trhu s programy pro počítačově integrovanou výrobu a návrh zaujímají programy firmy **Autodesk**. Tato firma vyvíjí programy zejm. pro simulace a digital prototyping. Když se zaměříme na oblast strojírenství, lze rozdělit programy Autodesku následovně:

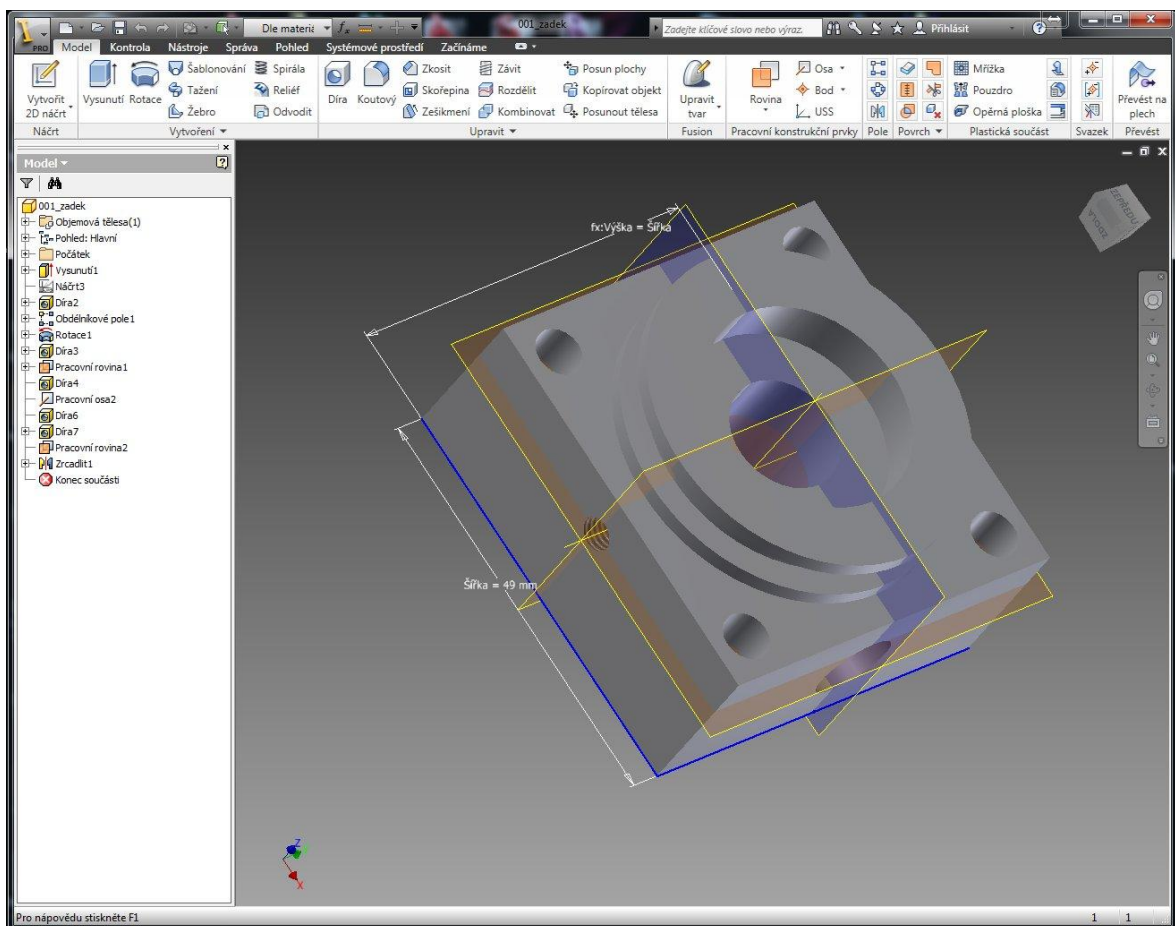
- 1) **AutoCAD** – je zaměřen převážně na tvorbu technické dokumentace v podobě 2D průmětů součástek (viz Obr. 26), avšak umožňuje i základní 3D modelování.



Obr. 26: Prostředí a výkres v AutoCADu (ver. 2012)

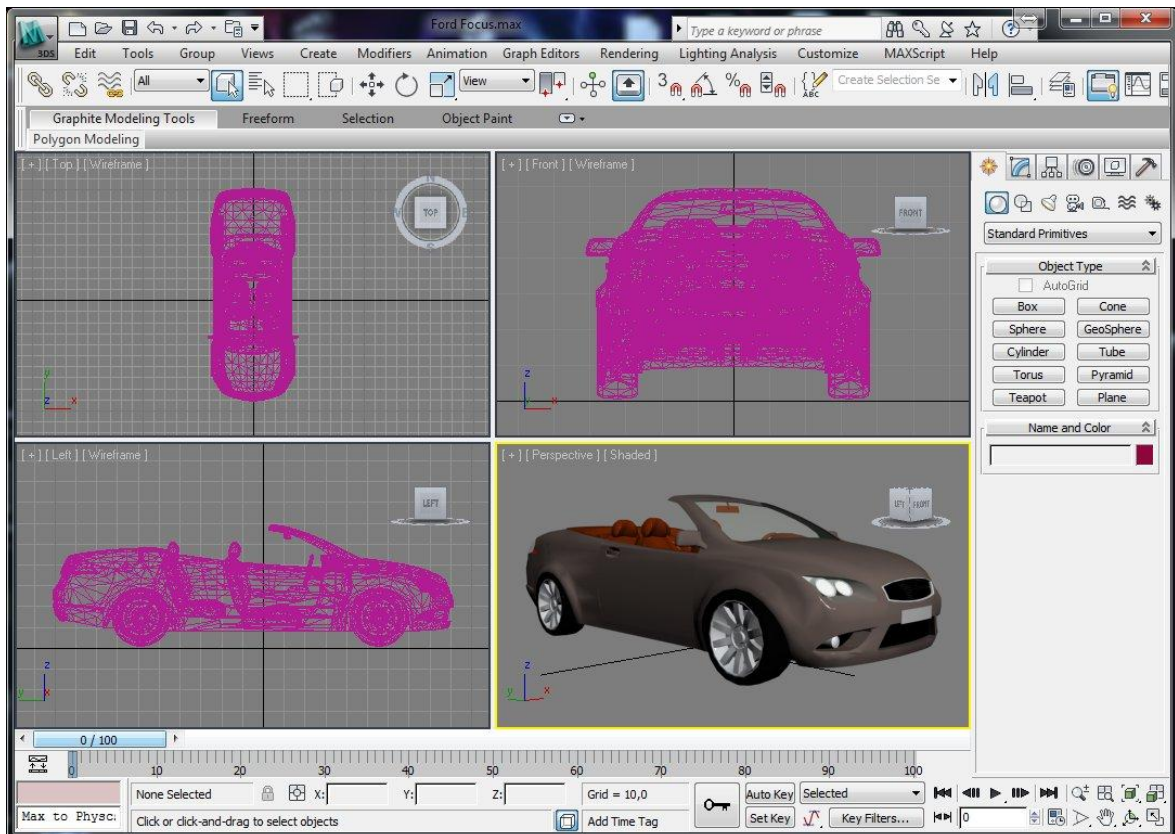
V tomto případě je však 3D modelování poměrně složité, a proto je stále **využíván primárně pro tvorbu 2D**. Pro 2D konstruování ve strojírenství je více využíván konkrétně zaměřený program **AutoCAD Mechanical**. [15]

- 2) **Inventor** – je celosvětově hojně využívaný 3D CAD systém z oblasti strojírenství. Podporuje vytváření sestav a podsestav, svařenců a mnoha dalších prvků a konstrukcí. Inventor umožňuje pracovat jak s 2D průměty, tak s 3D modely, čímž zvyšuje produktivitu konstruování. Principem je tzv. **adaptivní modelování** a možnost využití iParts knihoven prvků s dodatečnou možností změny vlastností. Součástí je i pomůcka DesignDoctor pro vyhledání a odstranění problémů v návrhu. Inventor je komplexní nástroj pro vytváření digitálních prototypů. Pomocí vytváření 2D náčrtů, jejich vysunutí do třetí osy, zaoblení, vytváření závitů a děr dle parametrů, ohnutí a dalších nástrojů je práce v Inventoru podobná jako skutečná „ruční“ práce při výrobě součástky. Prostředí Inventoru s použitím potřebných nástrojů se mění v souvislosti s tím, zda je potřeba pracovat s náčrtem 2D, vysunutím (např. šablonováním) do 3D, a také rozlišuje úpravu součástky či sestavy. Příklad zobrazení součástky v Inventoru lze vidět na Obr. 27. [15]



Obr. 27: Zobrazení součástky v Inventoru (ver. 2012)

- 3) **3D Studio Max** – je obecný 3D modelovací nástroj, který je primárně určen pro **animaci, vizualizaci a efekty s modelem**. Může být zaměřen na architektonické a designérské vizualizace a animace, ale také pro tvorbu grafiky her (např. Unreal Tournament, GTA: VC, Spider-Man, a další) či efektů filmů (např. X-Men, X-Men 2, Minority Report, Matrix Reloaded, Úžasnákoví, a další). Podporuje knihovnu doplňkových plug-in aplikací dalších vývojářů. [15]



Obr. 28: Zobrazení modelu automobilu ve 3D Studia Max (ver. 2012)

Kromě výše zmíněných 2D a 3D aplikací Autodesk produkuje další programy pro stavebnictví (Autodesk Revit s BIM) a další odvětví, díky nimž propojuje možnosti komplexního návrhu a správy všech potřebných dokumentů v průběhu celého životního cyklu produktu.

Autodesk však není jediný, který se zabývá problematikou 3D modelování. Pro obecné modelování lze využít i jiných produktů:

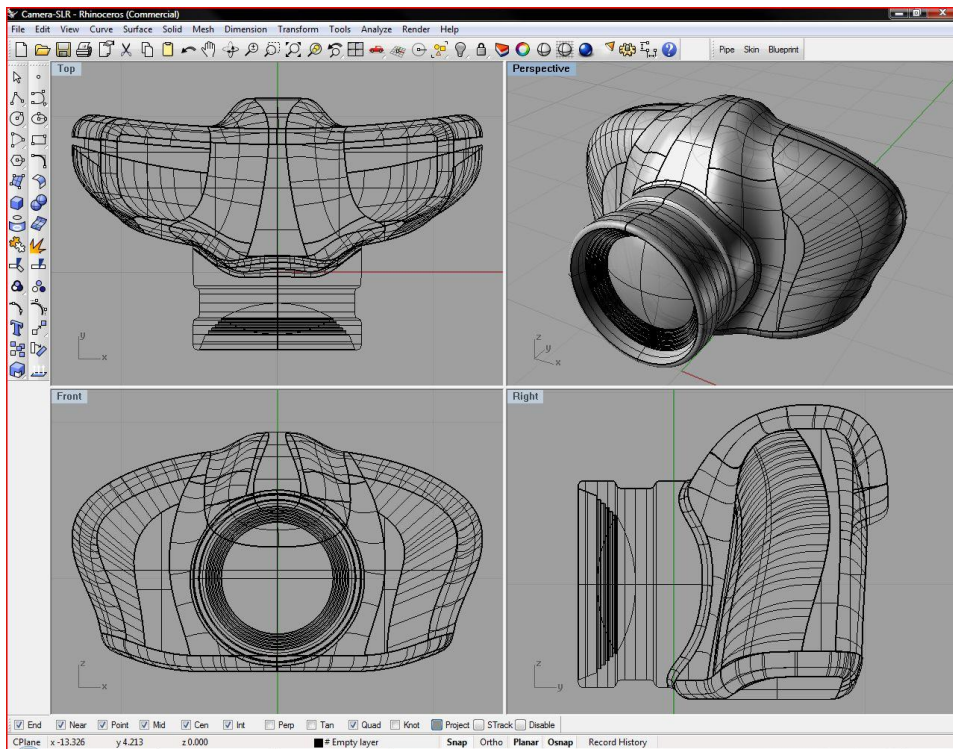
- 4) **Blender** – produkt neziskové organizace Blender Foundation je **zcela zdarma i pro komerční použití**, což z něj dělá významného zástupce modelovacího programu. Díky své jednoduchosti lze tento program (na rozdíl od většiny ostatních) instalovat a provozovat i na méně výkonných počítačích. Pracovní prostředí (GUI) je sice ze začátku trochu komplikovanější (viz Obr. 29), avšak po zvládnutí základů se z tohoto programu stává opravdu **silný nástroj**. [16]

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 29: Prostředí a zobrazení modelu v programu Blender [17]

- 5) **Rhinoceros** – program pro 3D grafiku firmy McNeel patří k silným, ovšem placeným modelovacím nástrojům. Cena licence pro komerční účely činí okolo 30 – 35 tisíc korun.



Obr. 30: Prostředí a zobrazení modelu v programu Rhinoceros [18]

Rozvoj nabídky dalšího vzdělávání pro oblast strojírenství v Olomouckém kraji

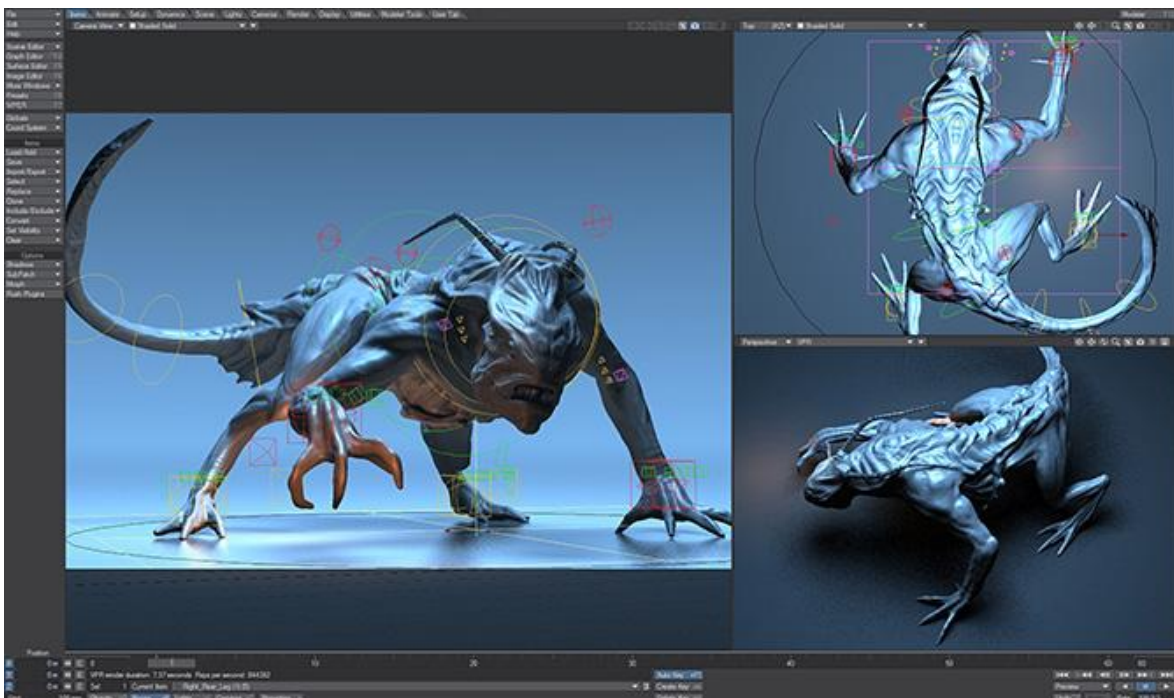
reg. č. CZ.1.07/3.2.05/05.0013

- 6) **Cinema 4D** – profesionální modelovací nástroj firmy Maxon s multifunkčním využitím, který je opět placený. Cena jedné licence se pohybuje kolem 80 tisíc korun.



Obr. 31: Prostředí a zobrazení modelu v programu Cinema 4D [19]

- 7) **LightWave** – profesionální modelovací nástroj firmy NewTek s cenou cca 25 tisíc korun za licenci pro komerční použití.

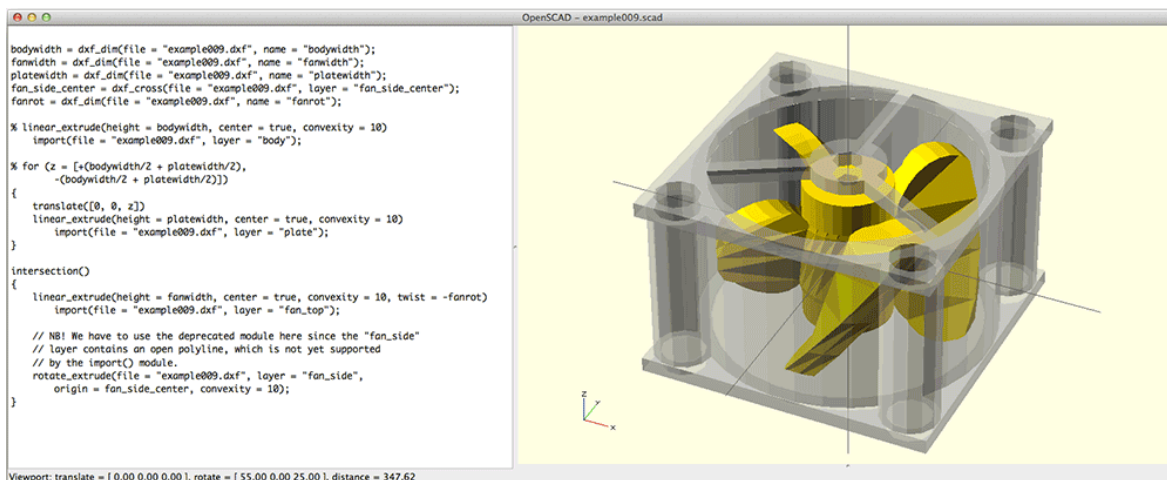


Obr. 32: Prostředí a zobrazení modelu v programu LightWave [20]

Rozvoj nabídky dalšího vzdělávání pro oblast strojírenství v Olomouckém kraji

reg. č. CZ.1.07/3.2.05/05.0013

- 8) **OpenSCAD** – zcela jiný přístup k modelování představuje na CAD parametry zaměřené programování objektů v tomto programu. Předpokladem je znalost programovacích postupů a struktur, kterými mohou být podmínky, cykly, funkce, transformace a další (viz Obr. 33). Na rozdíl od jiných již zmíněných programů se nejedná o vizuální modelování, nýbrž využití **matematických závislostí objektů**. I když prostředí není uživatelsky nijak přívětivé, jeho výhodou je zejm. skutečnost, že je **zdarma** a poskytuje dostatečné nástroje pro vytváření zejm. plných objektů určených k 3D tisku.



Obr. 33: Prostředí a zobrazení modelu v programu OpenSCAD [21]

- 9) **SketchUp** – produkt firmy Google s koncepcí jednoduchého 3D modelování, založeného na vytahování 2D průmětů do 3D modelu a následování tvaru po cestách. **Pro nekomerční použití je program zdarma**, cena jedné licence pro komerční použití stojí cca 17 tisíc korun. Více viz následující kapitola, která se celá zabývá modelováním v tomto programu.

Existuje daleko více programů pro 3D modelování, avšak všechny výše zmíněné programy mohou být bez větších problémů využity pro návrh modelů pro 3D tisk. Některé dokonce přímo podporují tvorbu takových modelů např. kontrolou celistvosti modelu či výstupem do CAM modulu pro 3D tiskárnu či CNC frézku. V každém případě je z nich možno exportovat modely do formátu STL, který je pro většinu strojů nastaven jako výchozí hlavní výměnný formát.

Pro úspěšný návrh a výstup na 3D tiskárnu stačí umět používat jakýkoliv z výše uvedených programů. Pro svou jednoduchost a snadné zvládnutí základního ovládání programu i celého návrhu se dále budeme zabývat posledním zmíněným programem, ve kterém se naučíme modelovat skutečné modely.

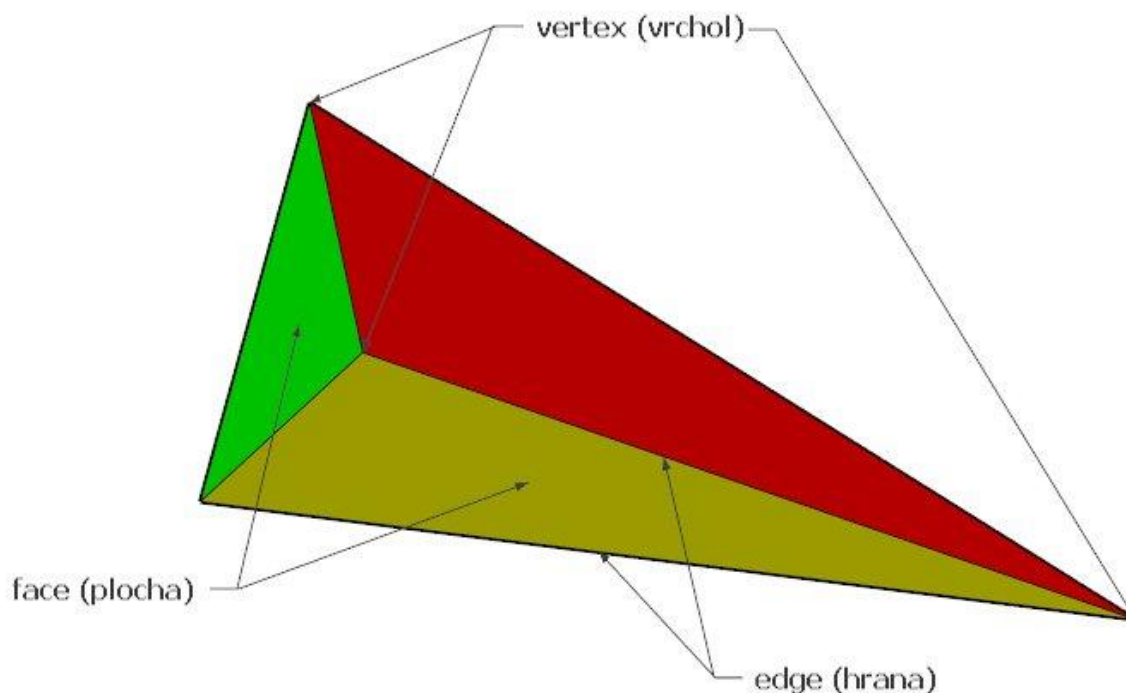
12 Modelování v Google SketchUp 7 CZ

12.1 Terminologická východiska

Před samotným uvedením do problematiky modelování v programu SketchUp je vhodné zmínit **základní terminologii** v obecném modelování. I když SketchUp přímo nepoužívá všechny dále zmíněné metody a pojmy, lze je později využít např. pomocí zásuvných modulů (pluginů).

Základní terminologická východiska 3D modelování:

Pojem	Význam
Vertex	Vrchol (nebo také bod) – základní modelovací entita, která vzniká jako průsečík dvou hran
Edge	Hrana – je vymezena dvěma na sebe navazujícími plochami, které jsou většinou pod jiným úhlem
Face	Plocha (nebo také tvář či stěna) – vznikne uzavřením tří hran
Polygon	Jakákoliv orientovaná plocha, která může mít tvar trojúhelníku, čtverce, obdélníku či obecně mnohoúhelníku. Každý polygon lze rozdělit na trojúhelníky. Počet polygonů v modelu určuje jeho detaily.



Obr. 34: Základní terminologická východiska 3D modelování

Existuje více metod samotného modelování, které se liší v přístupu a využití. Mezi těmito metodami lze u profesionálních programů přepínat dle potřeb návrháře (konstruktéra). Zmíníme zde pouze ty nejdůležitější z nich.

Metoda	Princip
Polygonální modelování	Vytváření vertex, hran a stran objektů, jejich vytahování do třetí osy, rotace, následování tvaru po cestě, atd. Vzniká polygonální síť modelu.
Subdivision surfaces	Dělené povrchy – iterativní (narůstající) rozdělování velkých ploch na menší polygonální plochy.
NURBS	Plochy vytvořené na základě B-spline (Bezierových) křivek, které obsahují kontrolní body a polygony.
Organické modelování	Využití T-spline křivek a z nich vytvořených ploch.
3D sculpting	Model je zpracováván postupným zatlačováním (či vytahováním) malých plošek, které lze přirovnat práci s dlátem.
3D skenování	Snímání mračna bodů, ze kterých se vygeneruje polygonální síť, a ta se následně pokryje plochami.

Obr. 35: Metody 3D modelování [22]

12.2 Úvod do modelování v Google SketchUp 7 CZ

Pro zvládnutí základních jednoduchých technik modelování jsme vybrali právě z pohledu uživatele asi nejjednodušší modelovací nástroj, který je pro nekomerční použití zdarma volně dostupný. Díky své početné uživatelské základně pro něj existuje mnoho návodů i rozšiřujících, tzv. zásuvných modulů (pluginů), které rozšiřují základní nástroj o mnoho dalších možností.

Pro smysluplnou práci s 3D tiskárnami je nezbytné zvládnout alespoň základy jakéhokoliv modelovacího nástroje, jinak jsme odkázáni pouze na kopírování a tisk modelů jiných návrhářů, což prakticky postrádá smysl. Základům modelování se věnuje podrobněji tato kapitola.

Google SketchUp byl navržen jako malý CAD systém pro 3D modelování s využitím v architektonickém, stavebním a strojním odvětví, ale také pro tvůrce filmů a vývojáře počítačových her. **Je propojen s aplikací Google Earth**, která umožňuje GIS plánování (Geografický Informační Systém). První verze byla uvedena na trh v roce 2000, tehdy ještě mladou firmou @Last Software. Postupně se program inovoval, připojila se např. možnost programovat vlastní skripty (v podobě pluginů) v rozšíření **Ruby API**. Také byla přidána služba **Google 3D Warehouse**, která slouží pro pohodlné sdílení vytvořených modelů v rámci celosvětového cloud úložiště všemi uživateli. V roce 2012 byla práva na tento software koupena společností Trimble Navigation. V rámci každé vydané verze programu existují dvě varianty – **Free**, která je zdarma volně ke stažení, ovšem postrádá některé nástroje a **Pro**, která je placená, zahrnuje všechny nástroje (např.

Booleovské operace) a obohacuje možnosti o využití dalších dvou produktů (StyleBuilder a LayOut). [23]

12.2.1 Stažení a instalace programu SketchUp 7 CZ

Program lze stáhnout ze stránek výukových opor školy OU a PrŠ, Lipová – lázně 458 na adrese <http://oulipova.cz/vyuka/> v sekci *Materiály projektu ICT a CAD* na odkazu *Google SketchUp 7.0*, kde se nachází jak samotný program, tak česká lokalizace s návodem postupu doinstalování. Nejedná se o nic složitého, po instalaci programu je pouze potřeba stáhnout a rozbalit zazipovaný balík s češtinou a jednotlivé soubory dle návodu rozkopírovat do patřičných složek programu. I přes takřka kompletní CZ lokalizaci můžeme najít položky programu (např. názvy materiálů), které zůstaly v původním anglickém jazyce. Na stejném místě lze najít i základní odkazy na tutoriály Širšího a Ing. Ivo Mikače.

V kapitole věnované pluginům se pak dále budeme věnovat postupu instalace jednotlivých zásuvných modulů. Pro zjednodušení lze pluginy nalézt také na výše zmíněném odkazu v předpřipravených balíčcích.

12.2.2 První spuštění programu

Při prvním spuštění se objeví dialog se zprávou o tom, že je dostupná nová verze. Tuto verzi nikdy nestahujte, nefungovala by pak CZ lokalizace. Po stornování tohoto dialogu se objeví úvodní obrazovka s výběrem šablon. Šablonu si lze vytvořit novou dle vlastní potřeby, nicméně pro naši práci bude stačit předvolená šablona s názvem **Product Design and Woodworking – Millimeters**. Zvolíme proto tuto šablonu a spustíme program.

12.2.3 Prostředí programu a základní nastavení

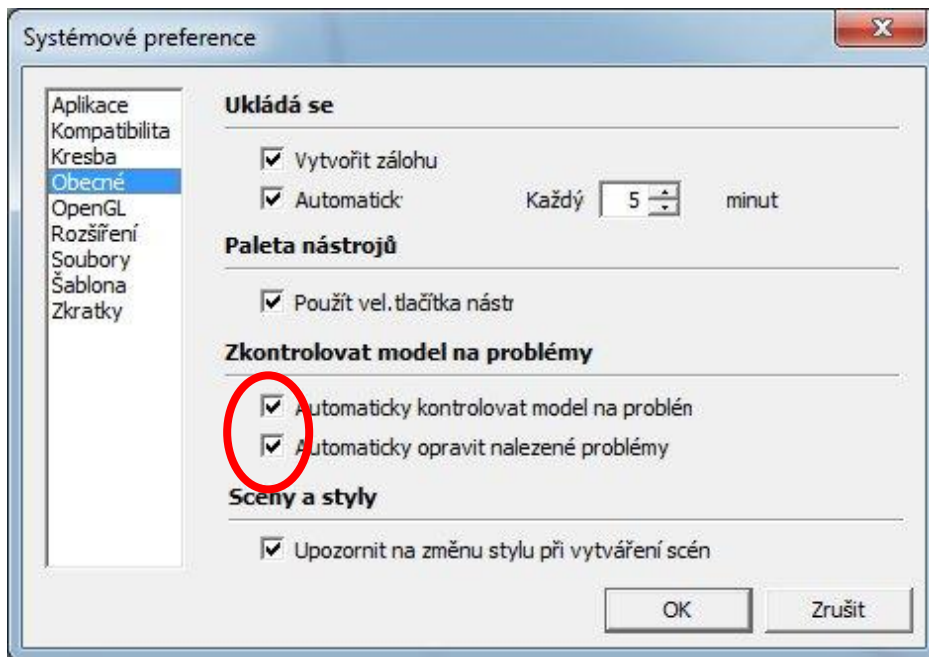
Po spuštění programu se objeví standardní grafické uživatelské prostředí (GUI) s panelem nástrojů *Začínáme* ve vrchní části pod hlavní nabídkou. Nastavme si rovnou základní vlastnosti GUI pro efektivnější práci (viz Obr. 38).

Postup – základní nastavení programu SketchUp:

- 1) V hlavní nabídce ve vrchní části zvolme třetí položku **Zobrazit – Panely nástrojů – Začínáme**, čímž zrušíme zobrazení vodorovného panelu nástrojů.
- 2) Postup zopakujme s tím, že zapneme položku **Velká sada nástrojů** pod položkou *Začínáme*.
- 3) Pro zobrazení nápovědy k jednotlivým nástrojům je ze začátku vhodné nechat zobrazené okno **Instruktor**. Pokud se okno Instruktoru neotevře automaticky při spuštění, můžeme jej vyvolat pomocí hlavní nabídky položkou **Okno – Instruktor**.

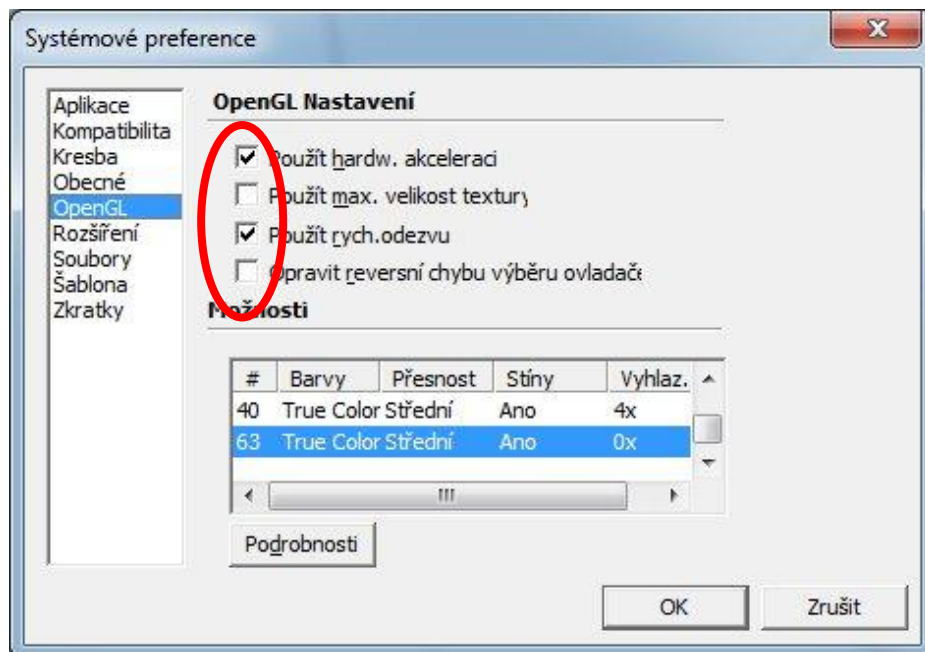


- 4) Ve stejné položce hlavní nabídky (Okno) vyvoláme **Předvolby**, což je okno pro nastavení základních vlastností programu.
- 5) Zvolíme možnost **Obecné** a zkontrolujeme, zda jsou zatrženy obě možnosti pod sekcí **Zkontrolovat model na problémy**. Nejsou-li vybrány, zaškrtneme je (viz Obr. 36).

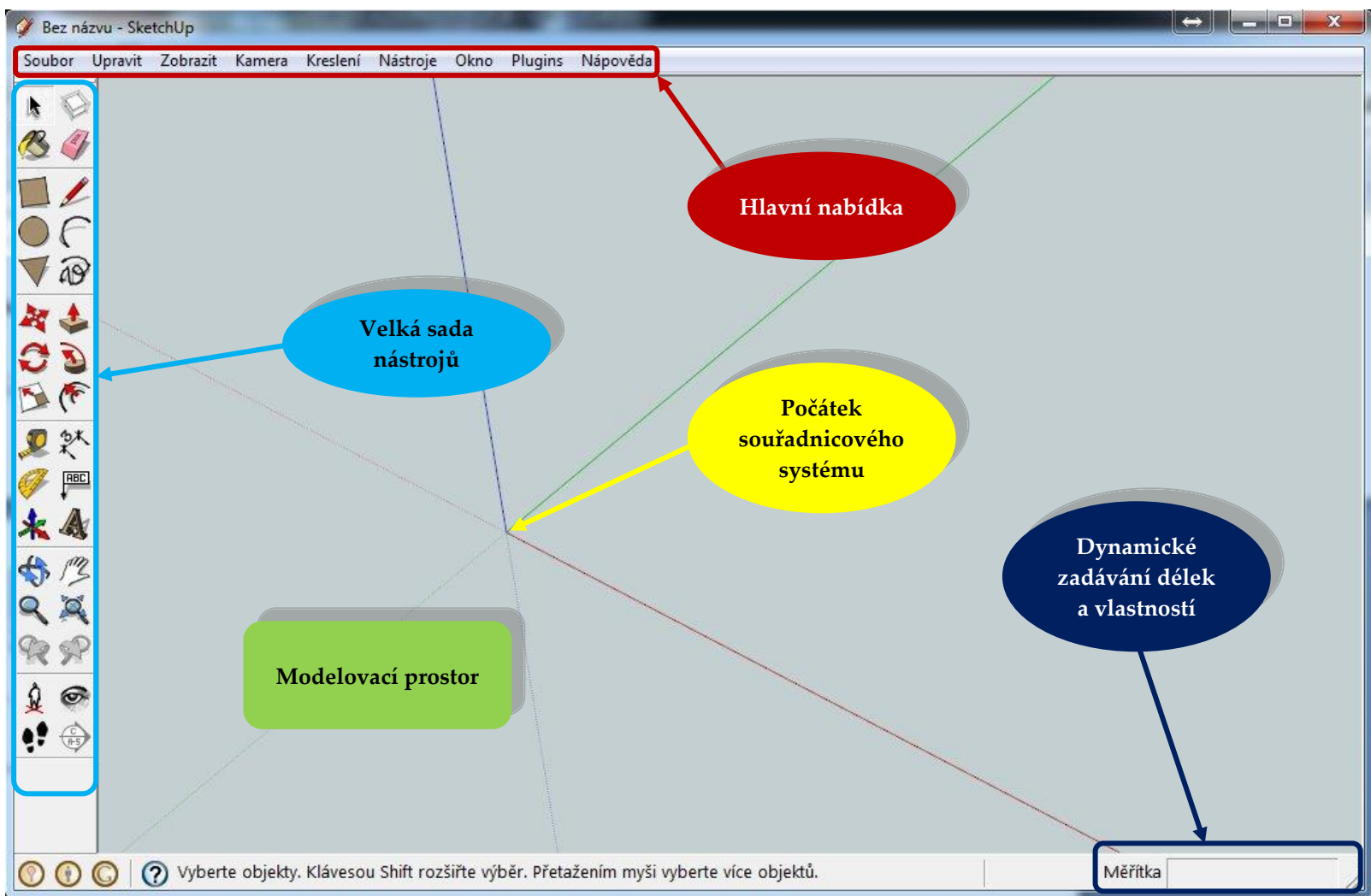


Obr. 36: Nastavení kontroly modelů na problémy

- 6) Následně vlevo zvolíme možnost **OpenGL**, kde ověříme, zda je zapnuta **hardwarová akcelerace** (není-li, zaškrtneme).



Obr. 37: Nastavení hardwarové akcelerace



Obr. 38: Prostředí programu SketchUp

Rozvoj nabídky dalšího vzdělávání pro oblast strojírenství v Olomouckém kraji

reg. č. CZ.1.07/3.2.05/05.0013

12.2.4 Pracovní prostor a základy ovládání programu

Když máme SketchUp nastaven pro modelování, je potřeba se zmínit o základním ovládání programu. V první řadě lze v modelovacím prostoru vidět **3 osy**, které barevně odpovídají třem navzájem kolmým směrům následovně:

- **červená** osa – osa X (vodorovná),
- **modrá** osa – osa Y (svislá),
- **zelená** osa – osa Z (předozadní);

Většinou se při modelování zobrazují všechny 3 osy. Zobrazení os, vodítek a dalších užitečných prvků v modelovacím prostoru lze přepínat pomocí voleb podnabídky **Zobrazení** v hlavní nabídce.

Mezi nejdůležitější ovládací mechanismy programu patří řešení pohybu obrazu modelu v modelovacím prostoru. Ať se jedná o **otáčení pohledu na model**, **posun** či **zvětšení** a **zmenšení** modelu, vše se provádí **kolečkem na myši**. Kolečko se využívá následovně:

- **přiblížení** a **oddálení** modelu – **potočení** kolečka **nahoru** (přiblížení) a **dolů** (oddálení) – záleží na pozici kurzoru v modelovacím prostoru, který působí jako referenční bod,
- **rotace** pohledu (modelu) – **stisknutí** kolečka jako tlačítka a volný **pohyb myši** po podložce ve všech směrech (česky je tato funkce označena jako **Kroužení**),
- **posun** pohledu na model (posun modelu) – přidržení klávesy **Shift** na klávesnici a **stisknutí** kolečka s **pohybem myši** po podložce;

Lze použít i nástroje z nástrojového panelu, ovšem to je velice těžkopádné a v podstatě naprosto zbytečné, ovládání kolečkem na myši a klávesnicí lze docílit efektivnější práce.

Abychom názorně viděli, jak funguje kolečko, potřebujeme mít nejdříve v modelovacím prostoru nakreslený jakýkoliv objekt, alespoň jednoduchou čáru.

Postup – základy ovládání programu – kolečko na myši:

- 1) Z panelu nástrojů zvolme nástroj **Čára** (ikona tužky nebo klávesa L). Umístíme tužku do počátku souřadnicového systému (průsečík všech 3 os) a levým tlačítkem umístíme první bod úsečky. Posuneme kurzor na jinou pozici a opět levým tlačítkem umístíme koncový bod úsečky.
- 2) Vyzkoušejme si postupně kolečko na myši pro přiblížení a oddálení, kroužení a posun čáry.



Součástí programu je již dříve zmíněná služba **Galerie 3D objektů** (Google 3D Warehouse). Pomocí této služby může libovolný uživatel **vyhledat** a **stáhnout** pro svou potřebu některý z již **hotových modelů** z cloudového úložiště, do nějž přispívají ostatní modeláři z celého světa. Některé modely jsou méně propracované, některé naopak obsahují nejmenší detaily – záleží na uživateli samotném, který si vybere a stáhne. Pokud má uživatel zájem, může se zaregistrovat a sám se svými výtvary pomoci komunitě umístěním svých modelů v rámci této služby. Je čistě na jeho uznání, zda poskytne svůj model ostatním, jelikož nikdo není v rámci této služby nucen participovat. Nejširší základnu tvoří anglicky mluvící uživatelé, proto při vyhledávání konkrétního modelu přes galerii 3D objektů je dobré dotazovat se i na anglické pojmenování modelu (např. budeme-li hledat model stromu, zadáme heslo tree, i když i pro heslo strom nalezneme několik odkazů na modely, pro heslo tree jich bude mnohem více). Problém představuje skutečnost, že u modelu lze vidět verzi, ve které byl vytvořen, až při použití tlačítka *Download*. Proto někdy nelze stažený model ve verzi 7 otevřít. To ovšem nebrání stáhnutí a nainstalování novější verze SketchUpu (třeba i bez CZ lokalizace), v ní otevření staženého modelu a znovu uložení do starší verze 7.

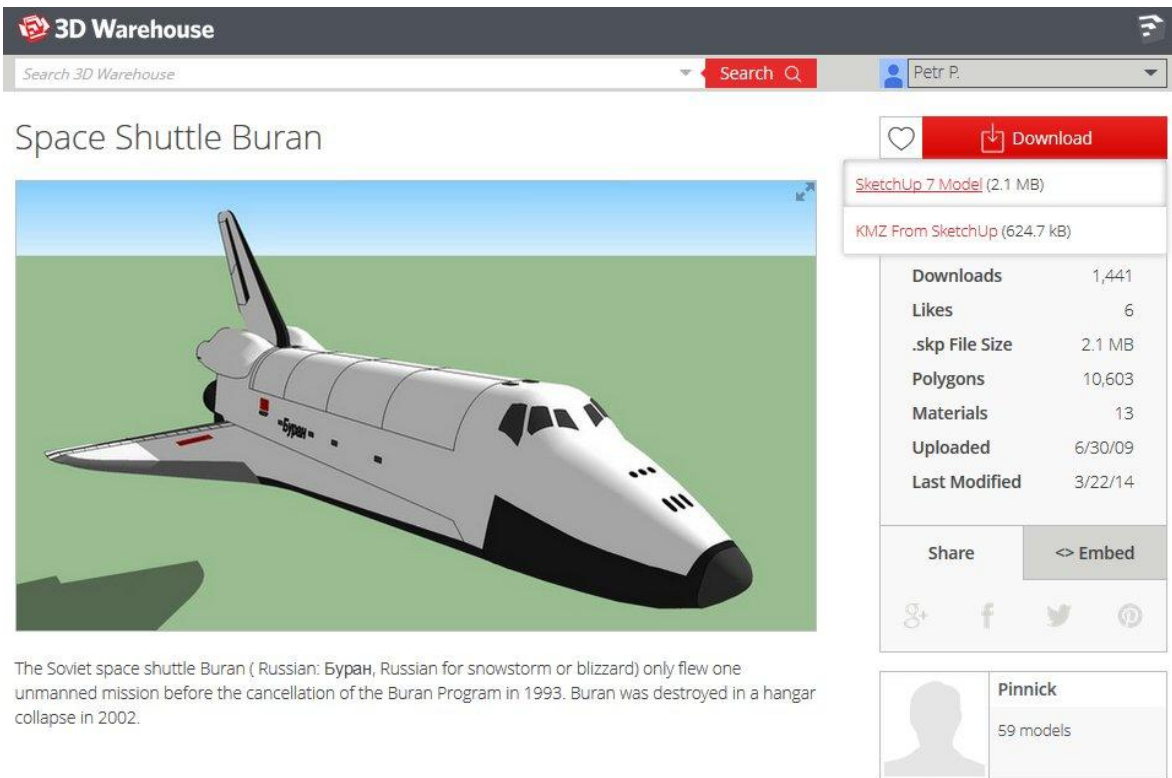
Při používání galerie 3D objektů se může stát, že nelze zobrazit náhledy modelů. V tom případě je možno použít i webový prohlížeč, kde by již měli náhledy být vidět – adresa <http://3dwarehouse.sketchup.com>.

Model se stáhne buď na disk, nebo se přímo otevře v programu. Z důvodu jednodušší práce s modelem jsou modely z galerie většinou ve formě jedné či několika komponent, které lze v případě potřeby jednoduše rozložit.

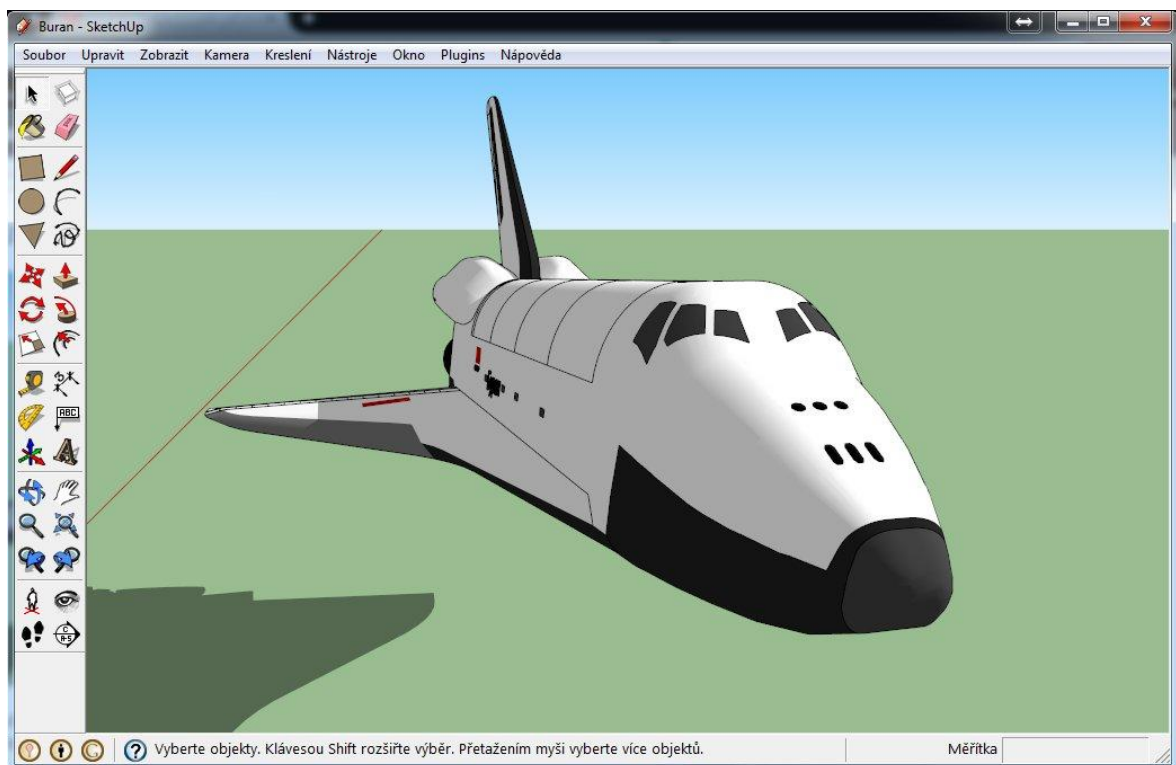
Postup – využití galerie 3D objektů:

- 1) Otevřeme galerii 3D objektů buď pomocí prohlížeče (adresa <http://3dwarehouse.sketchup.com>) nebo přímo v programu (**Soubor – Galerie 3D objektů – Získat modely...**).
- 2) Do vyhledávacího políčka zadáme třeba heslo „buran“ – hledáme model raketoplánu – a klikneme na červené tlačítko *Search*.
- 3) Vybereme model, který se nám líbí, a klikneme na jeho náhled.
- 4) Otevře se okno s detailním popisem modelu, u nějž je vpravo nahoře tlačítko *Download* (viz Obr. 39).
- 5) Klikneme na tlačítko *Download* a vybereme SketchUp 7 Model (pokud námi otevřený model je vytvořen v novější verzi, vrátíme se zpět do bodu 3).
- 6) Zvolíme buď uložit, nebo rovnou otevřít (viz Obr. 40).





Obr. 39: Galerie 3D objektů

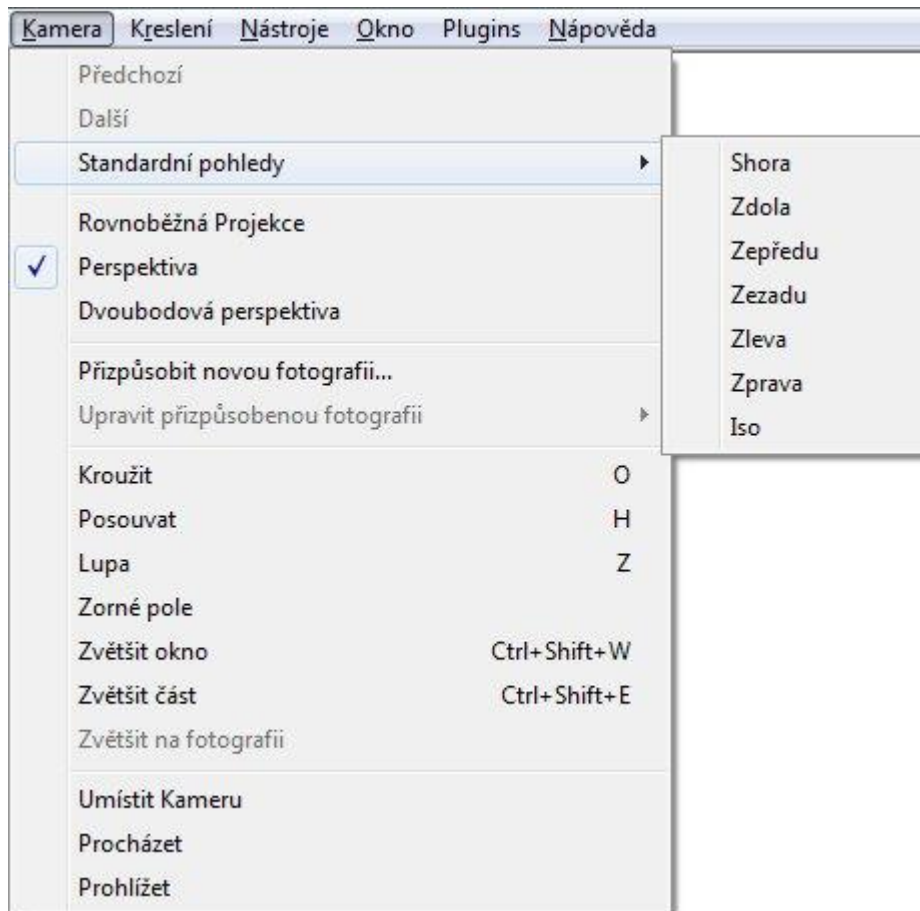


Obr. 40: Stažený model otevřený ve SketchUpu

12.2.5 Nastavení zobrazení a pohledů pomocí kamery

V hlavní nabídce pod možností **Kamera** lze nalézt různé způsoby zobrazení modelu. V první řadě je vhodné občas využít volbu **Standardní pohledy**, které umožňují zabírat kamerou jen dvě osy (**Shora**, **Zdola**, **Zepředu**, **Zezadu**, **Zleva**, **Zprava**), a také **Iso** pohled, který odpovídá zobrazení v technické izometrii. Pod volbou **Standardní pohledy** také lze přepnout zobrazení rovnoběžného promítání (volba **Ravnoběžná projekce**), jedno-úběžníkové (volba **Perspektiva**) či dvou-úběžníkové perspektivy (volba **Dvoubodová perspektiva**). Kdykoliv je možno použít kolečko na myši ke změně aktuálního pohledu, proto není potřeba zmiňovat ostatní možnosti nastavení kamery (viz Obr. 41).

Při kreslení bude vhodné si vždy promítnout rovinu, v níž má celý kreslený objekt (čára, obdélník, kruh, a další) ležet. Tím se dá vyhnout nepřesnostem umísťování těchto objektů. Lze toho docílit buď pomocí voleb standardních pohledů, nebo pomocí kolečka na myši (kroužení a posun). Podstatou je zobrazit hlavní dvě osy roviny a třetí k nim kolmou osu nechat „utíkat z monitoru ven“.



Obr. 41: Nastavení zobrazení a pohledů

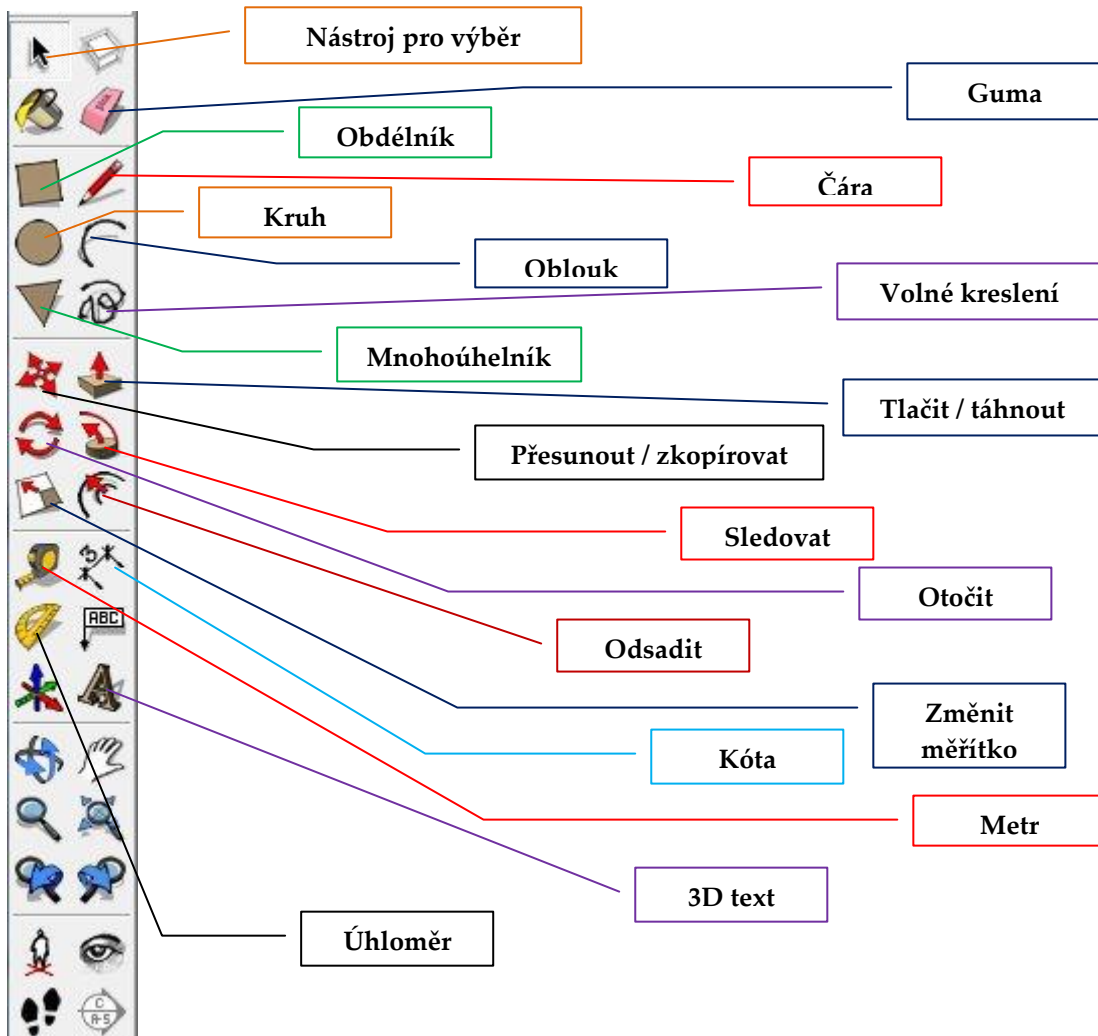


Příklad – nastavení pohledů:

- 1) Nejdříve při prázdném modelovacím prostoru (bez modelu) vyzkoušej přepnout různé Standardní pohledy, rovnoběžnou projekci a perspektivu.
- 2) Poté otevři libovolný model (nebo jej stáhni pomocí galerie 3D objektů) a vyzkoušej to samé.

12.2.6 Velká sada nástrojů

Velká sada nástrojů poskytuje základní nástroje jak pro 2D kreslení, tak pro 3D modelování. Ve SketchUpu většinou nejdříve kreslíme 2D průmět, který pak vytahujeme pomocí 3D nástrojů do dalších směrů.



Obr. 42: Popis velké sady nástrojů (vybrané nástroje)

Pro detailnější použití jednotlivých nástrojů je dobré prohlédnout si okno **Instruktor**, ve kterém se (i když anglicky) mění nápověda podle aktuálně zvoleného nástroje.

Prvním nástrojem v sadě je **nástroj pro výběr**. Protože se využívá velmi často, je lepší znát klávesovou zkratku pro jeho vyvolání, kterou je *mezerník*. Vybírat s ním lze:

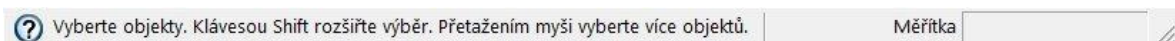
- **jedním kliknutím levým tlačítkem myši** na čáru nebo plochu, čímž se označí pouze jeden objekt pod kurzorem,
- **dvojklikem** na čáru, kdy se vybere čára a jí společné plochy (které tato čára spojuje či rozděluje),
- **dvojklikem** na plochu, kdy se vybere plocha a všechny ji ohraničující čáry,
- **trojklikem** na čáru nebo plochu, čímž se označí vše, co je spojeno v rámci jednoho modelu,
- kliknutím a **tažením zleva doprava** – označí všechny čáry a plochy, které celé leží v daném výběru,
- kliknutím a **tažením zprava doleva** (tzv. **křížení**) – označí všechny čáry a plochy, které leží v daném výběru nebo je výběr protíná;

Vedle nástroje pro výběr je nástroj pro **vytvoření komponenty**, který z vybraných čar a ploch vytvoří komponentu. Ke komponentám se dostaneme později.

Dalšími dvěma nástroji pod výše zmíněnými jsou plechovka barvy a guma. **Plechovka barvy** se používá pro vybarvování ploch a změnu materiálu, ze kterého mohou být. Není tak problém vytvořit stěnu, která je průhledná jako sklo, nebo má na sobě texturu cihly. Při zpracování modelu pro 3D tisk použití materiálů nijak neovlivní výsledek, takže i když je tento nástroj vizuálně efektní, pro nás není podstatný.

Guma je důležitý nástroj, který se vyvolává klávesou *E* (smazat – anglicky Erase). Po použití se kurzor myši změní na gumu se zaměřovacím čtvercem vlevo dole, kterým kliknutím či kliknutím a tažením smaže čáry a k nim připojené plochy, které díky umazání čar přestávají existovat. Pokud se přidrží klávesa *Shift*, čáry a plochy se jen přesunou do skryté geometrie, ale stále zůstávají v modelu. Při přidržení klávesy *Ctrl* se hrany změkčí, což nebudeme používat. Zobrazit skryté čáry a plochy lze pomocí volby **Zobrazit – Skrytá geometrie**.

Důležitá část GUI programu, o které ještě nebyla řeč, se nalézá v dolní části okna a nazývá se **stavový řádek** (viz Obr. 43). Otazník vlevo vyvolá okno instruktora s nápovědou. Text vedle otazníku se mění dle použitého nástroje a informuje o dalších možnostech použití nástroje. Vpravo je umístěno **okno pro dynamické zadávání délek a vlastností** – blíže se s ním seznámíme u dalších nástrojů.



Obr. 43: Důležité součásti stavového řádku

V sadě nástrojů dále následují tzv. **kreslicí nástroje**. Mezi ně patří:

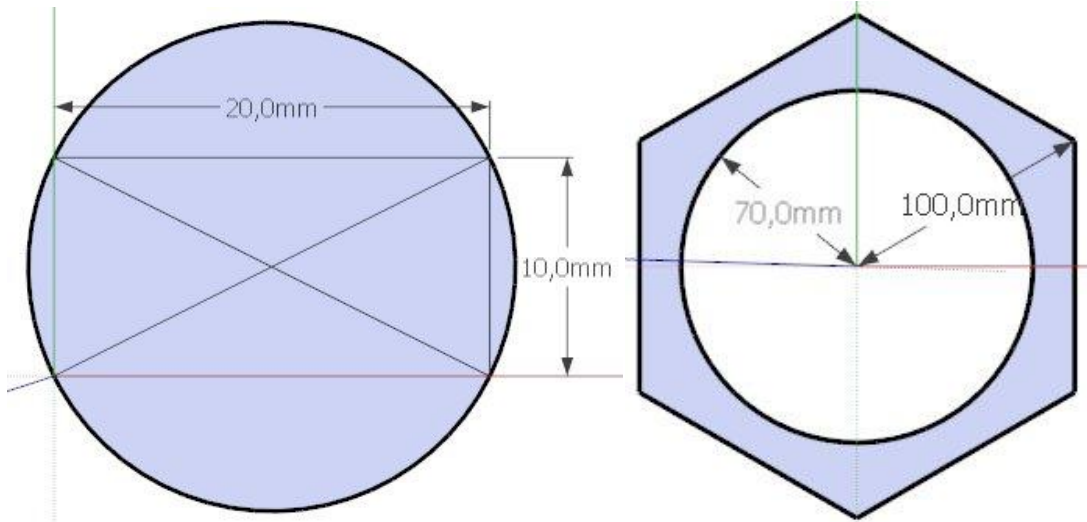
- **obdélník** – vytváří obdélníky a čtverce pomocí zadání dvou koncových bodů úhlopříčky obrazce (horká klávesa R). Po určení prvního bodu levým tlačítkem myši se vedle okna pro dynamické zadávání (nazýváme jej dále v textu zkráceně **DYN okno**) objeví text *Kóty* a v okně pak dvě souřadnice aktuálně ukázaného druhého bodu úhlopříčky. V tomto okamžiku (ale i kdykoliv po nakreslení obrazce, avšak před zahájením další operace) lze přesně zadat požadované rozměry z numerické klávesnice oddělené středníkem a potvrzení enterem (viz Obr. 44). První rozměr je délka, druhý je šířka (v závislosti na tom, do které roviny kreslíme).
- **čára** – kreslí čáru, popř. navazující čáry pomocí určování koncových bodů levým tlačítkem myši (nebo pomocí přesného kreslení). Po zadání prvního bodu se vedle DYN okna objeví text *Délka* a (stejně jako u obdélníku) lze zadat délku čáry pomocí numerické klávesnice a enteru (horká klávesa L).
- **kruh** – kreslí kruhy (s vyplněnou vnitřní plochou). Pomocí DYN okna je možno přesně zadat poloměr kruhu. V DYN okně lze pomocí přidání parametru „s“ za číslo ovlivnit počet segmentů kruhu (viz Obr. 45). Nastavení počtu segmentů je dále použito jako výchozí pro všechny další kreslené kruhy, dokud nedojde ke změně pomocí další volby s parametrem „s“.
- **oblouk** – vytváří oblouky s neuzavřenou plochou (pouze obrys) pomocí zadání dvou bodů délky oblouku (v podstatě tětivy kružnice) a tzv. výdutě, která představuje „výšku“ oblouku. Pokud se při zadávání třetího bodu objeví oblouk modře, jedná se o oblouk sestrojený pomocí tangenty k předchozímu obrazci (plynulý přechod). I u oblouku lze pomocí parametru „s“ nastavit počet segmentů oblouku. Vše lze zadat přesně pomocí DYN okna.
- **mnohoúhelník** – vytváří rovnostranné pravidelné mnohoúhelníky pomocí poloměru kružnice opsané. V prvním kroku se nastaví počet stran mnohoúhelníku, pak se umístí střed kružnice opsané klikem myši v modelovacím prostoru, a následně se zadá poloměr. Vše lze zadat přesně pomocí DYN okna.
- **volné kreslení** – při stisku levého tlačítka myši a tažení kreslí křivky tvořené segmenty. Tento nástroj není příliš použitelný.

Pomocí kreslicích nástrojů jsme schopni nakreslit jakýkoliv 2D průmět, který bude sloužit pro následné vytažení do podoby 3D modelu. SketchUp umožňuje **trasování bodů**, stačí ukázat zvoleným kreslicím nástrojem na koncový nebo středový bod, chvíli počkat, až se u něj objeví popiska „*Koncový bod*“ nebo „*Středový bod*“, a pak táhnout v libovolném kolmém směru (ukáže se tečkovaná čára barvy rovnoběžné osy).

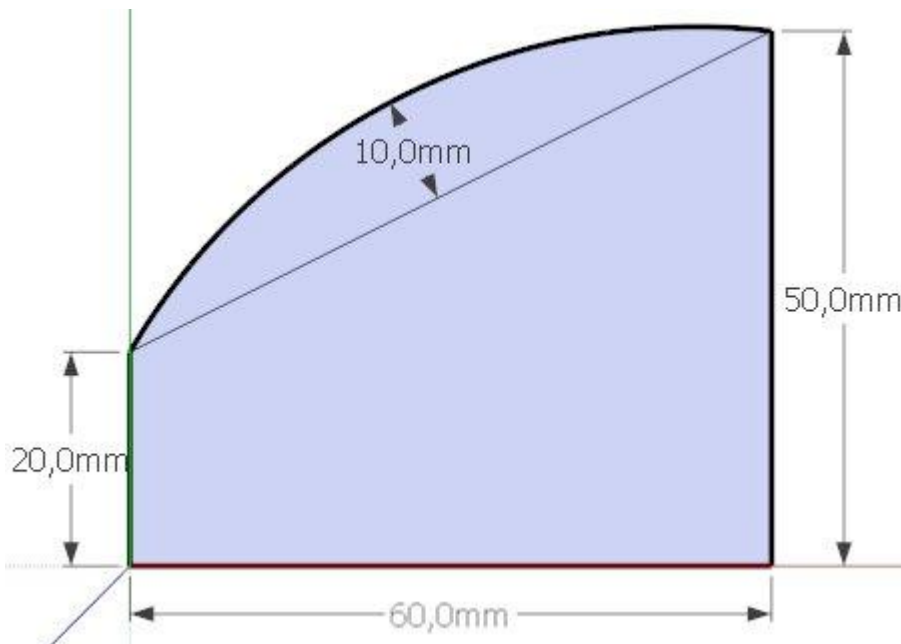
Příklad – přesné 2D kreslení:

Pomocí kreslicích nástrojů a DYN okna nakreslete v půdorysném pohledu (Kamera – Standardní pohledy – Shora) následující 2D průměty:

- 1) Obdélník o rozměrech 20 mm a 10 mm s úhlopříčkami a kružnicí opsanou se 64 segmenty.



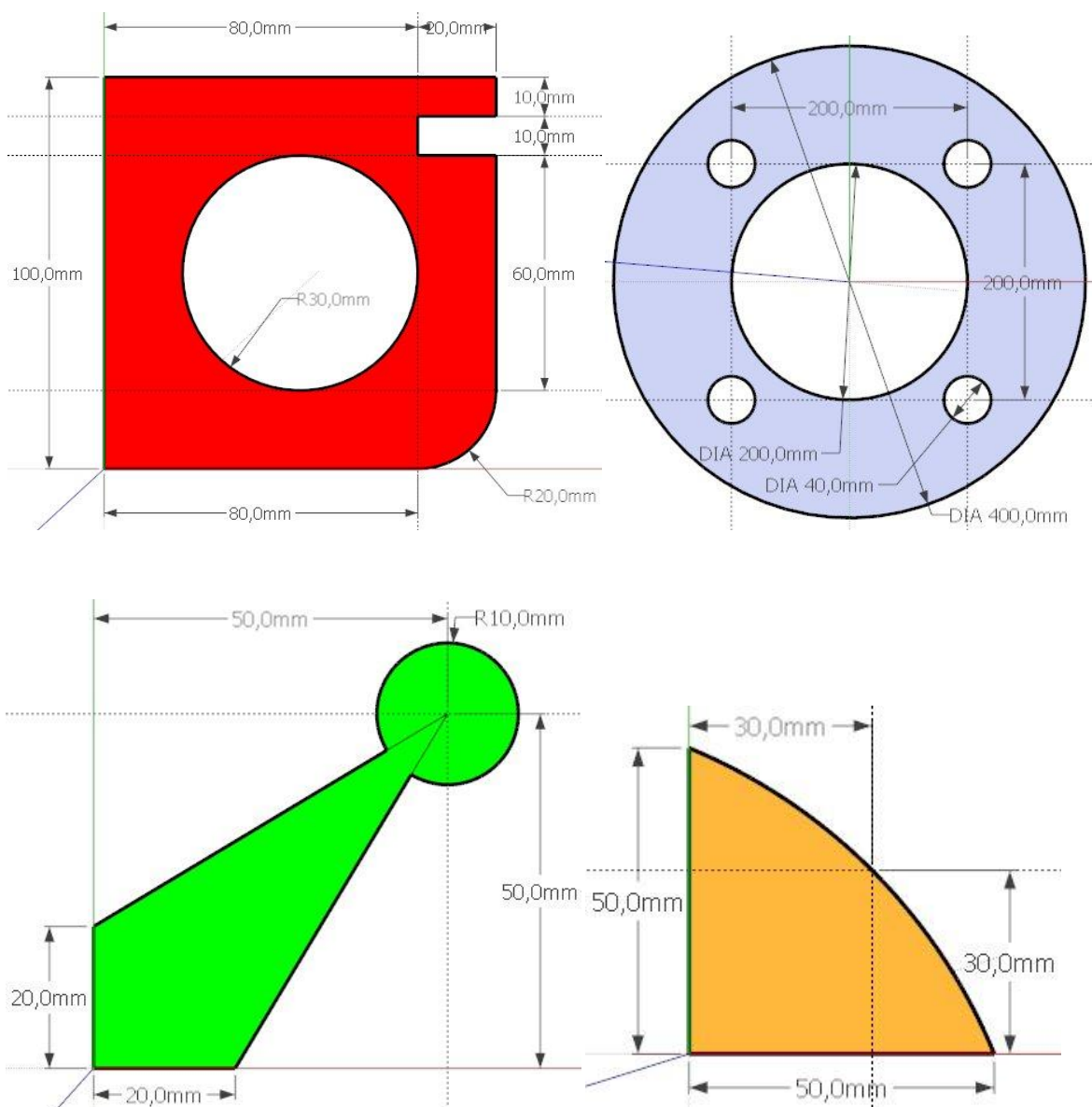
- 2) Šestiúhelník o poloměru 100 mm a kruhovou dírou o poloměru 70 mm a 64 segmenty.
- 3) Průmět s obloukem o výduti 10 mm a s 64 segmenty.



Pro přesné kreslení je často vhodné využít tzv. **vodítka**. Rovnoběžná vodítka s osami se vytváří nástrojem **metr** (horká klávesa T) tak, že vybereme středový bod čáry nebo osu levým tlačítkem myši, posuneme kurzor myši v potřebném směru a následně zadáme pomocí DYN okna vzdálenost. Pro jiný směr vodítek s určením svíraného úhlu lze použít nástroj **úhloměr**. Vodítka se zobrazují tečkovanou čarou a lze je zviditelnit či skrýt pomocí volby **Zobrazit – Vodítka**.

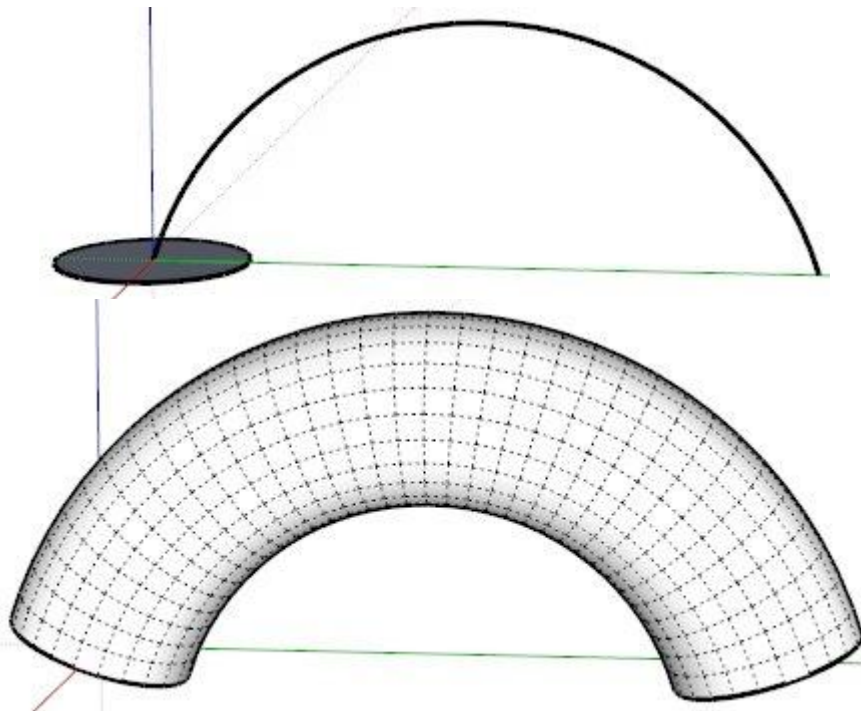
Příklad – přesné 2D kreslení s vodítky:

Pomocí kreslicích nástrojů, DYN okna a vodítek nakreslete v půdorysném pohledu následující 2D průměty:



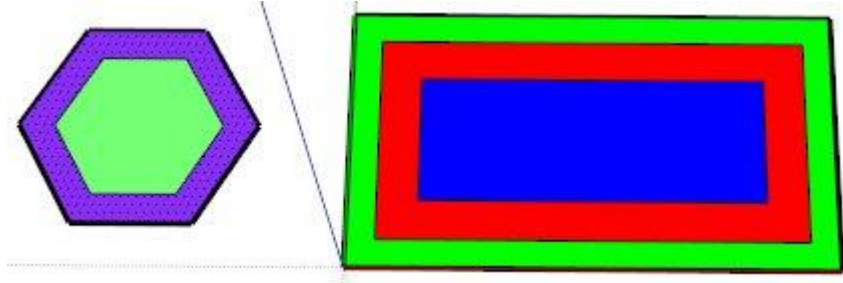
Pod kreslicími nástroji následují **modifikační nástroje**. Patří sem:

- **posunout / zkopírovat** – posouvá vybrané objekty a při stisku klávesy *Ctrl* přepne mezi posouváním a kopírováním. Při posouvání se přizpůsobují všechny spojené hrany objektu. Kopírování lze využít i pro mnohonásobné kopírování (v podstatě vyplnění polí), kdy pomocí DYN okna se použije za požadovaný počet parametr „*x*“. DYN okno lze použít i pro určení vzdálenosti, o kterou se objekt posouvá, popř. kopíruje.
- **otočit** – otočí (či při použití s přepnutím pomocí *Ctrl* zkopíruje) vybraný objekt kolem prvního zvoleného (referenčního) bodu o požadovaný úhel, který lze zadat v DYN okně.
- **změnit měřítko** – zmenší nebo zvětší vybrané prvky (horká klávesa S). Často se s hodnotou -1 používá pro **zrcadlení** kopie objektu. Při přidržení *Ctrl* a tažení myši za úchopný bod se měřítko mění kolem středu.
- **tlačit / táhnout** – zásadní nástroj pro **vytažení plochy** do třetí roviny (horká klávesa P). Tlačítko *Ctrl* přepne vytvoření nové počáteční plochy (rozdělí objekt).
- **sledovat** – další důležitý nástroj, který **promítne plochu přes nějakou cestu**. Nejdříve se vybere cesta (nebo plocha), pak se zvolí tento nástroj ze sady a použije se na plochu (viz Obr. 44). Nástroj nemá přidělenou horkou klávesu, což lze změnit volbou Okno – Předvolby – Zkratky – Nástroje/Následuj mě.



Obr. 44: Nástroj sledovat – nahoře 1. fáze, dole výsledek

- **odsazení** – poslední modifikační nástroj, který vytvoří nové hrany plochy uvnitř nebo vně plochy původní s určením vzdálenosti (viz Obr. 45).



Obr. 45: Nástroj odsazení – vlevo šestiúhelník, vpravo obdélník

Ostatní nástroje velké sady pro nás nejsou důležité, proto se jimi nebudeme zabývat.

Postup – modelování:

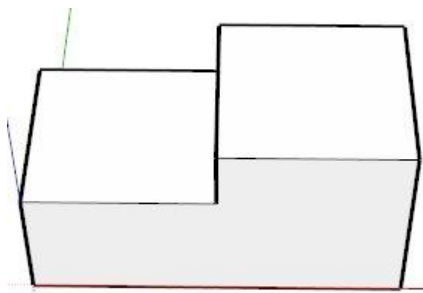
- 1) V půdorysném pohledu (Shora) nakresleme obdélník o stranách 60 a 30 mm.



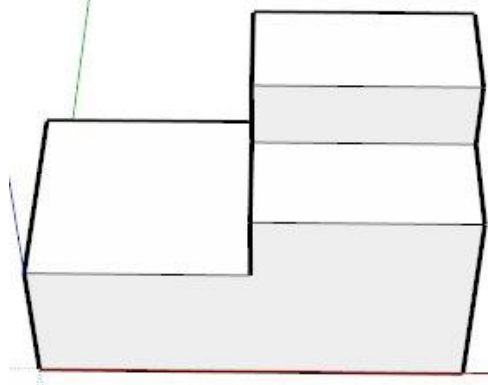
- 2) Stisknutím kolečka a pohybem myši zobrazme všechny 3 osy. Pomocí nástroje tlačit / táhnout vytáhneme plochu obdélníku do třetí roviny o 20 mm.



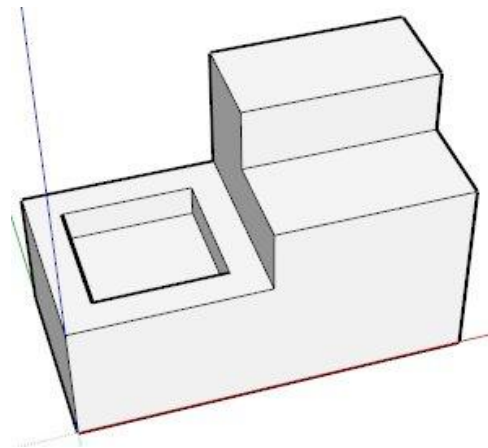
- 3) Nástrojem čára spojme středy delších stran vrchní plochy. Pravou polovinu vrchní plochy vytáhneme o dalších 10 mm.



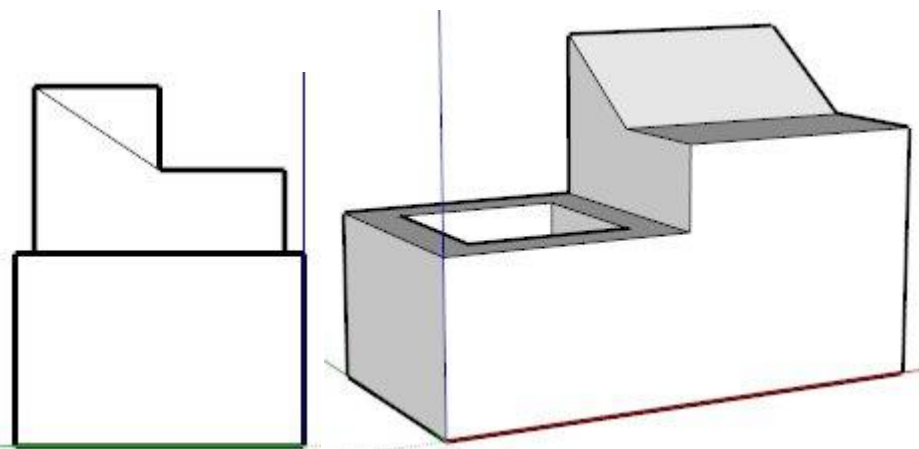
- 4) Rozdělme vrchní plochu vodorovně nástrojem čára a vytáhneme vrchní plochu o dalších 10 mm.



- 5) Nástrojem odsazení vytvoříme u levé plochy čtverec zmenšený o 5 mm a pomocí nástroje tlačit / táhnout ho zatlačíme o 5 mm dovnitř dolů.



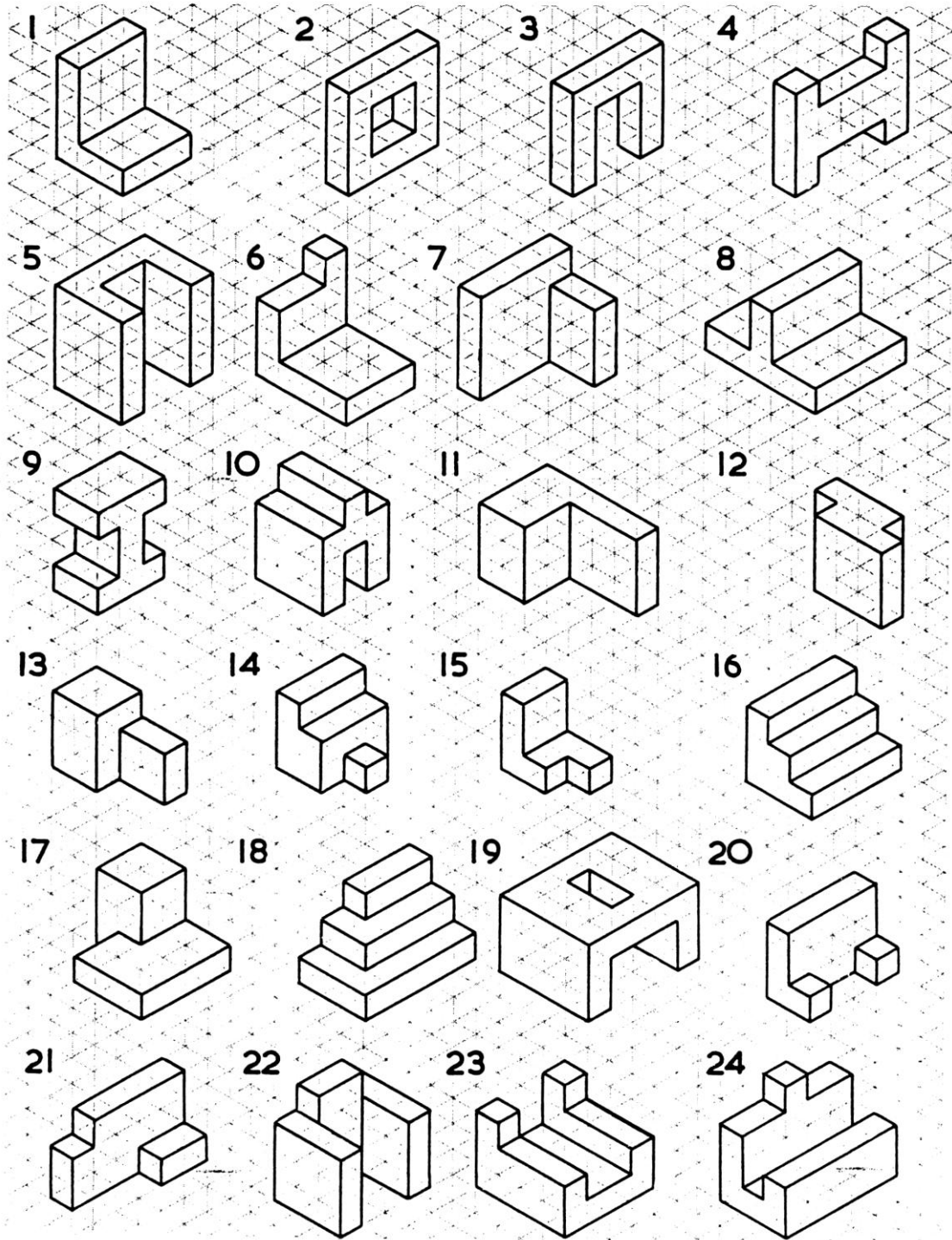
- 6) Zobrazme si model pomocí standardního pohledu zleva a spojíme šikmou čarou horní vrchol s vnitřním vrcholem prostřední plochy.



- 7) Potočme si modelem a nástrojem tlačit / táhnout odeberme trojúhelníkovou plochu.

Příklad – modelování:

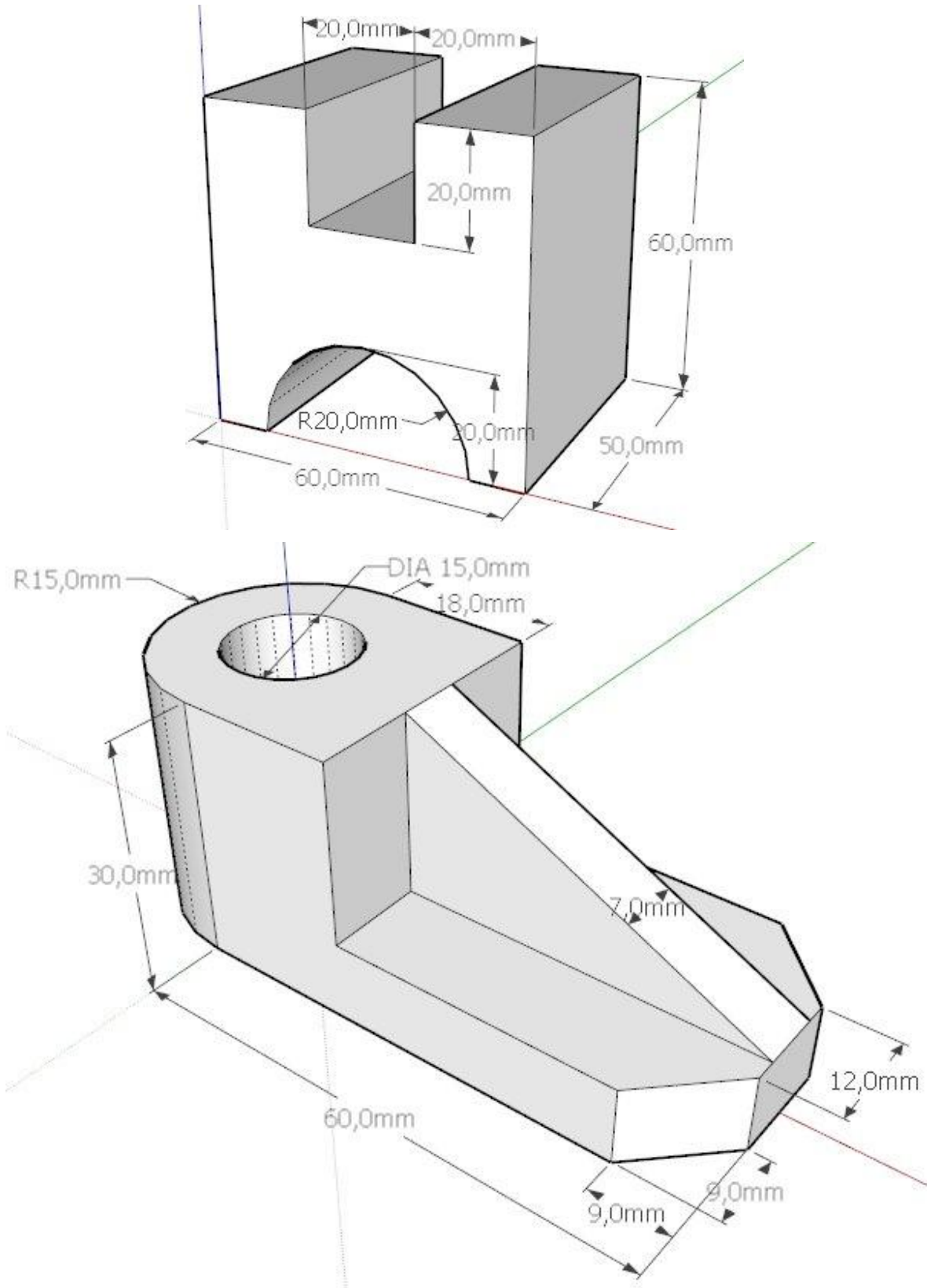
- 1) Postupně vymodelujte následující objekty (jedna kostka v 1. zadání má rozměr 1 x 1 x 1 mm):



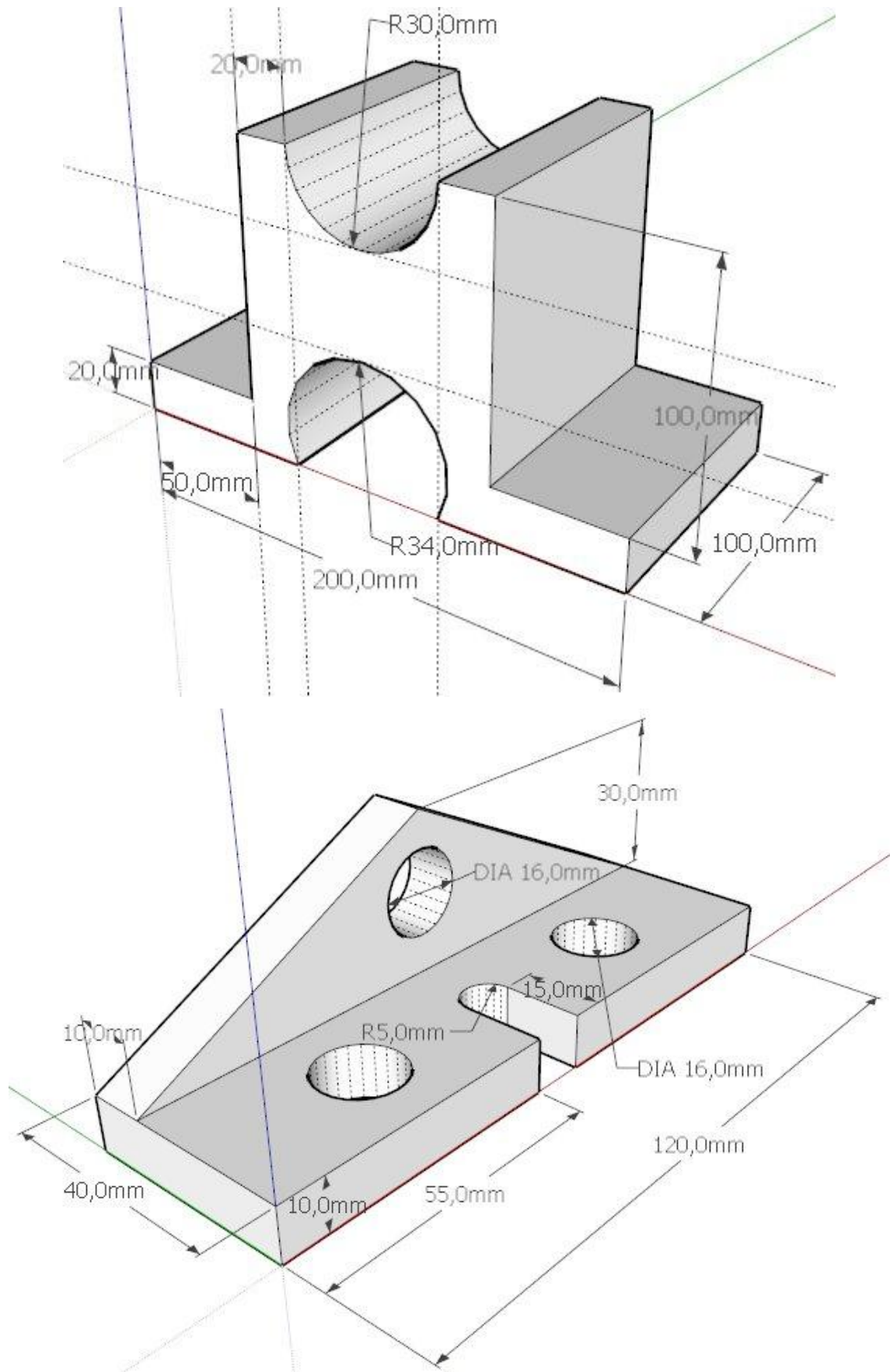
Obr. 46: Zadání č. 1 [24]

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 2) Vymodelujte válec, krychli, šestiboký hranol, trojboký jehlan a kužel.
- 3) Vymodelujte následující objekty:



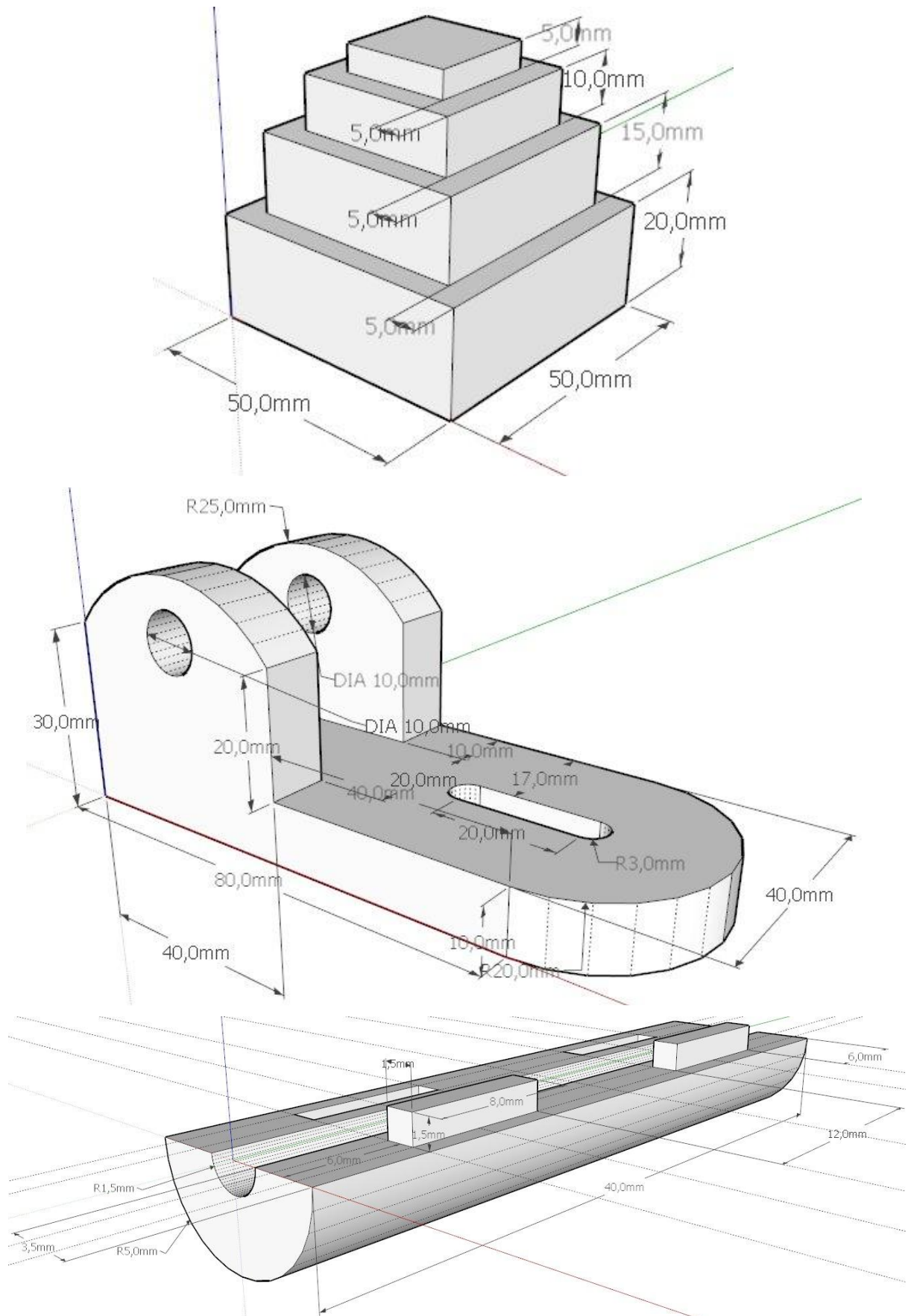
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Rozvoj nabídky dalšího vzdělávání pro oblast strojírenství v Olomouckém kraji

reg. č. CZ.1.07/3.2.05/05.0013

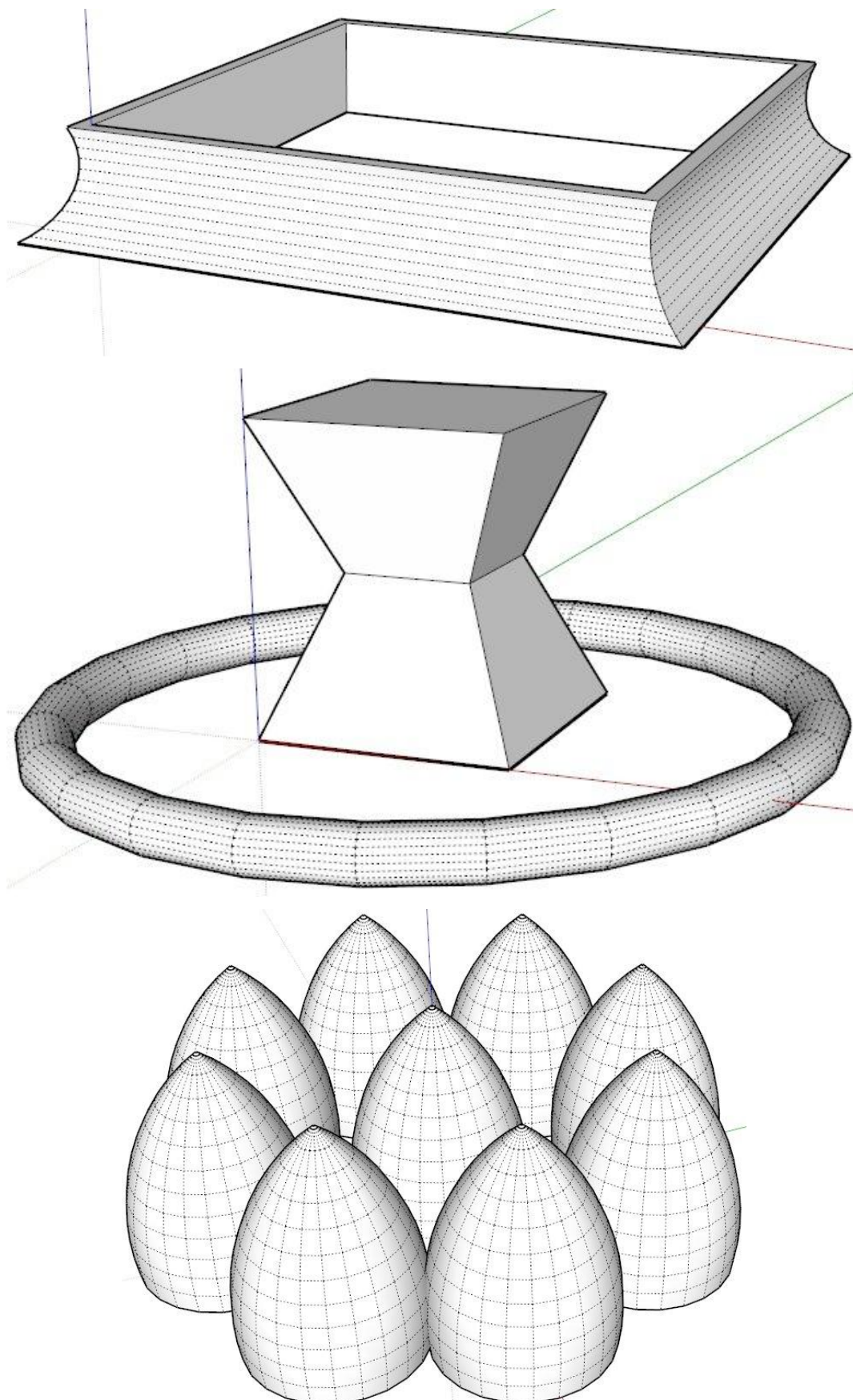
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Rozvoj nabídky dalšího vzdělávání pro oblast strojírenství v Olomouckém kraji

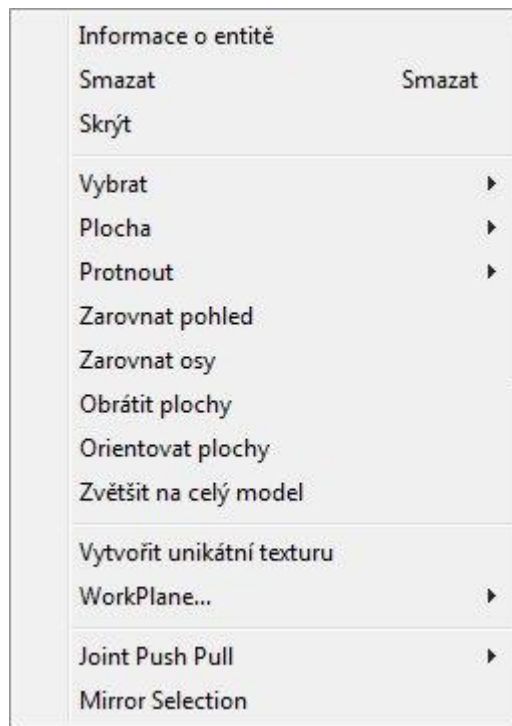
reg. č. CZ.1.07/3.2.05/05.0013

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



12.2.7 Kontextová nabídka

Kontextovou nabídku lze vyvolat **pravým tlačítkem** na myši s kurzorem nad objektem. Volby nabídky se přizpůsobují dle objektu, na kterém jsou použity. Některé položky budou před instalací pluginů chybět, nicméně ty později přibudou (viz Obr. 47).



Obr. 47: Kontextová nabídka vyvolaná nad plochou

První volba otevře okno s informacemi o entitě (délka, plocha, počet segmentů apod.). **Skryt** skryje plochu nebo hranu – lze ji vidět při zapnutí Zobrazit – Skrytá geometrie, kde ji je možno zase zviditelnit pomocí znovupoužití kontextové nabídky a volby **Zobrazit**.

Mezi důležitější volby patří:

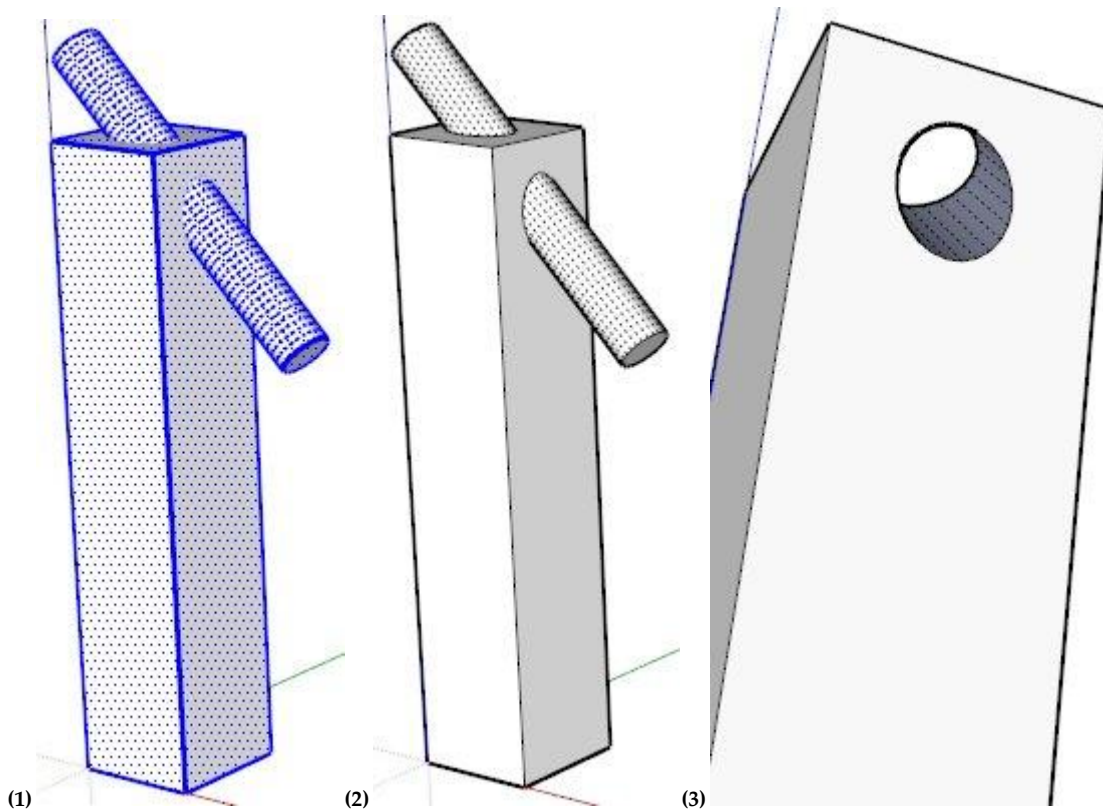
- **protnout** – vytváří průniky a řezy dvou či více těles (např. šikmé díry).
- **obrátit plochy** – obrátí plochu inverzně tak, že zamění vnitřní plochu za vnější a naopak. Vnější plocha má standardně bílou barvu, vnitřní plocha šedou barvu.

Postup – protnutí (vytvoření průniku), obrácení ploch a zjištění jejich velikosti:

- 1) Nakresleme kvádr o hranách 100 x 100 x 500 mm.
- 2) Nakresleme válec o poloměru $r = 20$ mm a výšce 300 mm.



- 3) Otočme a posuňme válec tak, aby protnul hranol na dvou plochách (viz Obr. níže). Vyberme vše (1). Vyvolejme kontextovou nabídku nad vybranými objekty a zvolme možnost **Protnout – Protnout s modelem** (2). Gumou smažme přesahy válce přes kvádr a nástrojem výběr a klávesou *Delete* postupně umažme oba kruhy vzniklé průnikem válce na stranách kvádru (3).

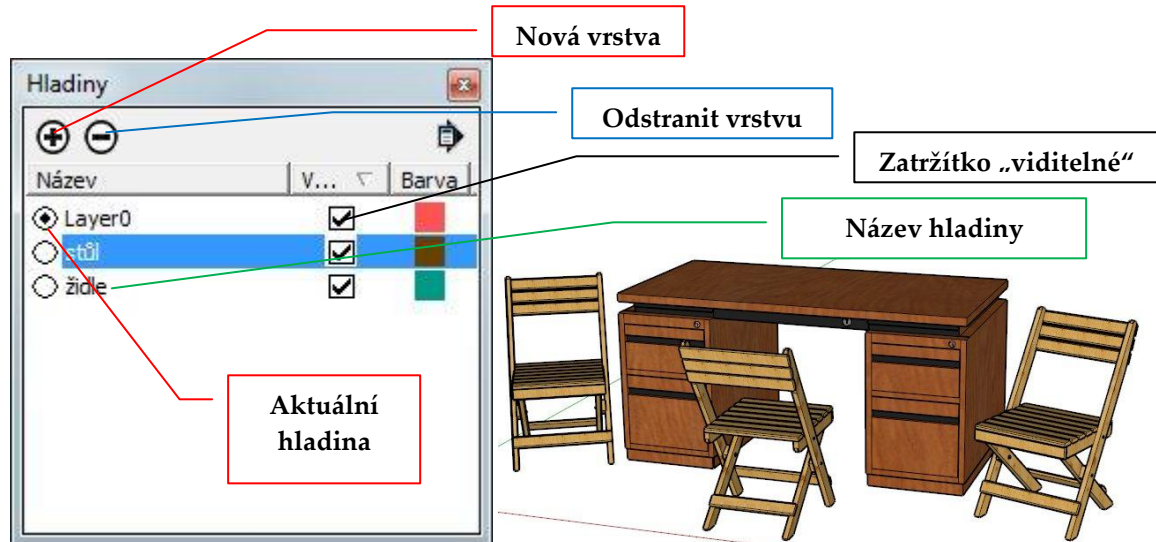


- 4) Nástrojem výběr vyberme několik vnitřních ploch vzniklé díry (s přidržením *Ctrl*) a z kontextové nabídky zvolme **Obrátit plochy**. To provedeme postupně se všemi vnitřními plochami díry.
- 5) Pomocí kontextové nabídky nad spodní čtvercovou plochou zjistíme velikost plochy v okně **Informace o entitě** (měla by být 10 000 mm²).

12.2.8 Hladiny

Hladiny (či v některých programech vrstvy) umožňují přepínat zobrazení jen některých částí objektu nebo modelovacího prostoru. Hladiny se vytváří v okně Hladiny, které lze otevřít pomocí hlavní nabídky – **Okno – Hladiny**. Standardně je předvolena jedna hladina s názvem Layer0. Pro potřeby 3D tisku jsou hladiny ignorovány, nicméně mohou pomoci např. při prezentaci návrhu zákazníkovi. Objekty v hladinách lze snadno schovat odstraněním zatržítka „viditelné“ v okně hladin. Opětovným zatržením se opět objeví. Nové hladiny se vytváří v okně hladin kulatým tlačítkem „+“ (přidat vrstvu) a mažou tlačítkem „-“ (odstranit vrstvu), (viz Obr. 48). Změnit hladinu vybraného objektu je možno provést v okně

informace o entitě. Nebo se lze klikem na kroužek před názvem hladiny do ní přepnout, a pak budou všechny nové objekty ležet ve zvolené hladině.



Obr. 48: Hladiny

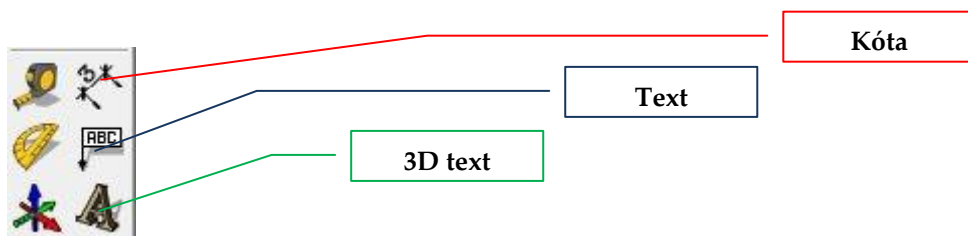
Příklad – hladiny:

Vytvoř dvě nové hladiny s názvy „stůl“ a „židle“ a pomocí galerie 3D objektů do nich vlož příslušné stažené modely (do hladiny stůl stůl, do židle židli), (viz Obr. 48).



12.2.9 Textové nástroje

Kromě modelování umožňuje SketchUp i základní možnosti kótování, vložení textu a 3D textu. I když je kótování ve 3D prostoru poněkud složitější a nepřehlednější, často je jedinou možností přesného zadání rozměrů.



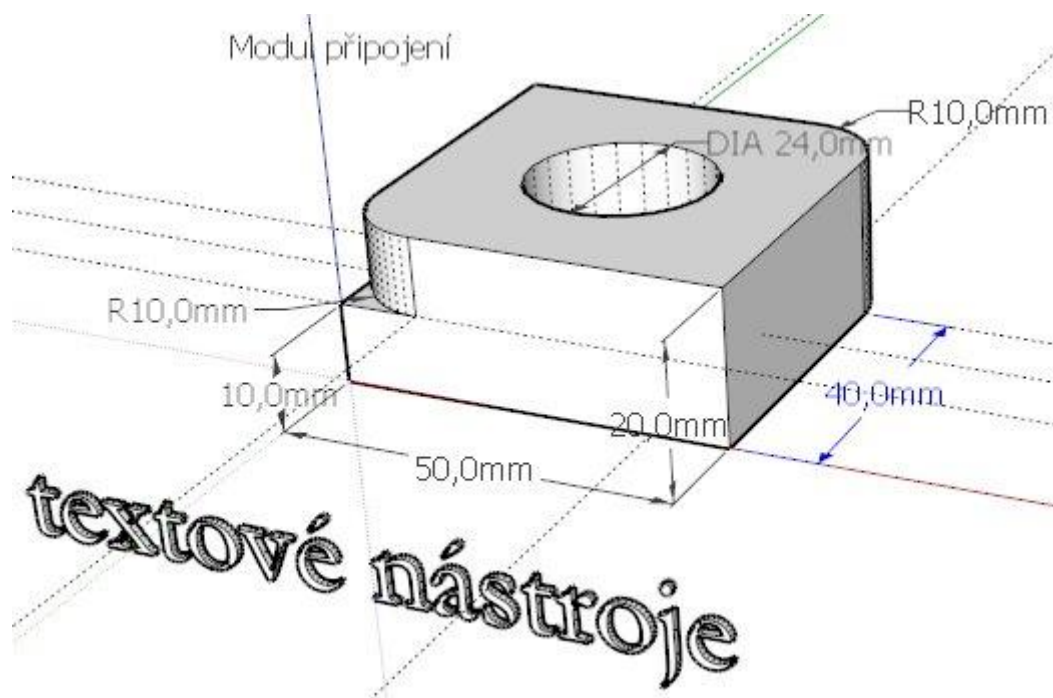
Obr. 49: Textové nástroje

- **kótování** – okótuje vybranou vzdálenost buď bod od bodu, nebo při kliku mimo koncový a středový bod úsečky přímo délku úsečky. Při kliku na kruh okótuje průměr kruhu, na oblouku pak poloměr oblouku. U oblouků je vhodné kótovat i délku těivy (úsečka od počátečního bodu po koncový bod oblouku) a jeho výduř.

- **text** – vytvoří popisné okno s šipkou s předvyplněnou hodnotou, kterou lze libovolně přepsat (zadání se potvrdí opětovným klikem myši kamkoliv mimo popisné okno):
 - při výběru čáry vyplní její délku,
 - při výběru plochy vyplní její obsah,
 - při výběru bodu (např. oblouku) vyplní tři hodnoty jeho (X, Y, Z) souřadnice v prostoru,
 - při ukázání do prázdného místa nevytvoří šipku, pouze textové pole.
- **3D text** – vytvoří komponentu s napsaným textem a vytlačí text dle zadaných parametrů do prostoru. Ovlivnit lze i použitý font.

Příklad – kótování a texty:

Vytvoř, okótuj a popiš zadání dle následujícího obrázku. Font písma pro 3D text je Garamond.



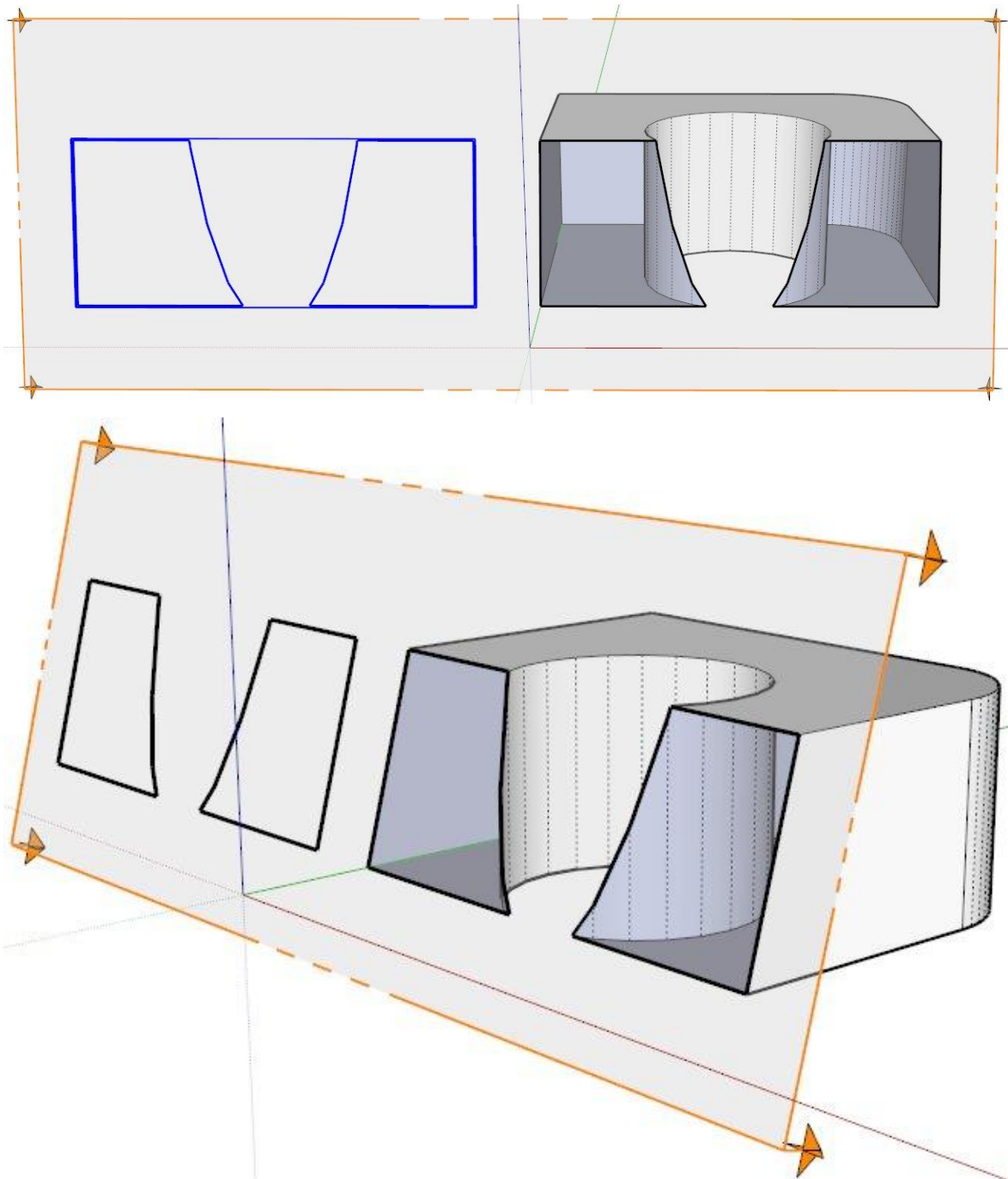
12.2.10 Rovina řezu

Specifickým nástrojem je **rovina řezu**. Nemá zastoupení jako nástroj velké sady, ale lze ji nalézt a vytvořit pomocí volby hlavní nabídky **Nástroje – Rovina řezu** a umístěním do modelovacího prostoru levým tlačítkem myši. Pomocí nástroje pro přesun lze pak rovinou pohybovat, přičemž postupně rozřezává model. Stejně tak ji lze naklopit pomocí nástroje otočit. Rovina řezu je efektivní zejm.

ve stavebnictví, kdy pomocí ní lze např. postupně odkrývat jednotlivá patra včetně skladby stropů a střechy, stěn apod. Rovinu lze vybrat jedním klikem myši (zmodrá) a z výseče roviny s modelem lze pomocí kontextové nabídky na rovině vytvořit skupinu z výseče.

Příklad – rovina řezu:

Z předchozího příkladu odstraň vodítka, kóty, popisné pole i 3D text a vytvoř rovinu řezu dle obrázků níže. Použij možnost vytvořit skupinu z výseče.



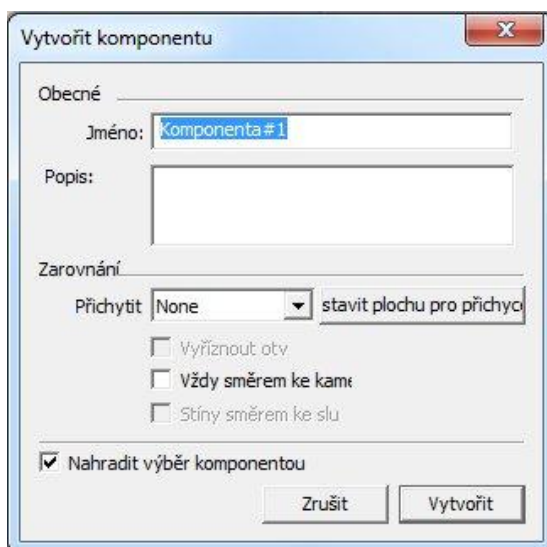
12.2.11 Skupiny a komponenty

Kromě možnosti využít rovinu řezu lze vytvořit libovolnou skupinu **vyvoláním kontextové nabídky** na výběru a volbou **Vytvořit skupinu**. Skupinu je vhodné použít tam, kde potřebujeme oddělit dva na sebe navazující objekty od sebe tak, aby se chovaly nezávisle. Skupina se pak upravuje dvojklikem na skupině, čímž se otevře prostor skupiny pro její editaci.

Je-li potřeba skupinu opět uvolnit na jednotlivé entity, provádí se to opět vyvoláním kontextové nabídky a volbou **Rozložit**.

Komponenty jsou také skupiny (vytváří se podobným způsobem přes kontextovou nabídku a volbu Vytvořit komponentu – horká klávesa G), které je vhodné použít zejm. v případě, kdy je v modelu **více stejných opakujících se objektů**. Usnadní to práci s případnou změnou vlastností všech těchto komponent najednou. Ty je v případě komponent (na rozdíl od skupin) možno provést **pouze na jedné z nich**. Úprava se po ukončení editace komponenty projeví i na všech ostatních stejných komponentách v modelu. V případě, že je potřeba změnit jen jednu instanci (kopii) komponenty a ostatní ponechat v původním stavu, lze pomocí kontextové nabídky vyvolané na komponentě volbou **Vytvořit jedinečnou** osamostatnit tuto komponentu. Příklad použití komponent může být např. v modelu učebny, která je vybavena deseti stejnými židlemi a deseti stejnými lavicemi. Pak je vhodné použít židli jako jednu komponentu a lavici jako druhou komponentu a umístit jejich kopie do modelu učebny. Dojde-li k nutnosti změny vlastností židlí (např. dojde jiná než objednaná barva čalounění), není problém upravit jednu židli, čímž se změna projeví i na všech ostatních.

Při vytváření komponenty se objeví dialog pro určení jejích vlastností.



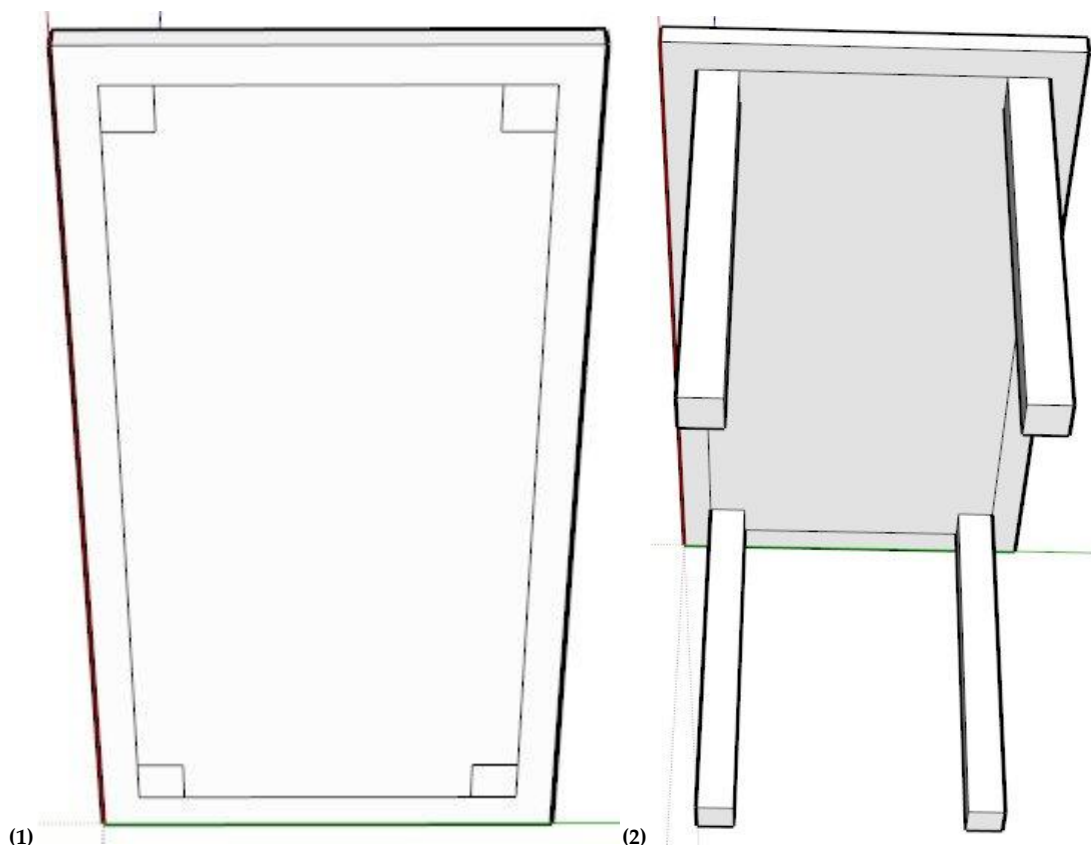
Obr. 50: Dialog vytvoření komponenty

Komponentu je užitečné nejdříve pojmenovat tak, aby její název co nejlépe charakterizoval její obsah. Popis je méně důležitý a není nutné jej vyplňovat. V sekci pro zarovnání lze blíže určit, jak se bude komponenta chovat. Podstatnou volbou je zatržítka „Vždy směrem ke kameře“, které **zafixuje komponentu** podle nastavení plochy pro přichycení. Pro nastavení plochy pro přichycení se zde nachází tlačítko, jehož český ekvivalent pojmenování se na něj nevhodí, proto je popsáno „stavit plochu pro přichyc“, čímž je myšleno „Nastavit plochu pro přichycení“. Při použití tohoto tlačítka je třeba nastavit postupně dvě osy plochy, která se zafixuje pro pohled kamery.

Úprava komponenty se provádí stejně jako u skupiny dvojklikem na komponentu. Pro ukončení editace komponenty stačí kliknout levým tlačítkem myši kamkoliv jinam do modelovacího prostoru.

Příklad – komponenta:

Navrhni model dle obrázku (1) níže a vytvoř z něj komponentu s názvem Stůl. Umísti libovolně do prostoru 3 kopie této komponenty. V jakékoliv komponentě proved' změnu dle obrázku (2). Rozlož komponentu a při znovu vytváření komponenty nastav vrchní plochu desky stolu pro přichycení a zafixuj ji vždy směrem ke kameře. Vyzkoušej otáčet modelem pomocí stisknutí kolečka a posunování myší.

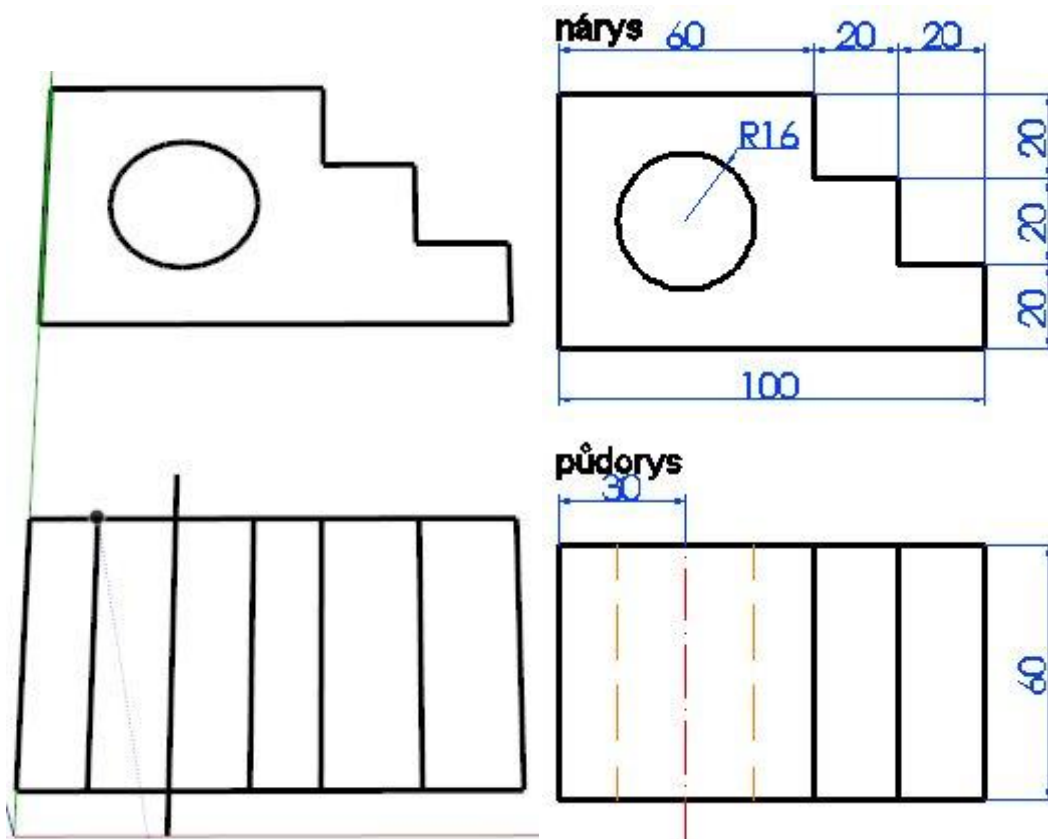


12.2.12 Použití předlohy

Převážně u komplikovaných tvarů je často vhodné vložit do prostoru 2D předlohu vytvořenou např. v AutoCADu nebo naskenovaný či nafocený, rukou obkreslený obraz (ve formě rastrové grafiky). Tuto předlohu je většinou potřeba správně upravit, aby odpovídala skutečným rozměrům. Někdy je také nutné upravit polohu předlohy pro efektivnější kreslení.

Postup – vložení a upravení předlohy z DXF souboru:

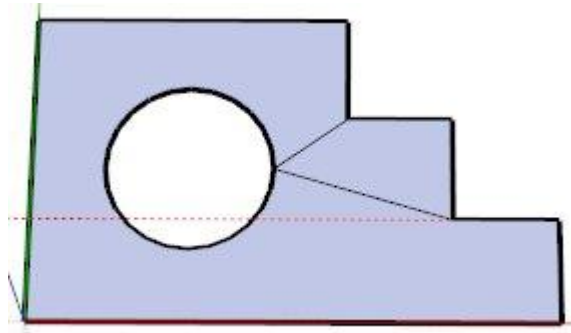
- 1) Připravený soubor (uložený v AutoCADu do starší verze formátu DXF) vložíme do SketchUpu pomocí hlavní nabídky a volby **Soubor – Import**. V dialogu „Otevřít“ dole vybereme Soubory typu „AutoCAD Soubory (*.dwg, *.dxf)“ a otevřeme požadovaný soubor (vlevo předloha importovaná do SketchUpu, vpravo původní AutoCAD soubor i s kótami a popisem).



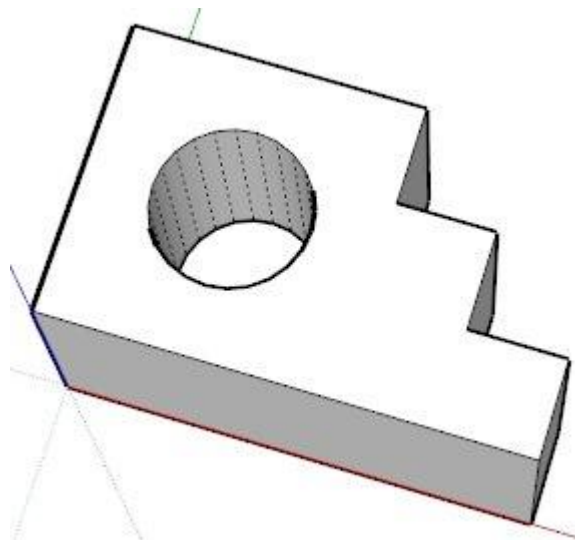
- 2) SketchUp automaticky ignoruje všechna popisná pole včetně kót a všechny v předloze použité čáry (např. neviditelné hrany a osy) vloží jako standardní čáry.
- 3) Nástrojem metr změříme alespoň dva rozměry vložené předlohy, zda odpovídá rozměrům součástky v původním DXF souboru (u souborů DXF většinou není problém a rozměry odpovídají původnímu návrhu).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 4) Vybereme si pouze jeden (složitější) průmět, který budeme chtít vytáhnout do třetího rozměru (tím bude v tomto případě nárys) a zbytek umažeme.
- 5) Ponechaný průmět posuneme rohem do počátku os.
- 6) Nyní potřebujeme do obrysu předlohy přidat čáry tak, aby vznikla plocha (např. viz obrázek níže).



- 7) Po vytvoření plochy můžeme většinou tyto čáry smazat, aby nepřekážely při vytahování.
- 8) Plochu vytáhneme do třetího rozměru dle výšky v půdorysném průmětu (60 mm).



- 9) Otáčením modelu ze všech stran se přesvědčíme, že se vytvořily všechny námi požadované plochy. Občas se totiž při vytahování nezačne nová plocha, ale přesouvá se plocha základní (tím vznikne zesponu neuzavřený model).
- 10) Tímto postupem jsme převedli předlohu ze 2D průmětů do 3D modelu.

Postup – vložení a upravení předlohy z rastrové grafiky:



- 1) Velice podobný postup zvolíme i v případě předlohy ve formě rastrové grafiky. Importujeme předlohu stejně jako v předchozím případě s tím rozdílem, že při importu vybereme Soubory typu „Všechny podporované typy obrázků“.
- 2) Pokud neznáme skutečný rozměr předmětu z předlohy, změříme ho posuvným měřidlem.
- 3) Do předlohy nakreslíme čáru o naměřené délce a nástrojem měřítko přizpůsobíme rozměr předlohy k délce této čáry.
- 4) Pomocí kreslicích nástrojů obkreslíme tvar, který následně vytáhneme dle potřeby.

Všechny předlohy se vkládají ve formě skupin, proto je doporučeno čáru (popř. více čar) po přizpůsobení skupiny smazat a skupinu rozbít. Dále se pak pracuje se samotnými čarami (popř. segmenty oblouků), nikoliv se skupinou jako celkem.

Výše zmíněný postup je vhodný zejm. tam, kde je součástka (předmět) různě zakřivená a odměřováním posuvkou tak nelze jednoduše vystihnout všechny její vlastnosti. Pak je na řadě „hrubá síla“ – většinou stačí pečlivě obkreslit tvar součástky tužkou na papír a toto vyfotit či naskenovat (převést do formy rastrové grafiky – obrázku jpg, gif, png, bmp, a dalších, kterou dokáže SketchUp naimportovat).

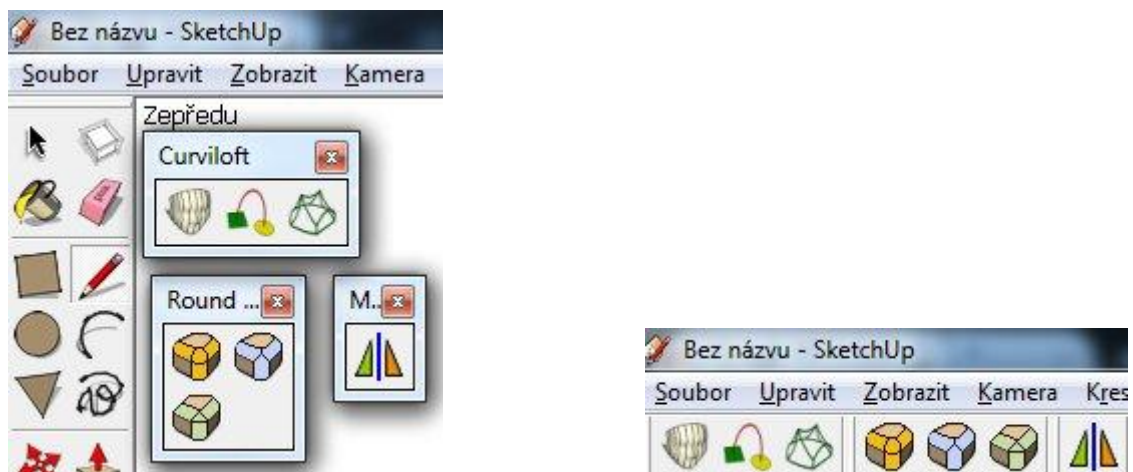
12.3 Zásuvné moduly – pluginy

I když lze se standardními nástroji SketchUpu vymodelovat prakticky cokoliv, v některých případech jsou jeho možnosti slabé. Proto, převážně na základě iniciativy uživatelů, vznikly tzv. pluginy – česky zásuvné moduly. Tyto pluginy zásadním způsobem rozšiřují možnosti SketchUpu. Přestože nejsou součástí programu, lze je instalovat zvlášť. Po úspěšné instalaci se pluginy stávají funkční součástí programu, v podstatě dalšími, rozšiřujícími nástroji.

Obecně jsou pluginy k dispozici na webových stránkách, které se zabývají touto problematikou. V novějších verzích SketchUpu je asi nejlepším řešením nainstalovat tzv. „SketchUcation Tools“, pomocí kterého lze spravovat a automaticky instalovat nové pluginy. Toho, bohužel, v této verzi (7.0) nelze využít. Pro zrychlení a jednodušší přístup k nám (v rámci 3D tisku) používaným pluginům jsou opět všechny níže uvedené pluginy ke stažení a zkopírování na adrese viz kapitola 12.2.1.

Pro další pokračování stáhněte a nainstalujte pluginy.

Pro instalaci většinou stačí zkopírovat stažené a rozbalené soubory do příslušných adresářů nainstalovaného SketchUpu. Některé pluginy nemají svou sadu nástrojů (lištu, která se po instalaci objeví v GUI jako další panel) a jsou dostupné pomocí voleb hlavní nabídky Kreslení, Nástroje, Okno a Plugins. Ostatní pluginy jsou uživatelsky přívětivější a obsahují i tyto lišty. Pokud se patřičná lišta nástrojů nezobrazí po instalaci, je možno ji zapnout pomocí volby hlavní nabídky **Zobrazit – Panely nástrojů**. Zobrazené lišty lze tzv. zadokovat, což znamená přichytit je k nějakému okraji okna (viz Obr. 51). Chycením levým tlačítkem myši za „vystouplou čáru“ vlevo lišty a tažením myši lze s lištou pohybovat, měnit jejich pořadí v panelu, nebo je umístit do volného modelovacího prostoru bez zadokování.

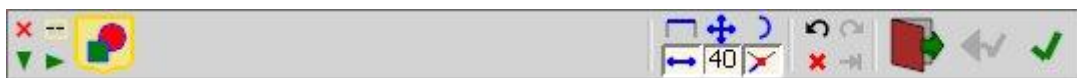


Obr. 51: Lišty pluginů – vlevo nezadokované, vpravo zadokované v horním panelu

12.3.1 Plugin Curviloft

Většina pluginů bohužel není lokalizovaná do češtiny, což může činit jejich použití poněkud složitější, nicméně jejich přínos je tak podstatný, že tento fakt zastírá. Prvním z důležitých pluginů je plugin nazvaný **Curviloft**. Tento plugin slouží pro generování složitějších ploch z jejich různých částí. Je rozdělen na tři nástroje, které spustí každý svůj panel nastavení u horního okraje modelovacího prostoru:

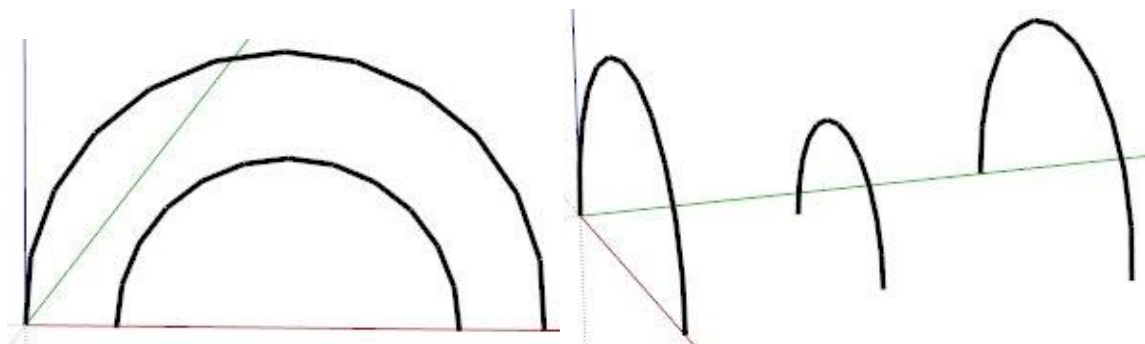
- **Create Loft junction between surfaces based on Spline curves** – první nástroj, který vytvoří plochy na základě spline křivek (plynule zakřivené spojitě křivky).



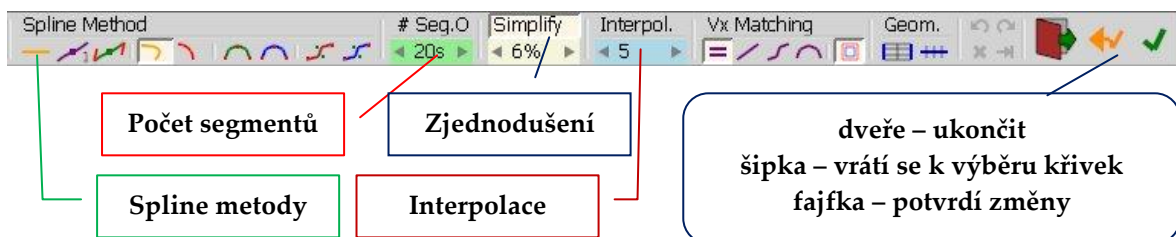
Obr. 52: Panel nastavení Curviloft pluginu – spline křivky

Postup – použití pluginu Curviloft – spline křivky:

- 1) Nakresleme tři oblouky podle obrázku níže vlevo.
- 2) Posuňme vnitřní oblouk do třetí osy (zelené) a zkopírujme a přesuňme větší oblouk – obrázek vpravo.

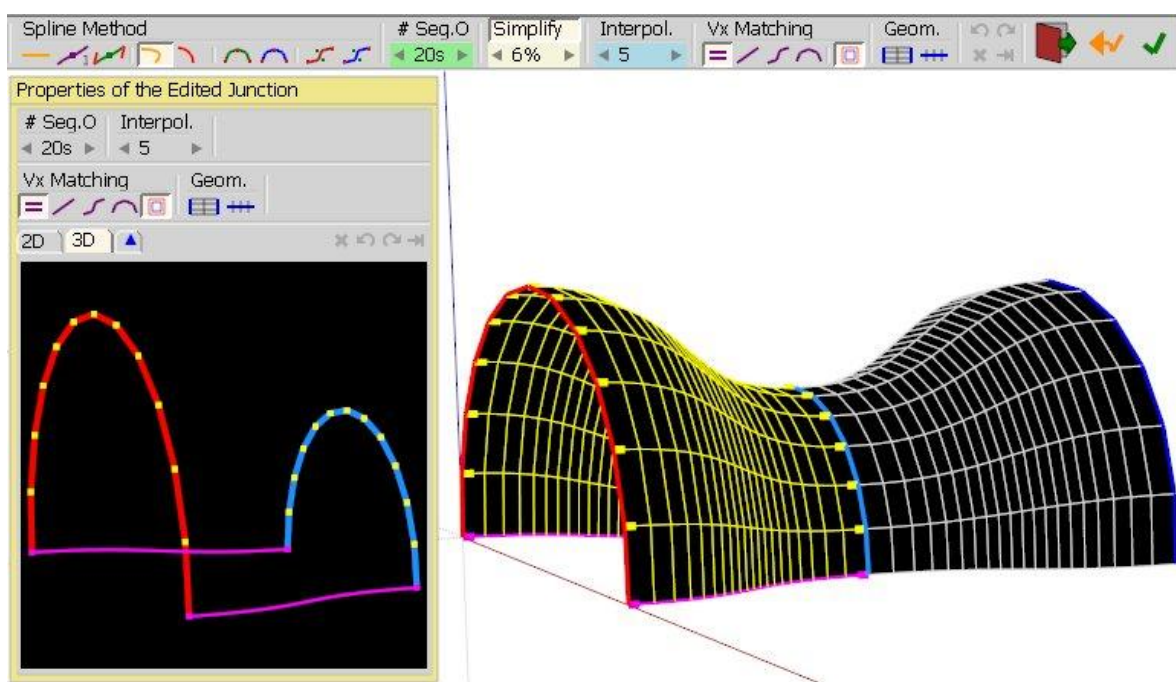


- 3) Vyberme všechny tři oblouky a použijme první nástroj pro vytvoření ploch ze spline křivek. Nahoře se objeví delší panel pro ovlivnění nastavení vzniklých ploch (viz Obr. 53) a při výběru plochy se objeví ještě okno s náhledem. I v tomto okně lze nastavit některé vlastnosti, které jsou dublicitně i v panelu nastavení.

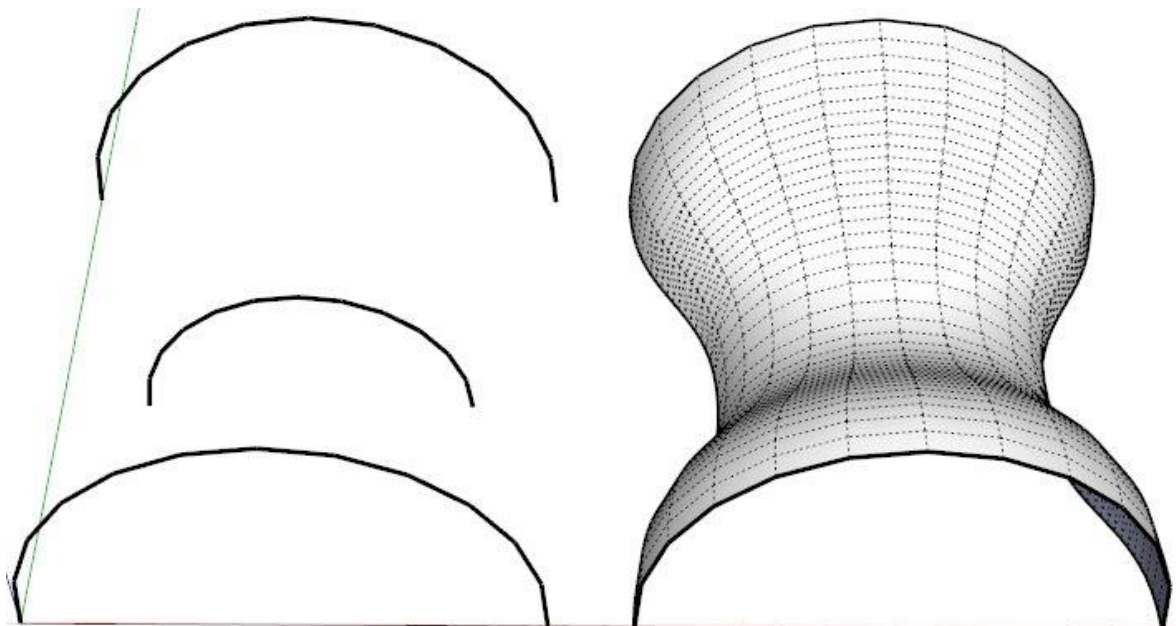


Obr. 53: Panel nastavení Curviloft pluginu – spline křivky s již vytvořenými plochami

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

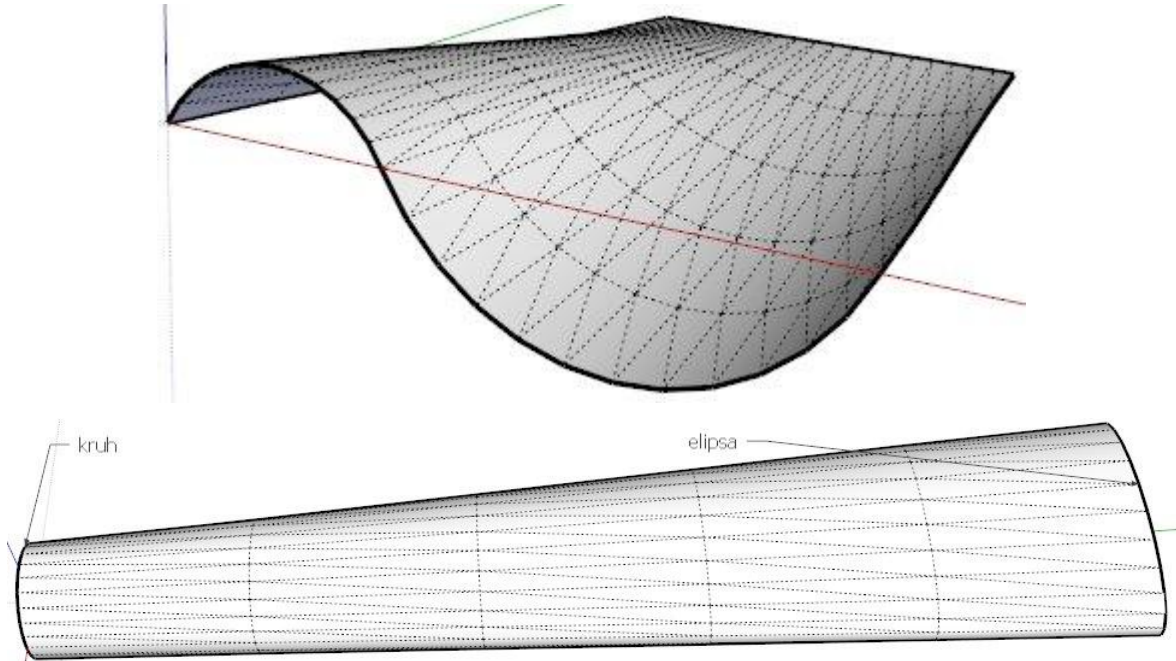


- 4) V panelu nastavení změním a vyzkouším postupně různé typy Spline Method a nastavím počet segmentů na 20s.
- 5) Potvrdím zelenou fajfkou na konci panelu nastavení nebo volně v prázdném místě modelovacího prostoru.
- 6) Přesuneme vzniklou skupinu mimo základní řídicí křivky, ze kterých byla vytvořena.



Příklad – použití pluginu Curviloft – spline křivky:

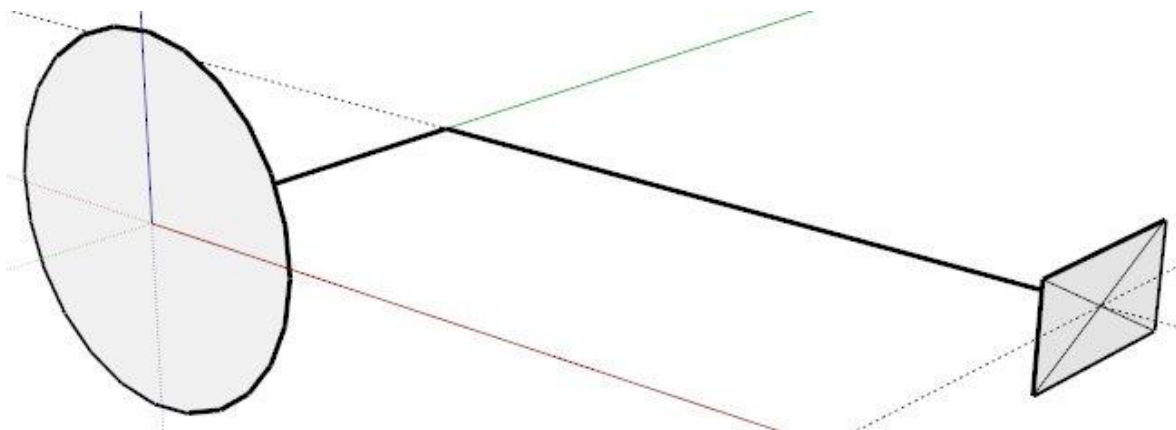
Vymodeluj následující objekty dle zadání na obrázcích:



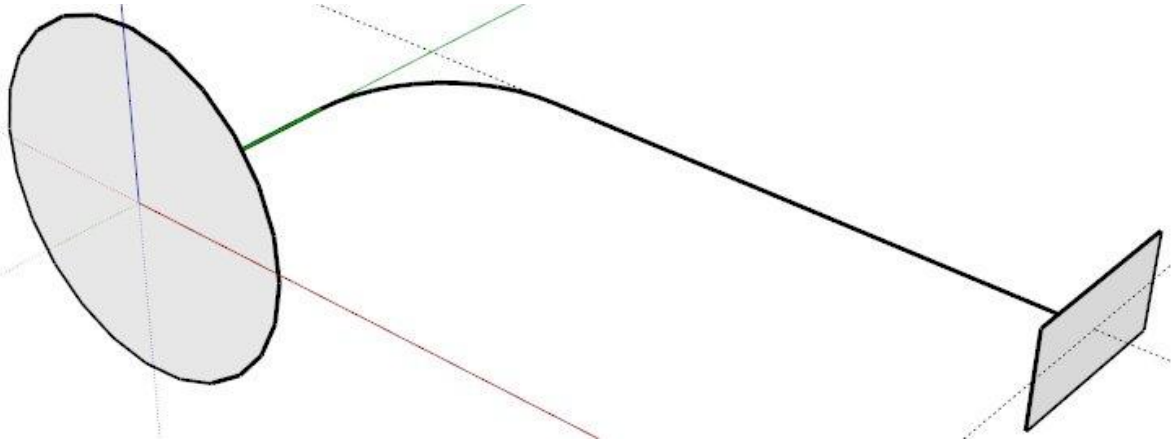
- **Create Loft junction following a given path** – vytváří plochy ze startovní a cílové plochy, které spojí po dané cestě přechodem.

Postup – použití pluginu Curviloft – následování cesty:

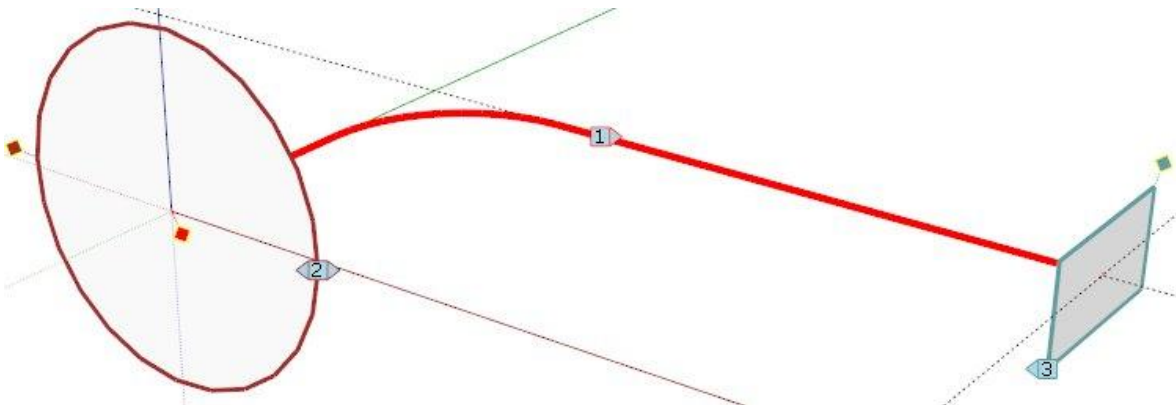
- 1) Vytvořme část kliky dveří pomocí tohoto pluginu a vodítek.
- 2) Nejdříve nakresleme kruh a k němu kolmý obdélník tak, aby se nedotýkaly (obdélník můžeme otočit nástrojem).
- 3) Obdélník posuňme dál a nakresleme dvě čáry ze středů obrazců tak, aby se dotýkaly koncovými body a svíraly pravý úhel.



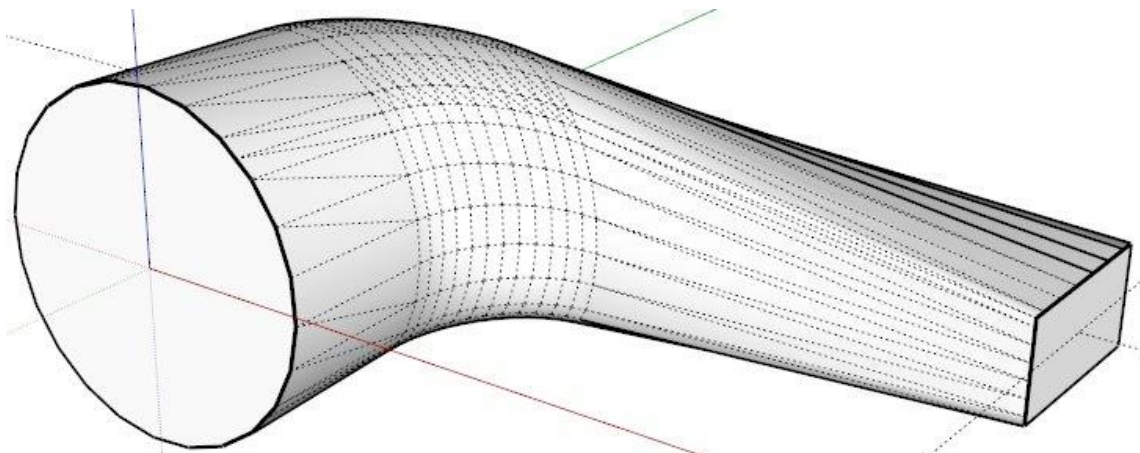
- 4) V pravém úhlu čar doplníme tangenciální oblouk, umažeme přebývající čáry u oblouku a úhlopříčky obdélníku



- 5) Použijeme nástroj pluginu pro vytvoření ploch následováním cesty a klnutím postupně na křivku a do obou ploch určíme pořadí tak, aby cesta byla první. Pak klikneme libovolně do prázdného prostoru pro potvrzení výběru. Pohybovat s pořadím lze šipkami u čísel, které se objeví nad vybranými objekty.

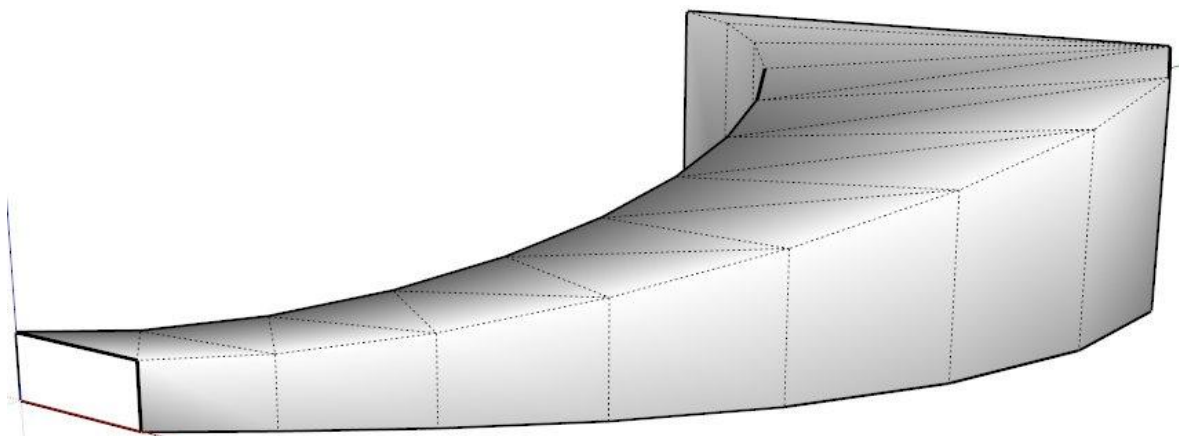
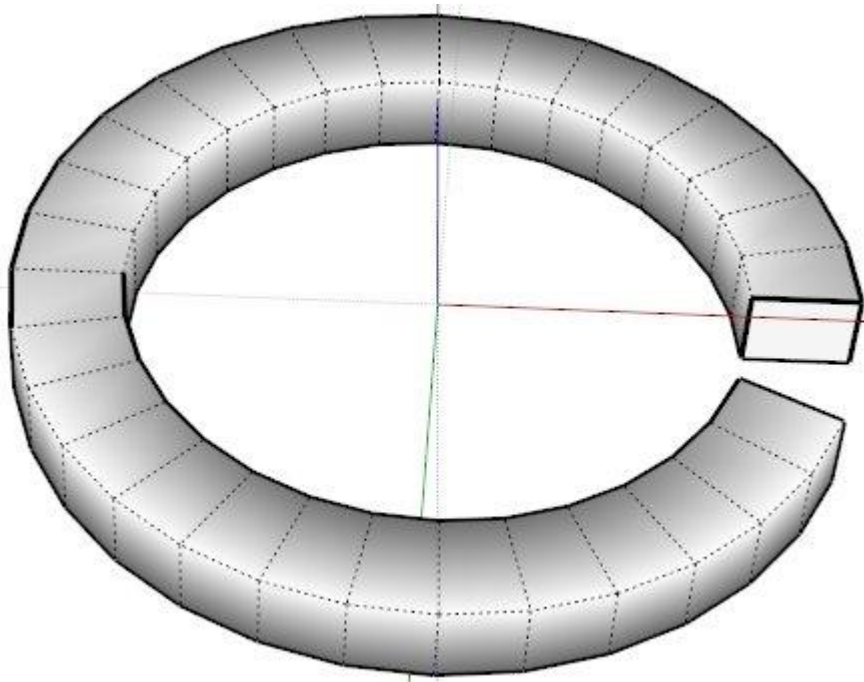
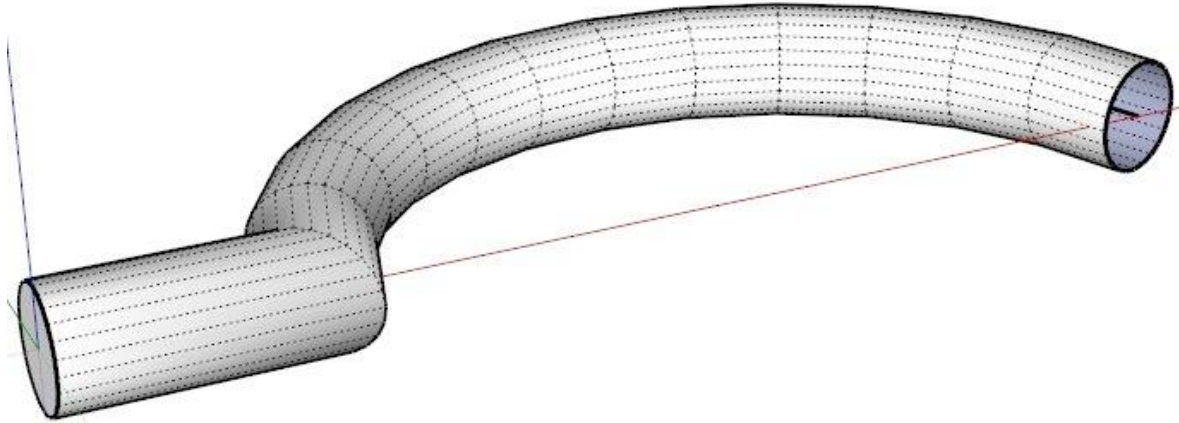


- 6) Vyzkoušejme si různá nastavení na panelu.
7) Potvrdíme dvakrát fajfkou a dostaneme námi požadovaný model.



Příklad – použití pluginu Curviloft – následování cesty:

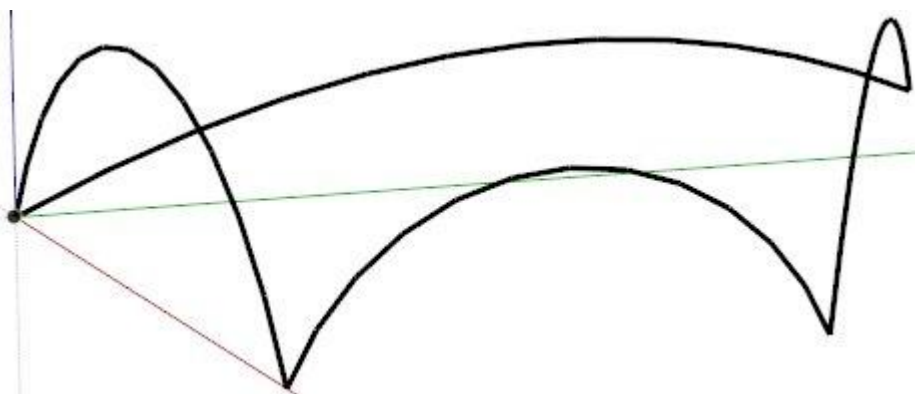
Vymodeluj následující objekty dle zadání na obrázcích:



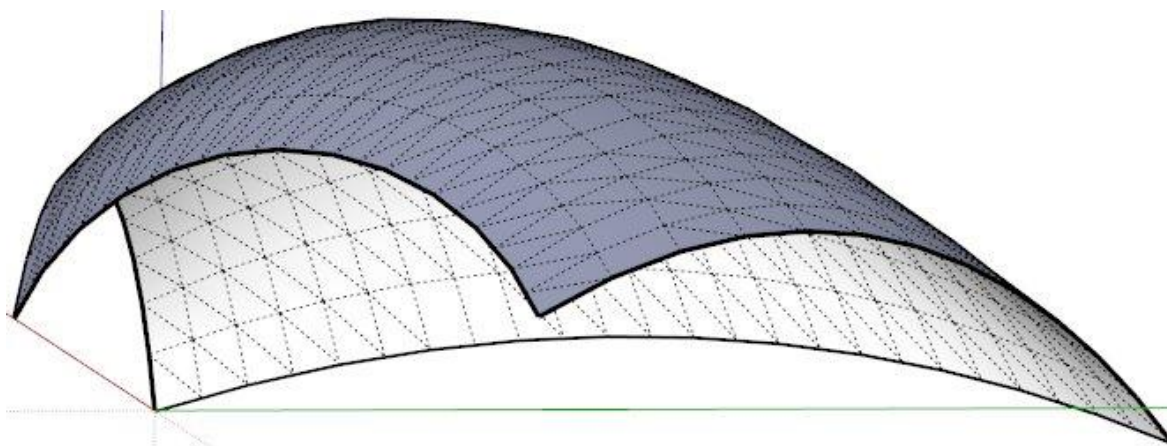
- **Skinning of shapes** – poslední z nástrojů tohoto pluginu lze použít pro vytvoření ploch (povrchu) zborcených ploch, zadaných několika křivkami.

Postup – použití pluginu Curviloft – plochy z více cest:

- 1) Nakresleme libovolné spojené 4 oblouky (např. viz následující obrázek).



- 2) Vyberme všechny oblouky a zvolme nástroj pro generování ploch z více cest. Vyzkoušejme si jednotlivé volby panelu.



12.3.2 Plugin RoundCorner

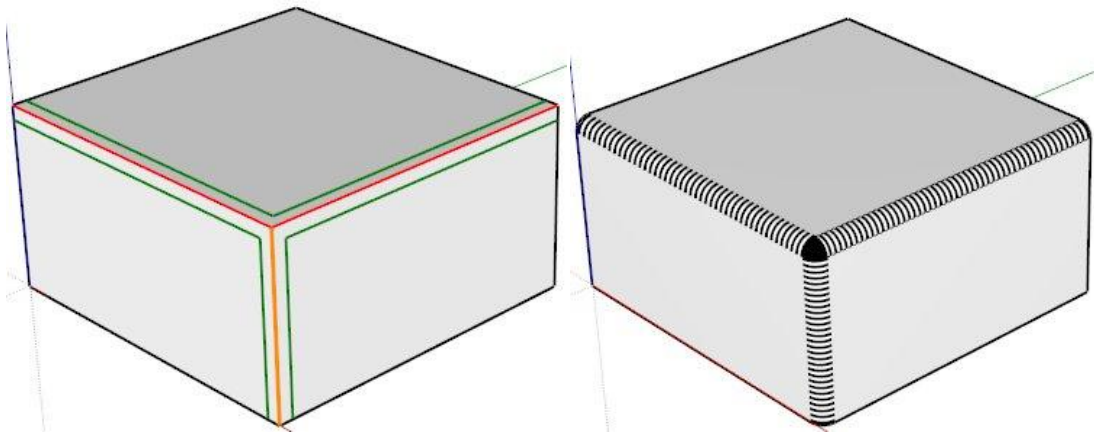
Tento plugin slouží pro **zaoblení** a **zkosení** ostrých hran spojujících plochy. Pracuje pouze s 3D modelem (nelze použít na 2D plochy a čáry, pokud nejsou vytaženy do 3. osy). Obecně při použití nástrojů tohoto pluginu mohou vzniknout přebytečné čáry, které je nutno umazat.

- **Round corners in 3D** – první nástroj pluginu, který zaobluje hrany. Důležitými vlastnostmi na panelu nastavení jsou *Offset* – poloměr zaoblení a hned vedle pod označením „#“ a číslem 32s – počet segmentů oblouku zaoblení.
- **Sharp corners in 3D** – druhý nástroj, který zaoblí hrany, avšak spojí rohy jiným způsobem než první nástroj.

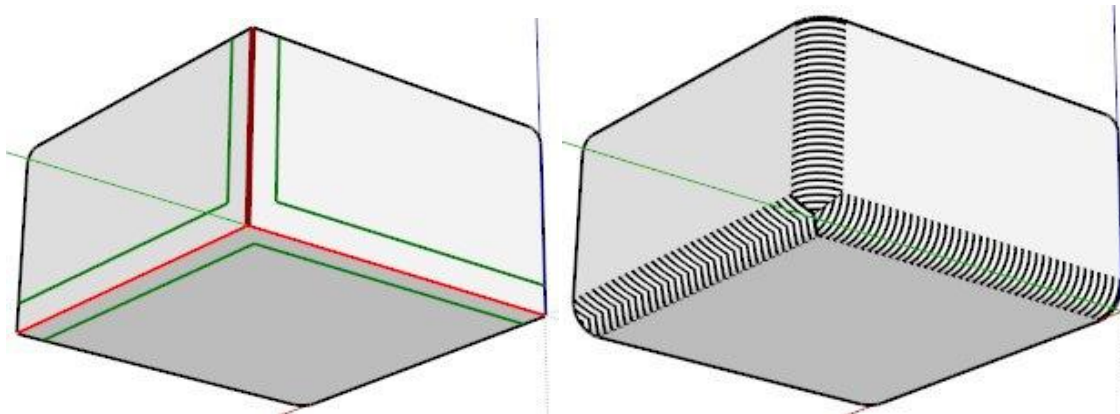
- **Bevel edges and corners** – třetí nástroj provede zkosení hran.

Postup – použití pluginu RoundCorner:

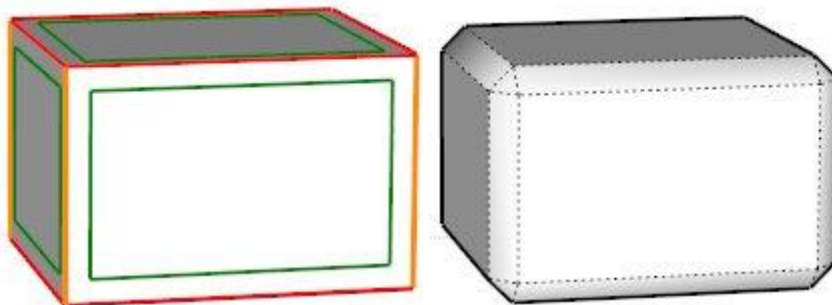
- 1) Nakresleme obdélník a vytáhněme jej do třetí osy do podoby kvádru.
- 2) Vyberme nástroj Round corners in 3D a zaobleme 3 rohové hrany s nastaveným offsetem tak, aby vypadal jako na obrázku vlevo (vpravo pak výsledek).



- 3) Otočme pohled na kvádr a použijme na další 3 rohové hrany nástroj Sharp corners in 3D. Opět nastavme offset tak, aby odpovídal obrázku.



- 4) Vedle našeho pokusu vymodelujme další kvádr a použijme na všechny jeho hrany třetí nástroj Bevel edges and corners.

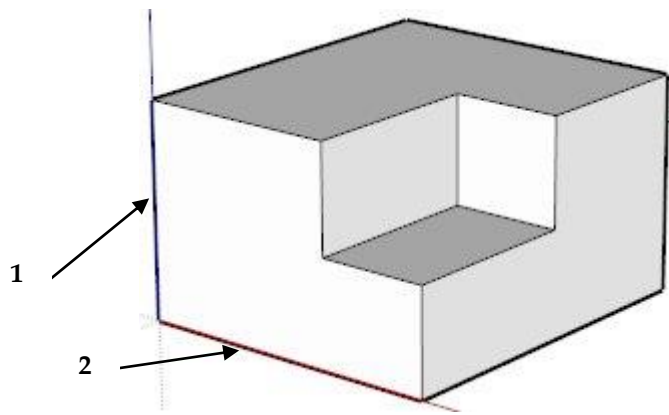


12.3.3 Plugin Mirror

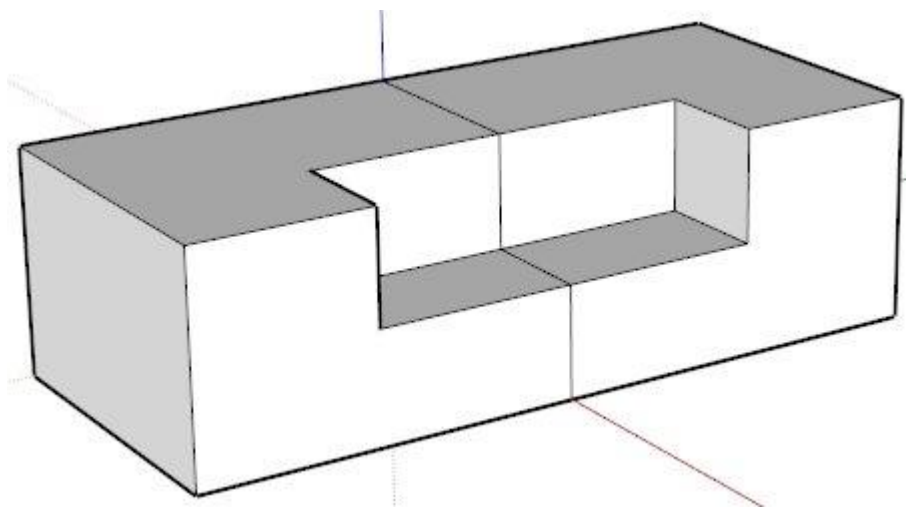
Tímto pluginem lze zrcadlit plochu či model. Zrcadlení je vlastně zkopírování a otočení podle námi zvolené roviny zrcadlení. Zrcadlit lze i bez použití tohoto pluginu pomocí nástroje měřítka a parametru -1, ovšem použití pluginu je daleko rychlejší a komfortnější.

Postup – použití pluginu Mirror:

- 1) Standardním postupem vymodelujeme kvádr, kterému vyřízneme část rohu podle obrázku.



- 2) Nejdříve vybereme celý model.
- 3) Pak zvolíme nástroj Mirror Selection a nakreslíme dvě čáry, které vymezí rovinu zrcadlení (vybrané čáry jsou označeny 1 a 2 výše na obrázku). Vyskočí dialog, jestli chceme smazat původní model nebo ho ponechat – zvolíme Ne.



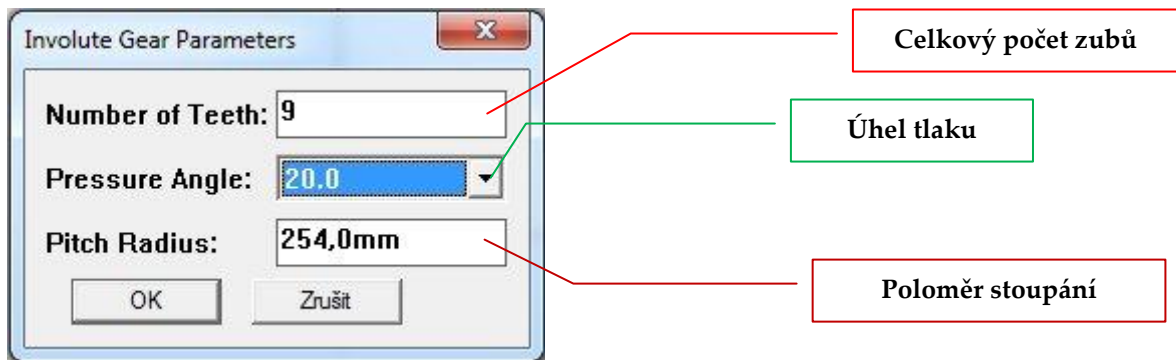
- 4) Tím jsme vytvořili druhou půlku modelu. Tento postup se může hodit u osově souměrných modelů, kde je vhodné nejdříve vymodelovat jednu polovinu (či čtvrtinu) a zbytek ozrcadlit.

12.3.4 Plugin Involute Gear a Key Involute Gear

Předposlední plugin, který je třeba zmínit, je plugin Involute Gear. Je rozdělen na dva nástroje, kterými je sám Involute Gear (pro generování obvodu ozubeného kola s uzavřenou vnitřní plochou) a Key Involute Gear (pro generování ozubeného kola s vnitřním otvorem a zámekem).

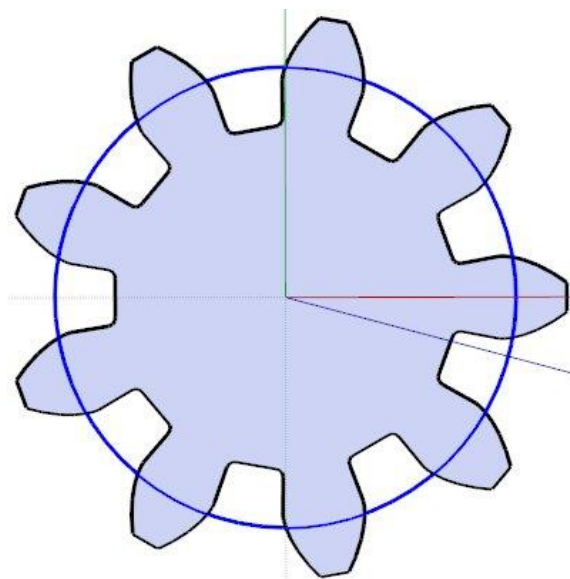
Postup – použití pluginu Involute Gear a Key Involute Gear:

- 1) Nástroje pluginu nalezneme v hlavní nabídce pod volbou Kreslení.
- 2) První zvolíme Involute Gear, který otevře následující dialog nastavení (viz Obr. 54).



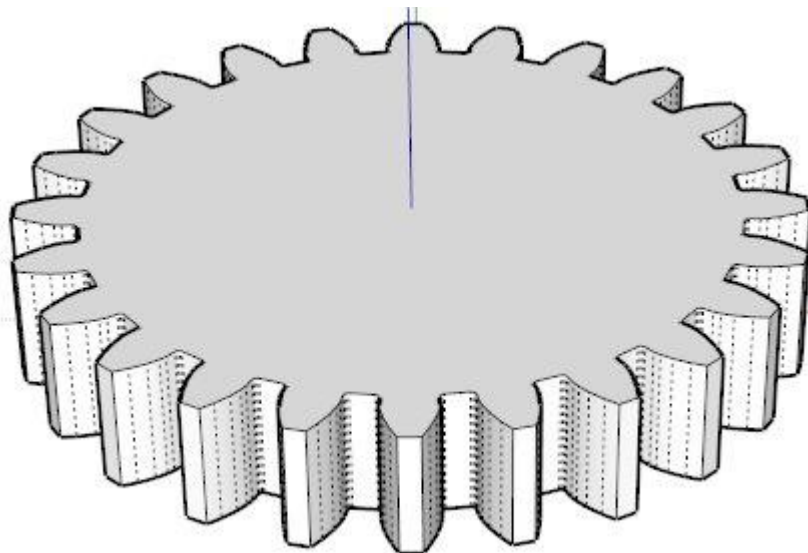
Obr. 54: Dialog nastavení parametrů ozubeného kola pluginem Involute Gear

Úhel tlaku bývá u většiny ozubených kol 20,0, nicméně pokud bychom navrhovali ozubené kolo s mnoha zuby (40 a více), je vhodné použít nižší hodnotu 14,5. **Poloměr stoupání** nepředstavuje obvodovou kružnici ozubeného kola, nýbrž poloměr od středu kruhu po největší záběr zubů (po jejich nejvíce namáhané místo), (viz Obr 55).

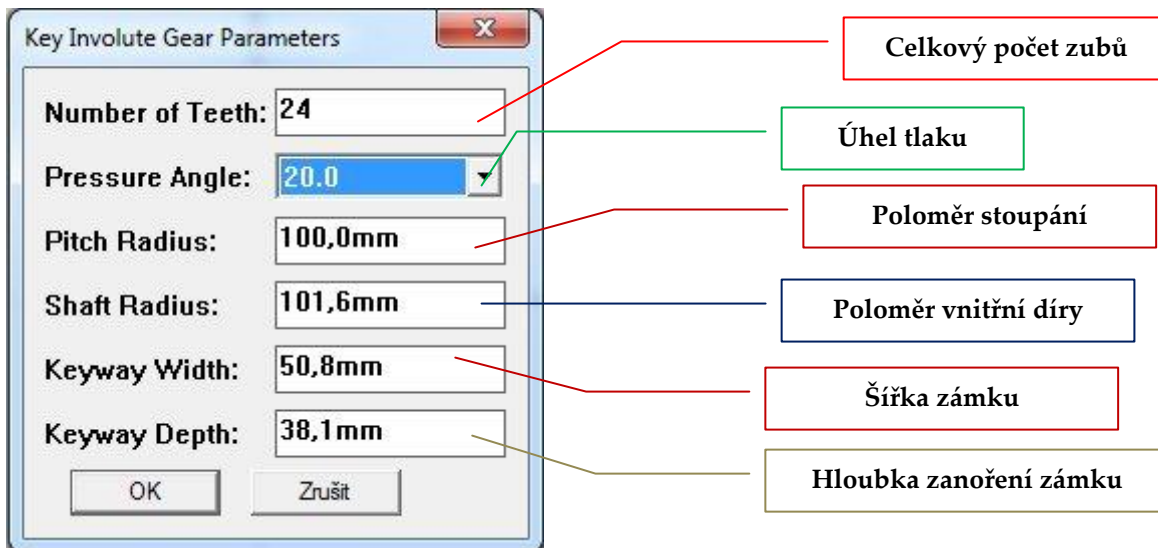


Obr. 55: Poloměr stoupání ozubeného kola naznačen modrou kružnicí

- 3) Zvolíme 24 zubů, úhel tlaku 20.0 a poloměr stoupání 100 mm.
- 4) Po potvrzení dialogu tlačítkem „OK“ se vygeneruje skupina tvaru ozubeného kola, kterou dále vytáhneme do 3. osy.

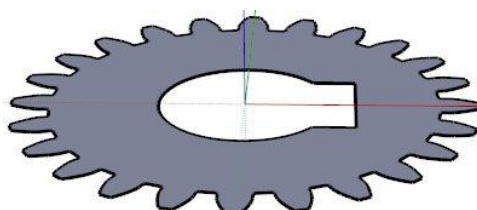


- 5) Posuňme ozubené kolo mimo počátek os a vyzkoušejme druhou možnost, kterou je Key Involute Gear (opět přes hlavní nabídku a volbu Kreslení).



Obr. 56: Dialog nastavení parametrů ozubeného kola pluginem Key Involute Gear

- 6) Nastavme počet zubů 24, úhel tlaku 20.0, poloměr stoupání 100 mm, poloměr vnitřní díry 40 mm, šířku zámku 50 mm a hloubku 20 mm.



Pomocí standardních nástrojů je možno ozubená koly různě modifikovat.

12.3.5 Plugin Export / Import STL file

Posledním pluginem je Export / Import STL file, který standardní model, vytvořený ve SKetchUpu s příponou skp, převede do formátu STL (import naopak umožní opětovné nahrání STL souboru a jeho zobrazení ve SketchUpu), který je použit dále v programech pro přípravu drah 3D tisku. Plugin **nepracuje se skupinami ani komponenty**, tedy před jeho použitím je potřeba všechny takové objekty rozložit (pomocí jejich vybrání a kontextové nabídky – volby **Rozložit**).

Postup – použití pluginu Export / Import STL file:

- 1) Vybereme celý rozložený model a z hlavní nabídky volbou **Plugins – Export STL file**.
- 2) V zobrazeném dialogu zvolíme jednotky exportu „*Millimeters*“.



- 3) Volbu potvrdíme tlačítkem „OK“ a zvolíme název souboru STL. Je důležité **nazvat soubor i s příponou stl**, např. „*Ozub1.stl*“, jinak se k souboru přípona nepřidá a později budeme mít problém soubor najít.
- 4) Po potvrzení počkáme, až se zobrazí další dialog, jenž informuje o počtu exportovaných entit (ploch a trojúhelníků ve smyslu polygonů).



- 5) Podle výsledného informačního dialogu můžeme zjistit, že byla exportována jedna plocha, 484 objektů bylo ignorováno a 483 trojúhelníků bylo exportováno do STL formátu.
- 6) Naprosto stejně můžeme volbou **Plugins – Import STL file** načíst STL soubor do prostředí SketchUpu. Některé STL soubory nelze jednoduše

importovat, poněvadž používají jiný vnitřní formát. Ideální je importovat soubor, který je v tzv. ASCII STL kódování.

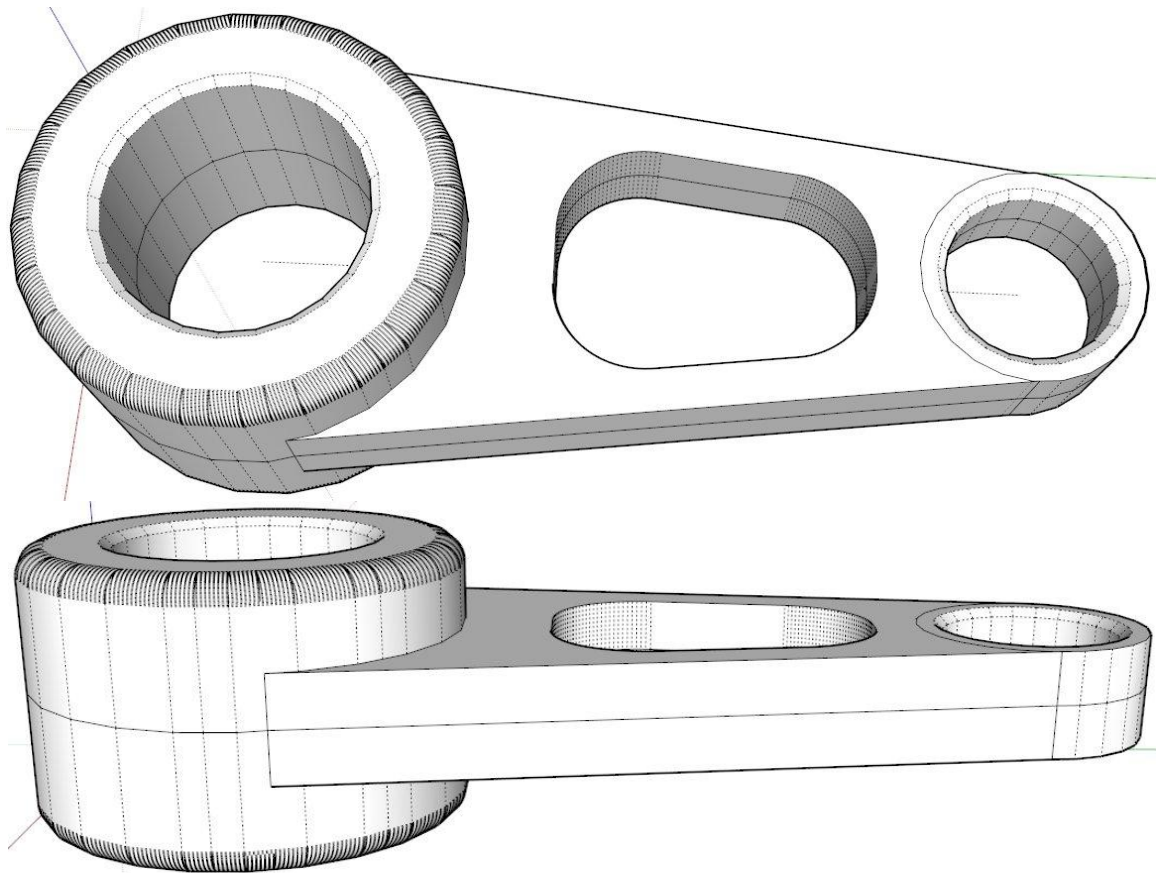
Shrnutí – návrh modelů ve 3D software:

V této kapitole jsme se naučili používat základní možnosti programu SketchUp při návrhu modelů pro následný 3D tisk. Osvojit si všechny výše zmíněné postupy je nejjednodušší neustálým zkoušením a modelováním. Teprve při opakovaném a soustavném používání postupů v nich můžeme získat mistrovství. Na místo opětovného zmínění teoretických znalostí si pojdme vymodelovat další příklady. Podotýkám, že někdy je rozumnější pár minut přemýšlet o vhodných metodách návrhu, než začít rovnou kreslit, a pak řešit hodiny složitý postup pro dokončení modelu.

Příklad – modelování komplexních modelů:

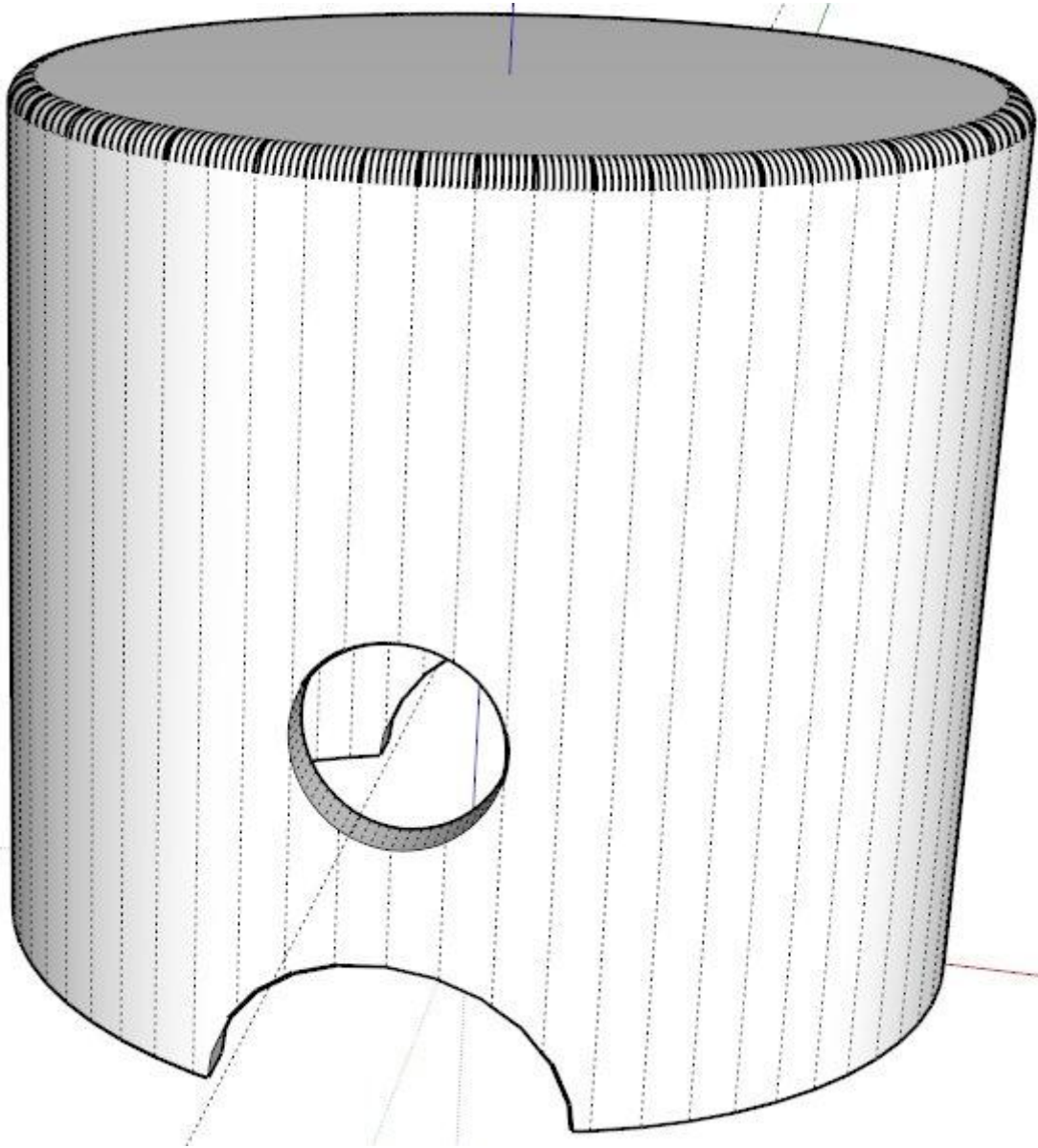
Vymodeluj a exportuj do STL následující objekty dle zadání na obrázcích:

1)

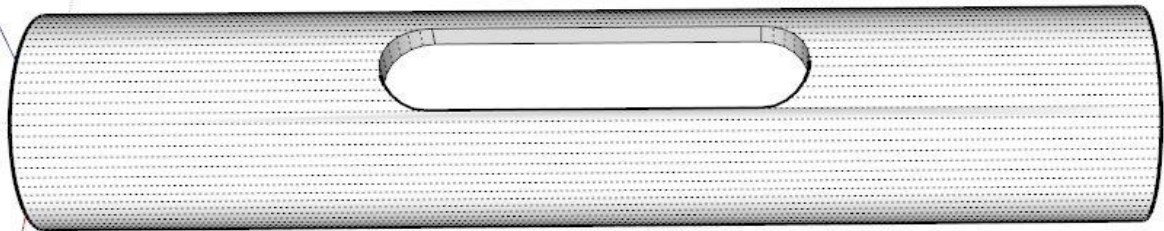


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2)

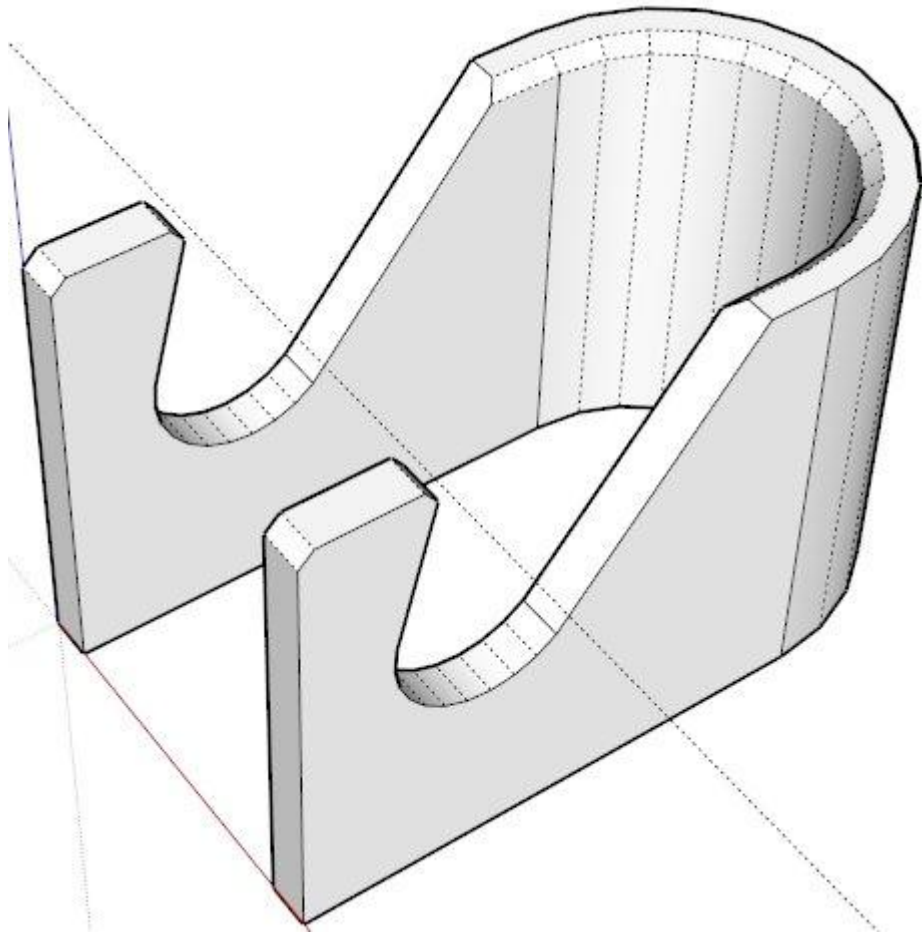


3)

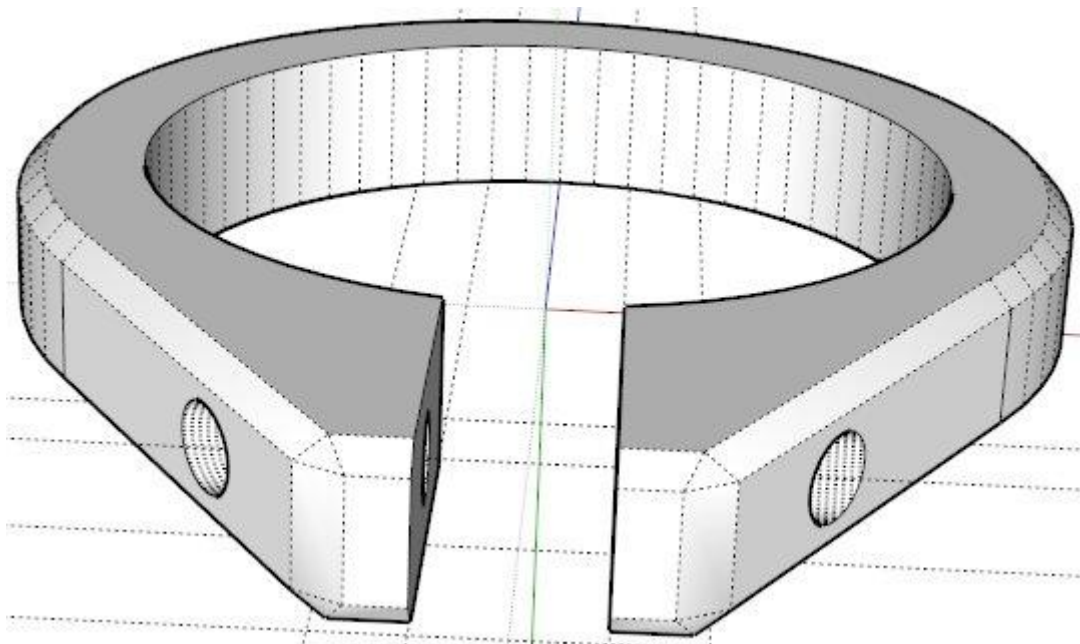


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4)

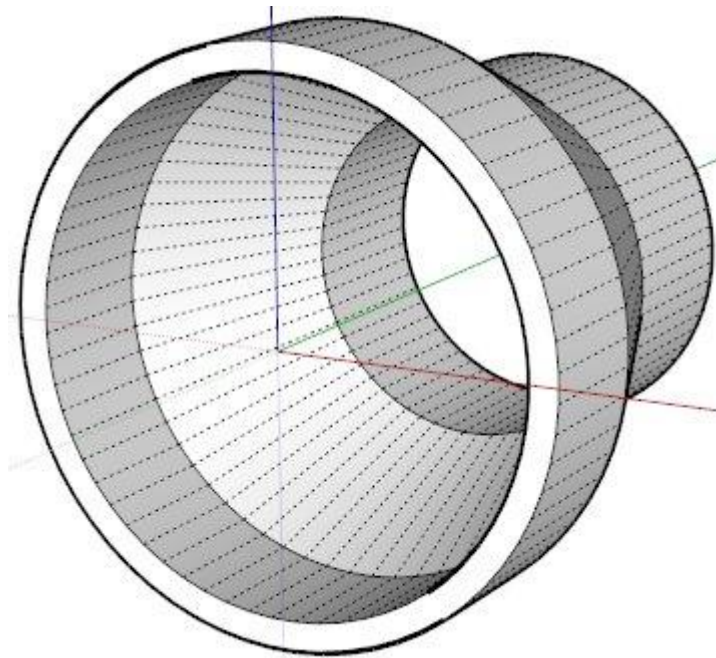


5)

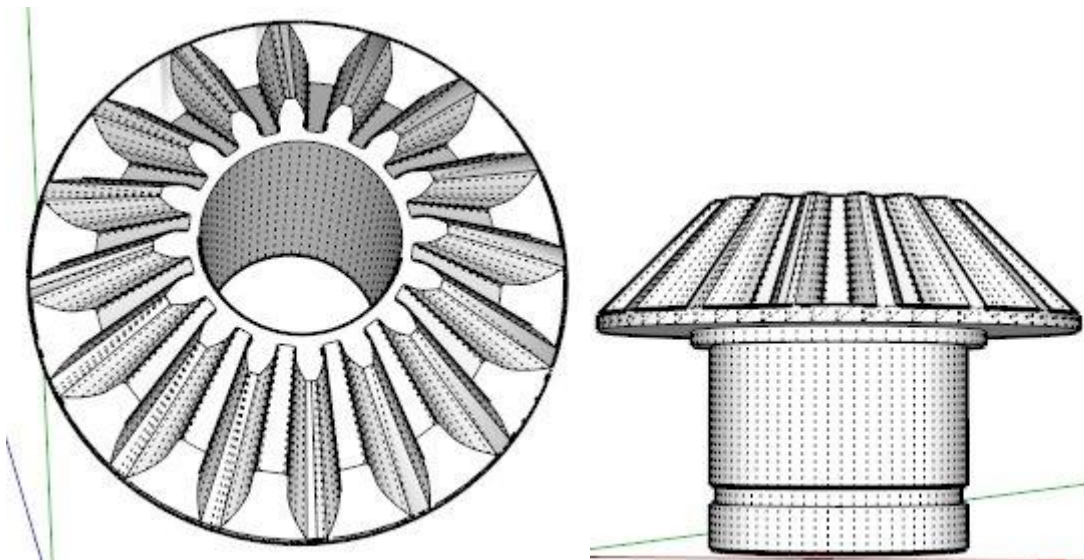


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

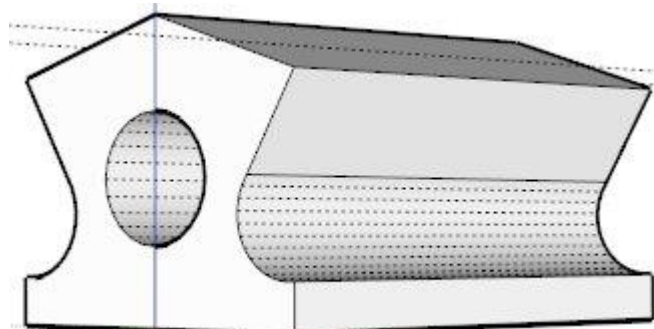
6)



7)



8)



TÉMA 4:

D) 3D tisk a 3D tiskárny

13 Základní metody 3D tisku

V závislosti na 3D tiskárnách dnes existuje hned několik metod tisku, které jsou rozdílné co do použité technologie i materiálů. Některé technologie jsou dražší na svůj provoz (spotřebují velké množství energie), jiné zase používají drahý materiál a některé jsou méně dostupné díky své vysoké pořizovací hodnotě.

Při uvažování o pořízení jakékoli 3D tiskárny je třeba zvážit vstupní finanční možnosti firmy (či jednotlivce), využití výtisků v procesu rapid prototypingu i provozní náklady. Velmi vhodné je také věnovat pozornost rychlosti tisku, přesnosti (rozlišení) a použitému materiálu.

3D tisk se začal mohutně vyvíjet přibližně od roku 2000. Od té doby prošel spoustou inovací, a proto jsou stále konstruovány kvalitnější tiskárny. Popis obecných metod rapid prototypingu jsme již provedli v kapitole 3.1 Metody rapid prototypingu. V této kapitole se zaměříme spíše na 3D tisk v souvislosti s konkrétními 3D tiskárnami.

Velmi vhodné je také věnovat pozornost rychlosti tisku, přesnosti (rozlišení) a použitému materiálu.

Všechny uvedené metody lze řadit mezi tzv. **aditivní** metody rapid prototypingu (výtisk roste postupným přidáváním vrstev).

13.1 Metoda FDM

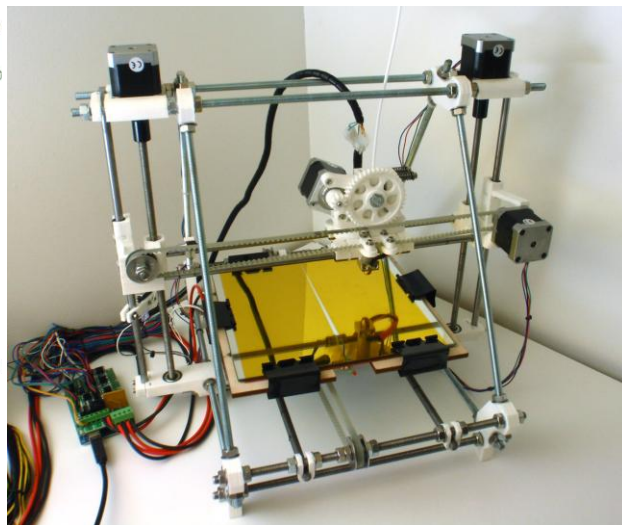
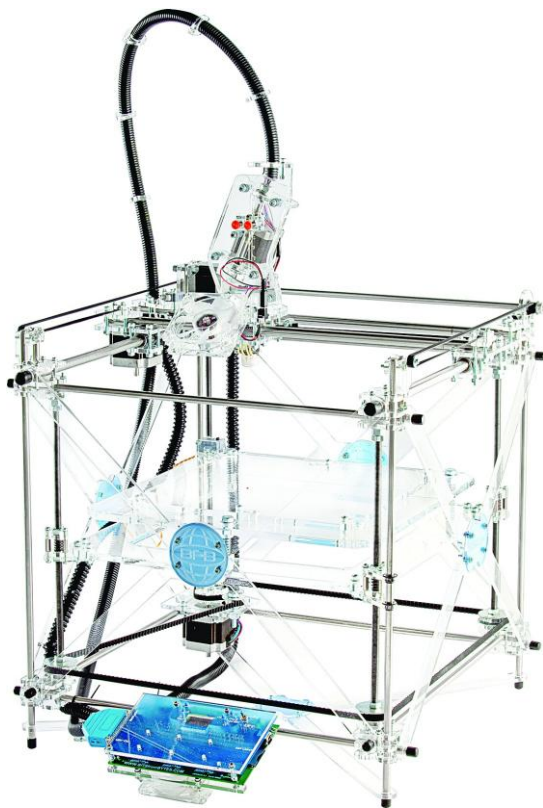
Mezi nejčastější metody tisku se dnes řadí metoda FDM, zejm. díky nízkým pořizovacím i provozním nákladům. Patří sice mezi méně přesné metody, avšak ruku v ruce s dalším vývojem je dosahováno čím dál menšího rozlišení. Většina FDM tiskáren používá plasty jako tiskový materiál.

Principem je **natavení materiálu** (ve formě struny, tyčinky, či prášku) **extruderem** (tavící hlava) a jeho postupné nanášení v drahách, které vytváří vrstvy na **tiskovém pultu**.

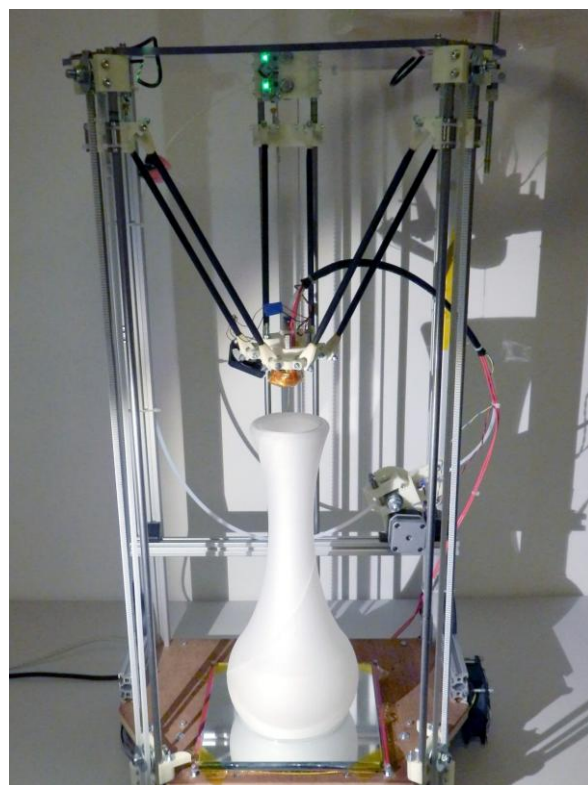
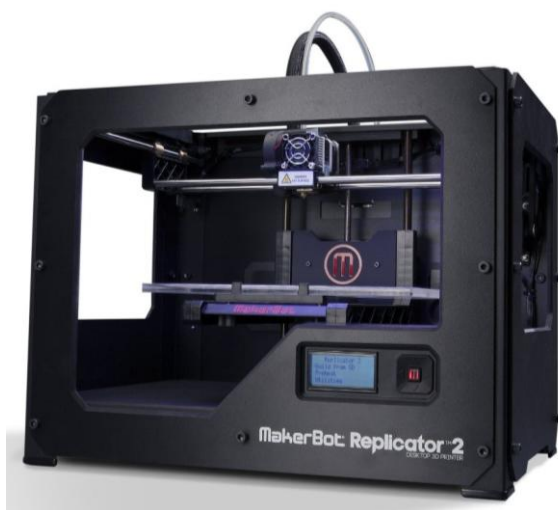
- **výhody** – levné pořízení i provoz (od 12 000,- Kč), větší škála materiálů, možnost kombinace materiálů při vybavení více extrudery,
- **nevýhody** – menší přesnost (cca 0,25 mm), pomalejší tisk;

Klasické FDM tiskárny pohybují extruderem ve 2 osách (buď X a Y, nebo X a Z), přičemž poslední z pohybů je realizován pomocí tiskového pultu (buď klesá v ose Z, nebo se pohybuje v ose Y). V tomto případě se jedná o tzv. **kartézské stroje** (používají kartézský souřadnicový systém). Speciální kategorii představují tzv. **delta tiskárny**, u nichž je pohyb extruderu ovládán třemi rameny a tisk probíhá na pevný tiskový pult.

Mezi FDM tiskárny patří (viz Obr. 57 a 58):



Obr. 57: Vlevo Rapman 3.2 [25], vpravo Reprap Prusa Mendel [26]

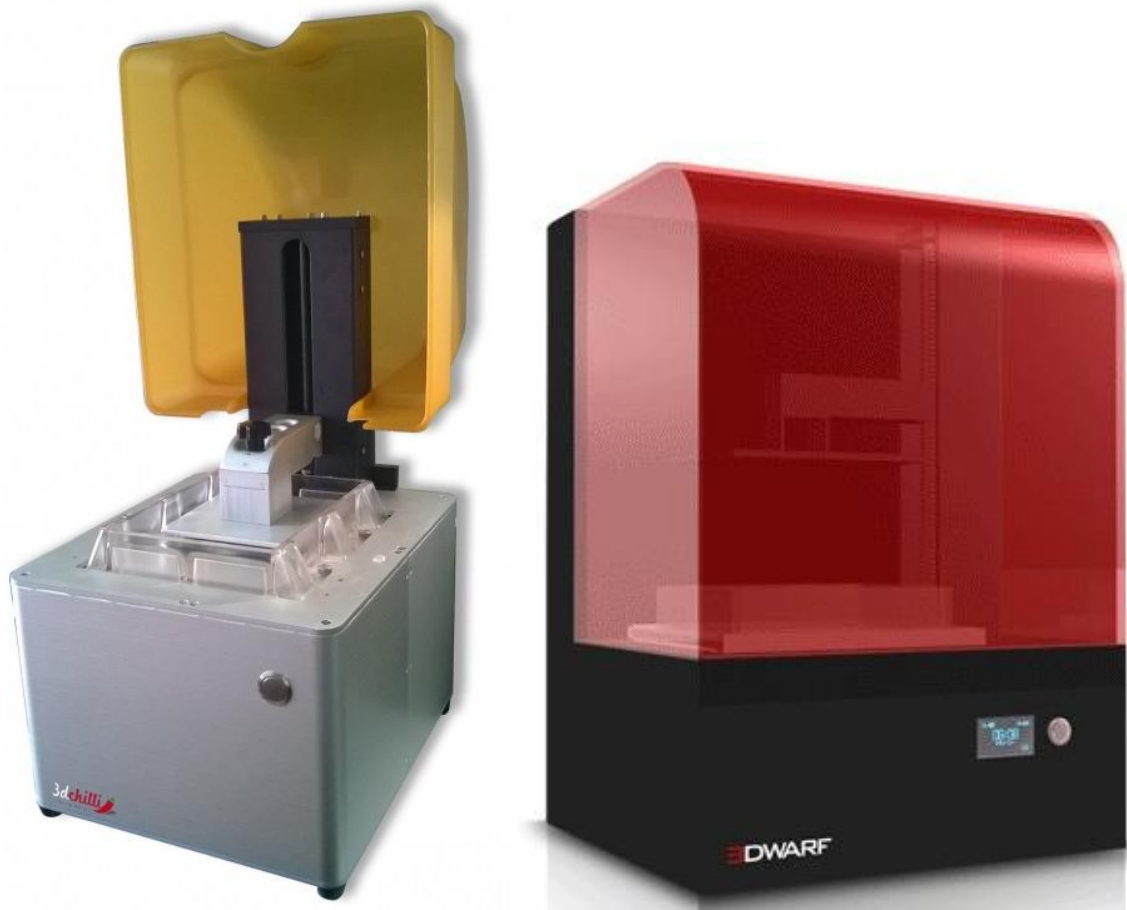


Obr. 58: Vlevo MakerBot Replicator 2 [27], vpravo Rostock Delta printer [28]

13.2 Metoda DLP a SLA

Jinou metodou 3D tisku je DLP (Digital Light Processing) a SLA (Stereolitografie). Metoda využívá vytvrzování **fotopolymerů**. Materiál je tekutý a bohužel ho nelze najít v tak rozmanité barevné škále, jako u FDM tisku. Materiál je vytvrzován **světlem** (u DLP UV zářením, u SLA UV laserovým paprskem). Starší SLA tisk probíhal v drahách, u novějších tiskáren a DLP tisku se netisknou dráhy, nýbrž celé vrstvy najednou jako řez modelu. Tiskárna osvítí vrstvu většinou zdrojem světla ze spodu na tiskový pult, který vstoupá vzhůru po jednotlivých vrstvách. Pult je ponořen do kapalného roztoku materiálu.

- **výhody** – poměrně rychlý a přesný tisk (výtisky jsou hladké s rozlišením až 0,05 mm), cenově dostupné (70 000 – 100 000,- Kč),
- **nevýhody** – dražší materiál, málo barevných variant, menší rozměry výtisku;



Obr. 59: Vlevo Bonnet SLA [29], vpravo DLP Dwarf [30]

13.3 Metoda SLS

SLS je přechodem mezi SLA a DMLS. Dokáže tisknout z práškového materiálu na bázi polyamidů (plast), ale také keramických a kovových materiálů. Vytvrzování (spékání) se provádí laserovým paprskem. Při této metodě se jedna vrstva vytváří tak, že válec nejdříve rozhrne prášek přes celý tiskový pult, načež tisková hlava speče aktuální řez modelu (v podstatě svaří).

- **výhody** – znovupoužití přebytečného materiálu, možnost přidání pigmentů – celobarevný tisk, vysoce přesný tisk,
- **nevýhody** – cenově dražší, zejm. pořízení stroje (600 000 – 2 000 000,- Kč);



Obr. 60: SLS tiskárny – vlevo EOS Formiga P 100 [31], vpravo ARRK Spro SLS Center [32]

13.4 Metoda DMLS a EBM

Jak metoda DMLS, tak EBM jsou zaměřeny na **tisk z kovu**. DMLS (Direct Metal Laser Sintering) představuje novější metodu jak EBM (Electron Beam Melting). Obě metody vytváří z kovového prášku rovnou funkční kovové výrobky. Materiálem mohou být i slitiny např. titanu nebo nerez oceli a po vytvrzení mohou mít srovnatelné či lepší vlastnosti v porovnání s obráběnými či litými výrobky.

- **výhody** – nejpřesnější a přitom poměrně rychlý tisk (rozlišení až 0,004 mm),
- **nevýhody** – cenově několikanásobně dražší (pořizovací náklady i několik desítek miliónů korun – např. DMLS 4 EOS M270 cca 17 000 000,- Kč, EBM Arcam Q10 cca 15 250 000,- Kč);



Obr. 61: Vlevo DLMS EOSINT M270 [33], vpravo EBM Arcam Q10 [34]

14 Materiály pro 3D tisk

Různé technologie 3D tisku umožňují používat různé materiály. Materiály vhodné pro 3D tisk lze rozdělit následovně:

- **plasty** – různé druhy termoplastů (ABS, PLA, HDPE, PTFE) ve formě prášku, struny, tyčinek, fólií a roztoku,
- **keramika** – směs oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, výrobek se po vytištění glazuje a vypaluje v peci,
- **vosk** – dodává se ve dvou provedeních, jako nosný a podpůrný, ve formě granulí,
- **papír** – tisk probíhá vyřezáváním ze štosu papírů, výhodou je možnost využití celobarevného tisku,
- **dřevo** – experimentuje se s kompozitními materiály na bázi dřeva metodou jejich aglomerace (nanesením směsi pilin s lepidlem a jeho vytvrzením), výhodou je možnost jednoduše dále opracovávat výrobky jako dřevo,
- **kov** – materiál ve formě prášku různých slitin (AlSiMg, CoCrMo, slitiny Niklu jako NiCr, nerez ocel, slitiny Titanu jako Ti64) [35]
- **stavební směs** – FDM tisk domů pomocí betonové směsi apod.,
- **potravinářská směs** – v potravinářském průmyslu např. v odvětví cukrářství (čokoláda a různé směsi) na vytváření kontur a 3D prvků, tisk pizzy apod.,
- **biologické materiály** – pro tisk orgánových tkání – tzv. bioprinting;

Vzhledem k možnostem tiskárny *Rapman*, kterou v průběhu kurzu využíváme, budou pro nás nejdůležitější prvně zmíněné materiály – termoplasty, a to zejm. ekologicky snadno odbouratelné ABS a PLA.

14.1 ABS a PLA plasty

ABS a PLA patří mezi snadno dostupné a cenově výhodné **termoplastické** materiály, které se používají při různých technologiích tisku, v první řadě metodě FDM. Přehled jejich vlastností bude nejlepší uvést ve srovnávací tabulce (viz Obr. 62).

MATERIÁL	VLASTNOSTI
ABS (Akrylonitril- Butadien- Styren)	<ul style="list-style-type: none"> - hustota 1045 kg/m³, - tuhý, odolný proti nízkým i vysokým (do 105 °C) teplotám, - odolný proti kyselinám, uhlovodíkům a olejům, - lepitelný akrylátovými a rozpouštědlovými lepidly (na bázi Toluenu a Methylenchloridu), [37] - různé barvy, - možnost i transprence („průhlednosti“) – pouze bílá, - možnost povrchových úprav broušením a leptání acetonovými parami, - tiskne se prakticky vždy s celoplošným raftem (vorem) typu mřížka, - tvarově nestálý (při tisku) – ideální tiskárna s výhřevným lůžkem, jinak při větší výšce má výtisk snahu se odlepit od tiskového pultu a kroutit se za extruderem (částečným řešením může být zvětšení plochy raftu a jeho přesahu přes půdorys modelu), - nechladí se větrákem (ten napomáhá jeho odlepení a kroucení), - teplota tisku 235 – 250 °C, - cena 500 – 1200 / kg (dle výrobce); [36]
PLA (Polyaktid acid)	<ul style="list-style-type: none"> - hustota 1250 kg/m³, - méně odolný než ABS vůči všem činitelům, - lepitelný kyanoakrylátovými, kontaktními kaučukovými lepidly (zejm. větší plochy) a epoxidy, - různé barvy, - možnost i transparentního materiálu jakýchkoliv barev, - možnost povrchových úprav broušením (nelze použít leptání acetonem), - tiskne se bez raftu (raft pouze ve speciálních případech), - tvarově stálý, - chladí se větrákem prakticky vždy, - díky možnosti chlazení je možno použít vyšší rychlost tisku (než u ABS), - teplota tisku 195 – 210 °C, - cena 500 – 1200 / kg (dle výrobce); [38]

Obr. 62: Tabulka srovnání ABS a PLA materiálů

Tisk z PLA materiálu je obecně o něco jednodušší jak z ABS, protože není potřeba raft. Stejně tak je jednodušší i dodatečný postprocessing výtisků.

15 Postprocessing modelů v STL

Postprocessing je anglický termín, který volně přeložen znamená „**následné zpracování**“. Jednoduše řečeno je postprocessing **souhrn metod pro opravu a úpravu výrobku v jeho určité fázi životního cyklu**, nejčastěji na jeho konci (např. úprava prototypu před vytvořením formy pro sériovou výrobu, nebo odstranění částí odlitků z forem, které nemají být součástí výsledného produktu). V 3D tisku rozeznáváme dva typy postprocessingu, a to:

- **postprocessing STL modelů** – provádí se většinou v cloud službě netfabb nebo přímo v programu netfabb Studio před otevřením STL modelu v programu na rozřezání, tedy před tiskem,
- **postprocessing výtisků** – provádí se po vytištění modelu na 3D tiskárně formou odstranění raftu a podpor, odstranění nedostatků výtisku a jeho povrchové úpravy;

Tato část kapitoly pojednává o prvním z nich, tedy postprocessingu STL modelů.

Vytvořené 3D modely, exportované do STL formátu, mohou obsahovat určité **nedostatky** – např. nejsou uzavřeny některé plochy, chybí nějaké trojúhelníky nebo jsou převrácené a špatně orientované, model obsahuje díry, které nebyly v návrhu, popř. trojúhelníky nejsou spojené, apod. Tyto nedostatky lze odstranit použitím **opravných metod** speciálního software, kterými je např. MeshLab, či pro nás vhodnější (z hlediska jednoduchosti použití) **netfabb Studio Basic** (dále jen netfabb).

Netfabb lze využít ve dvou formách, jako samostatný program a jako webovou cloud službu.

15.1 Netfabb Basic – samostatný program

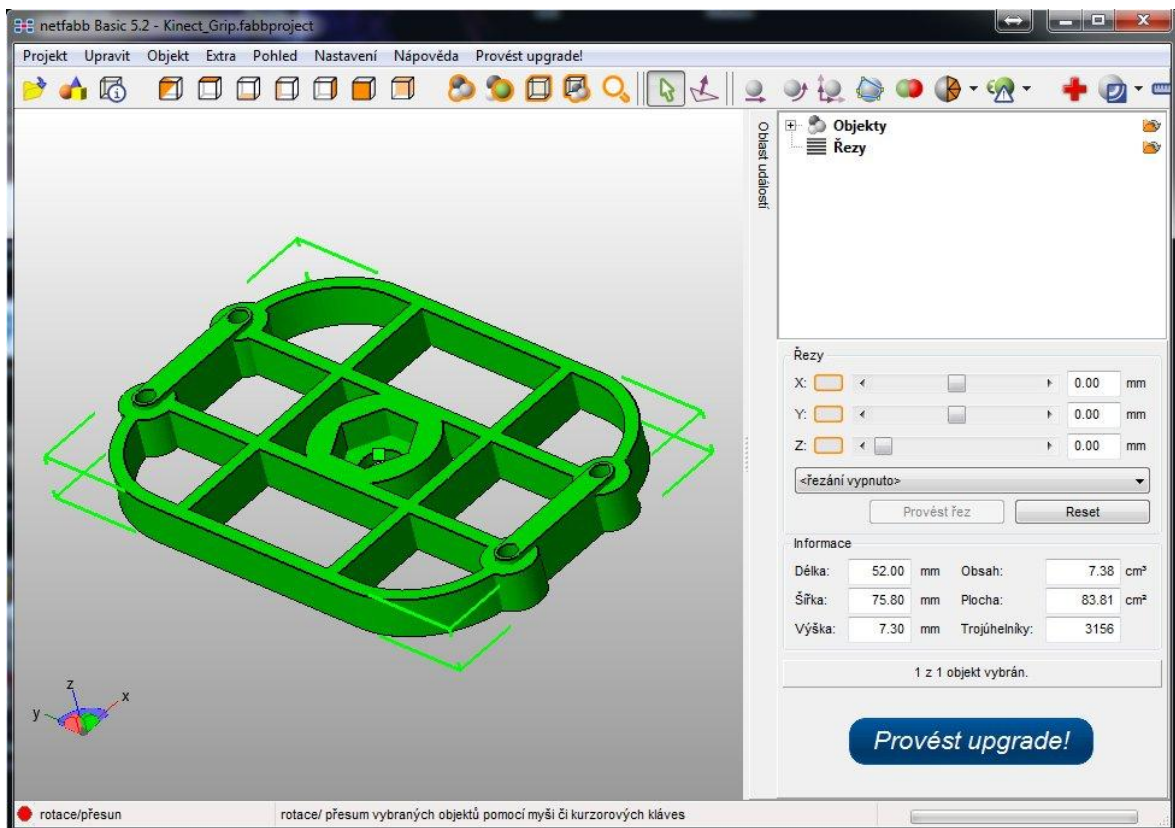
Překlad popisu programu přímo od jeho tvůrců (netfabb GmbH), zkopírovaného z okna informací z nápovědy, zní: „*netfabb Basic je bezplatný software pro manipulaci síťových objektů*“. Překlad není dokonalý, lze chápat spíše jako **software pro manipulaci se síťovými objekty** (nebo také processing 3D modelů). Síťové objekty jsou modely tvořeny sítí polygonů, většinou reprezentovány trojúhelníky. Program je nutné stáhnout a nainstalovat na počítač. Pro PC stanice běžící na operačních systémech rodiny Windows je k dispozici v 32bitové verzi, kterou lze instalovat a provozovat na všech Windows systémech XP / Vista / 7 / 8 / 8.1. Přímá adresa pro stažení instalačního balíku programu je:

<http://www.netfabb.com/downloadcenter.php?basic=1>

Jinak stačí zadat do internetového vyhledávače požadavek „netfabb“ a stáhnout si instalační balíček, který po spuštění nabídne jazyk programu. Zde je k dispozici i čeština. Pro instalaci je nutné být přihlášen pod účtem, který má administrátorské oprávnění.

Po úspěšné instalaci při spuštění programu se objeví dialog, kde je potřeba zaškrtnout „Akceptuji podmínky použití“ a 10 sekund počkat na odpočet pro zaktivování tlačítka „Později“ – program je sice zdarma, ovšem s jistými omezeními, např. nelze využít všechny nástroje pro opravu a manipulaci s modelem. Pokročilé funkce programu jsou k dispozici pouze po zakoupení a aktivaci programu obdrženým klíčem. Pro naše účely však stačí neplacená verze, která obsahuje základní nástroje oprav zdarma.

Po spuštění programu se objeví uživatelské prostředí (viz Obr. 63).

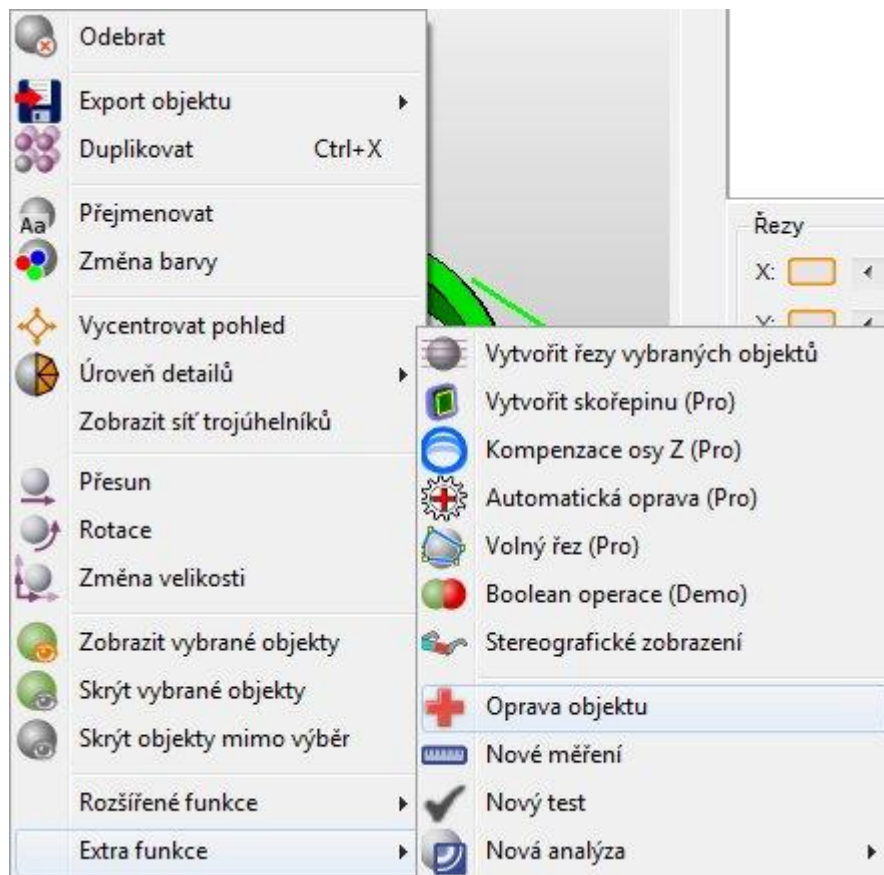


Obr. 63: Uživatelské prostředí (GUI) programu netfabb Basic

Postup – otevření a oprava modelu v programu netfabb Basic:

- 1) Pomocí hlavní nabídky a první volby **Projekt – Otevřít** načteme model v STL do modelovacího prostoru.
- 2) Pravým tlačítkem na zobrazeném modelu vyvoláme kontextovou nabídku a z ní vybereme její poslední možnost **Extra funkce – Oprava objektu** (viz Obr. 64).





Obr. 64: Kontextová nabídka programu netfabb Basic

- 3) V pravém panelu dole zvolme tlačítko **Automatická oprava** a potvrdíme výchozí opravu tlačítkem **Provézt**.
- 4) Pak zvolme druhé tlačítko v pravém panelu programu **Aplikovat opravu** a **Odstranit původní**.
- 5) Teď ještě vyexportujeme opravený model zpět do souboru STL. Pomocí kontextové nabídky a druhé volby z vrchu **Export objektu – jako STL (ASCII)** pojmenujeme nový soubor – automaticky se pojmenuje stejně jako původní model s přidáním „(opraveno)“.

15.2 Netfabb Microsoft 3D Model Repair service cloud

Druhou, jednodušší metodou opravy STL modelů je **webová cloud služba**, kterou pomocí účtu Microsoft poskytuje netfabb přes webové rozhraní. Tuto opravu lze považovat za kvalitnější, protože probíhá na straně serveru, kde jsou využity i takové opravné metody, které jsou v programu netfabb Basic k dispozici až u placené verze. Služba je zcela zdarma a přímá adresa na tuto službu je:

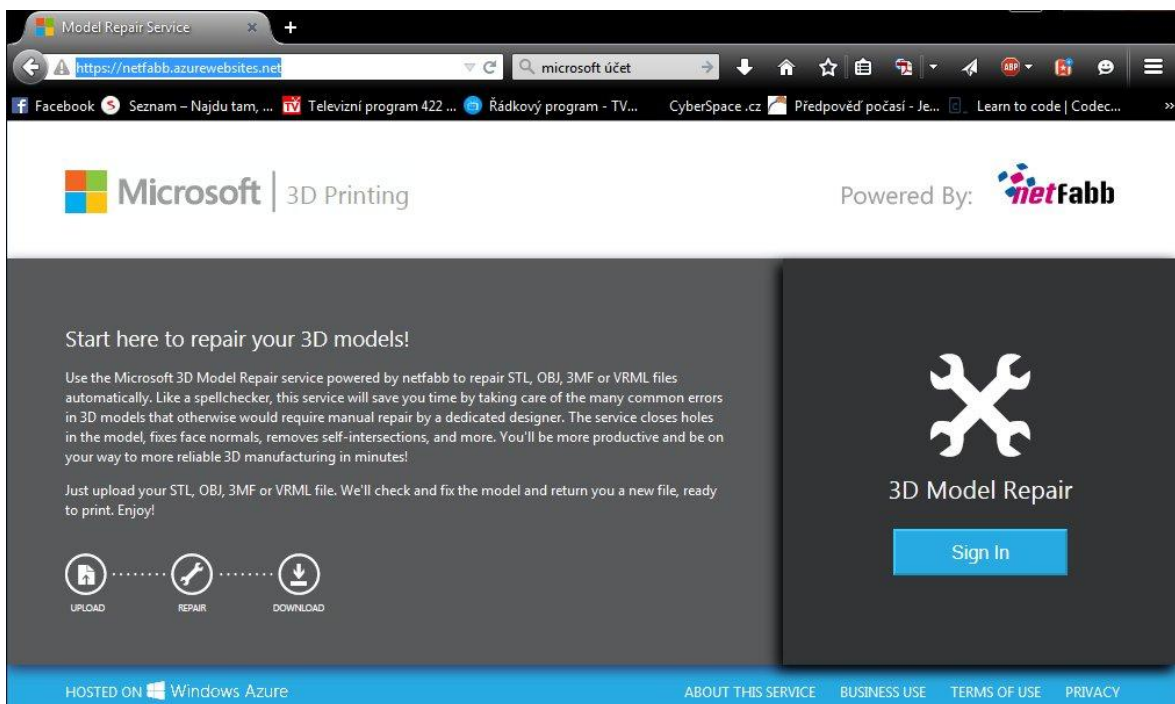
<https://netfabb.azurewebsites.net/>

Ke službě se dá také dostat přes stránky netfabb.com a v nabídce **Service – Cloud Service**.

STL model se nahraje na server, kde proběhne oprava a následně je opravený soubor k dispozici pro stažení.

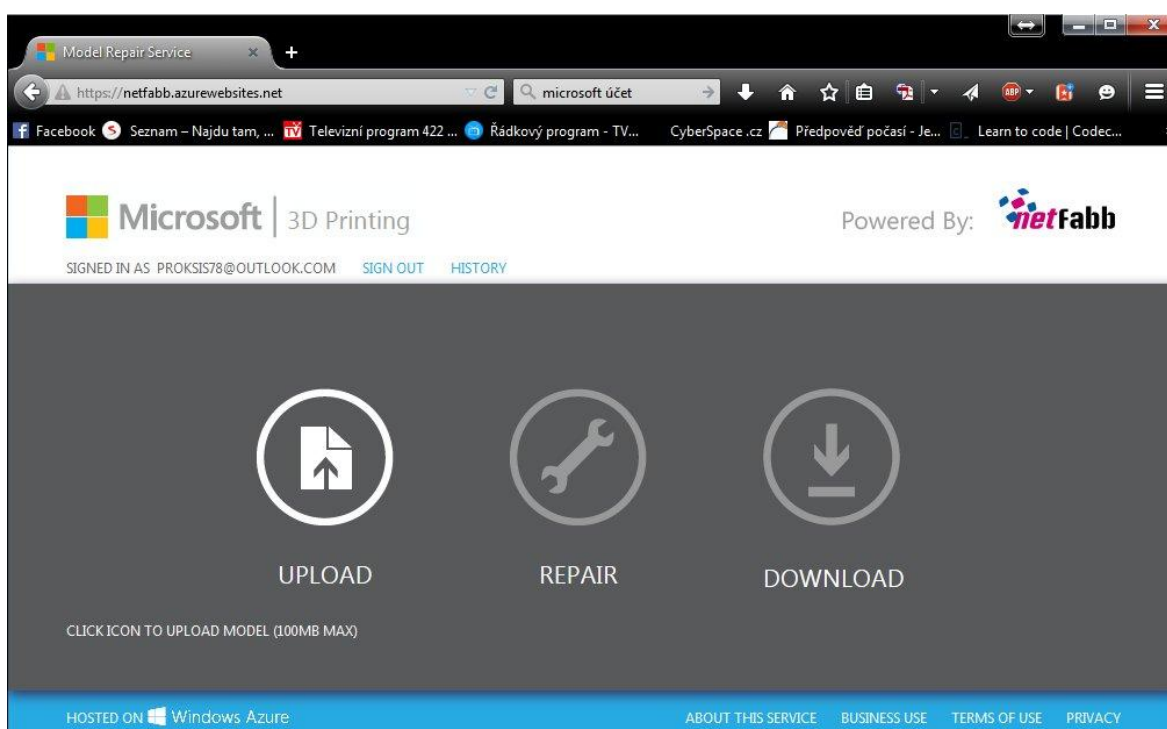
Postup – oprava modelu pomocí webové cloud služby:

- 1) Pokud ještě nemáme svůj Microsoft účet, je potřeba jej nejdříve založit. Do internetového vyhledávače zadáme dotaz „vytvořit microsoft účet“ a najdeme odkaz „**Registrace – účet Microsoft – Outlook.com**“. Na stránkách microsoftu signup.live.com zadáme požadované údaje. Důležité je zapamatovat si (či poznamenat) uživatelské jméno a heslo.
- 2) Poté přejdeme na stránky s cloud službou (viz URL adresa výše), která vypadá následovně (viz Obr. 65).



Obr. 65: Webová stránka s přihlášením k cloud službě oprav modelů

- 3) Vpravo dole zvolíme modré tlačítko „**Sign In**“, zadáme uživatelské jméno a heslo Microsoft účtu a zaškrtneme volbu „**Keep me signed in**“ (ta zaručí automatické přihlášení při příští návštěvě stránky).
- 4) STL model (jehož soubor má maximálně 100 MB velikost) nahrajeme pomocí prvního kulatého tlačítka na stránce s názvem „**UPLOAD**“ (viz Obr. 66).
- 5) Po nahrání se zvýrazní druhý kulatý prvek na stránce s názvem „**REPAIR**“, kde malý okamžik počkáme na opravu modelu na serveru.



Obr. 66: Webová stránka cloud služby po přihlášení

- 6) Jako poslední se zvýrazní poslední kulaté tlačítko „DOWNLOAD“, na němž pomocí kliknutím myši stáhneme nově připravený soubor s opraveným modelem.

Příklad – modelování komplexních modelů:

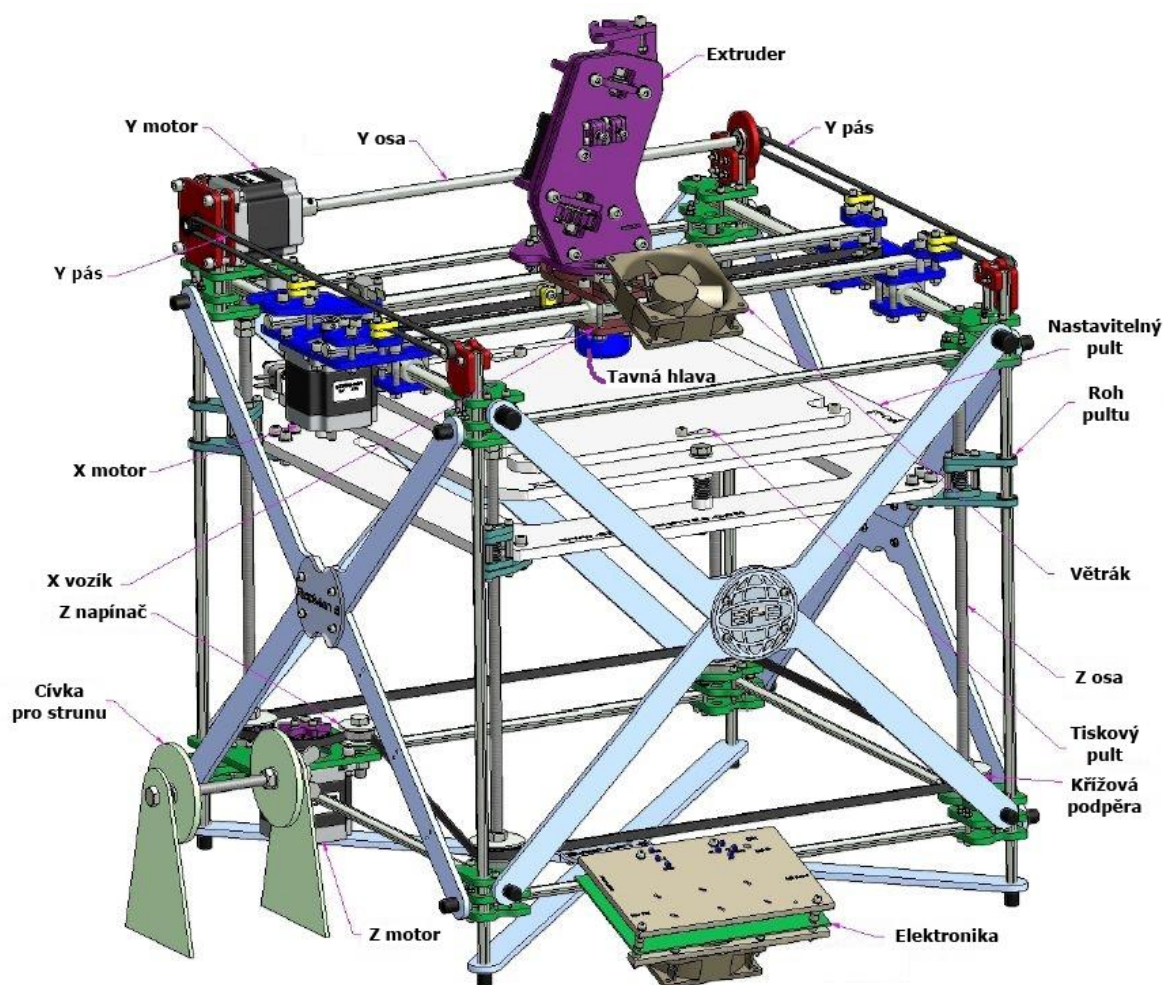
Postupně oprav STL modely z příkladu z předchozí kapitoly (modelování komplexních modelů). Všechny 8 příkladů oprav jak pomocí programu netfabb Basic, tak pomocí webové cloud služby a porovnej výsledky zobrazením modelů v programu. Porovnej i velikosti vzniklých souborů.



16 Charakteristika práce s 3D tiskárnou RapMan

Tiskárna **RapMan 3.1** je jednou ze starších tiskáren, avšak i dnes stále patří ke kvalitnějším hobby strojům. Tato tiskárna používá pro tisk FDM metodu. Jako zboží z výstavy byla zakoupena za cca 23 500,- korun od české firmy 4ISP v roce 2011. Pracuje s ABS a PLA materiály ve formě struny \varnothing 3 mm. Za jejím zrodem stojí britská firma Bits from Bytes (BfB), kterou dnes již vlastní firma 3D Systems. Firma BfB se zabývala zejm. produkcí 3D tiskáren zaměřených na edukační prostředí (vzdělávací instituce, školy, apod.). Původní tiskárna RapMan 3.0 byla inovována na verzi 3.1 a posléze na verzi 3.2, kdy byl její vývoj ukončen. Jedinými rozdíly mezi námi používanou verzí 3.1 a novější 3.2 je nahrazení displeje elektroniky s tlačítky dotykovým displejem, jiná struktura nabídky elektroniky a přechod od SD karet k USB médiím [39].

Základní součásti tiskárny jsou pojmenovány na Obr. 67.



Obr. 67: Pojmenování součástí tiskárny RapMan 3.1 [40]

Hlavní části tiskárny mají následující funkce:

- **extruder** – tisková hlava vybavena motorem, který pomocí šroubu zajišťuje posun struny materiálu do a z tavné hlavy (pro strunu \varnothing 3 mm). Extruder je umístěn na X vozíku, který s ním pohybuje v X ose. Vozík je opatřen lineárními ložisky.
- **X osa** – je tvořena dvěma leštěnými tyčemi \varnothing 10 mm. Pohyb zleva vpravo umožňuje ozubený pás X vedený mezi těmito tyčemi a k němu příslušný motor X. Na obou svých koncích je pomocí úchytek a lineárních ložisek vedena na dalších tyčích v ose Y.
- **Y osa** – je tvořena dvěma leštěnými tyčemi \varnothing 10 mm. Jedna tyč je vpravo tiskárny a druhá na opačné straně. Tyto tyče realizují pohyb dopředu a vzad celé X osy s extruderem. Na obou stranách jsou ozubené pásy Y.
- **Z osa** – je tvořena čtveřicí šroubových tyčí M8, které pomocí matek pohybují tiskovým pultem ve směru vzhůru a dolů (od extruderu). Kromě M8 tyčí je pult stabilizován úhlopříčně leštěnými tyčemi \varnothing 8 mm. Rovnoměrný pohyb je zajištěn spodním ozubeným pásem v dolní části tiskárny, který spojuje všechny 4 M8 tyče a Z motorem vlevo dole tiskárny.
- **elektronika** – umožňuje manuální ovládání stroje a řízení procesu tisku modelu z SD karty. Karta musí mít kapacitu max. 2 GB. K manuálnímu ovládání tiskárny jsou na elektronice umístěna tlačítka a hlavní páčkový vypínač, kterým se tiskárna zapíná a vypíná.

RapMan není jediný produkt této firmy. Na Obr. 68 lze vidět hlavní produkty jejich nabídky včetně tiskárny RapMan (zleva nejnovější CubeX Duo, Cube 2, BFB-3D Touch, RapMan 3.1 a BFB-3000).



Obr. 68: Tiskárny firmy BfB (3D Systems) [39]

Celá specifikace tiskárny RapMan je uvedena v následující tabulce převzaté z původní dokumentace stroje (viz Obr. 69):

RapMan 3.1 - model options

MAXIMUM BUILD SIZE	RAPMAN 3.1 SINGLE	RAPMAN 3.1 DOUBLE
X Axis	270mm (10 3/4 inches)	190mm (7 1/2 inches)
Y Axis	205mm (8 inches)	205mm (8 inches)
Z Axis	210mm (8 3/8 inches)	210mm (8 3/8 inches)
Please note print size will vary from build size and is dependent on print material specifications		
Z Axis Resolution	0.125mm (0.005 inches / 125 microns)	0.125mm (0.005 inches / 125 microns)
Print Tolerance	x and y axis +/- 1% of object dimension or +/-0.2mm (0.008" / 200 microns) whichever is greater. z axis +/- half the processed z resolution Shrinkage and warpage can occur on models and is material and geometry dependent.	
Print Speed Extruded Volume	Maximum 15mm ³ (9/16th "³) per second print and polymer dependent.	
Power Requirements	60 Watts (5A @ 12V)	
Approx. Weight	17kg (37.5 Lbs)	
Overall Dimensions Exc. - Extruder	650mm (w) x 570mm (l) x 510mm (h)	
Overall Dimensions Inc. - Extruder	650mm (w) x 570mm (l) x 820mm (h)	
Maximum Extruder Operating Temperature	280°C (536°F)	

Obr. 69: Specifikace tiskárny RapMan 3.1 [39]

Materiál se prodává ve formě cívek struny \varnothing 3 mm, které jsou většinou o hmotnosti 1 kg – výrobní velikost je 2,85 – 2,90 mm \pm 0,05 mm (nezaměnit s menším \varnothing 1,75 mm pro jiný typ tiskáren, resp. jejich extruderů). Cena 1 kg se pohybuje od cca 550,- Kč za PLA a 600,- Kč za ABS do 1 000,- Kč.

Příklad – vyhledání struny:

- 1) Najdi na internetu 2 internetové obchody, v nichž je skladem PLA a ABS materiál pro tiskárnu dle specifikace výše a porovnej ceny a škálu výrobků.
- 2) Navštiv stránku <http://fillamentum.com/> a porovnej jednotlivé materiály (pro překlad z angličtiny použij google překladač).



16.1 BOZP a PO při práci s 3D tiskárnami

Pro provozování 3D tiskáren (využívajících FDM metodu) menších rozměrů (nikoliv stavební FDM tisk domů) platí obecná ustanovení o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a požární ochraně a další ustanovení a směrnice, které souvisejí s pracovištěm, na kterém jsou umístěny. Kromě těchto stanov je důležité dodržovat následující bezpečnostní pokyny:

- Pro umístění tiskárny vyber vždy vhodné místo s protiskluznou podložkou tak, aby tiskárna při tisku nespadla a struna byla k extruderu vedena bez překážek.
- Při ovládání extruderu tiskového pultu manuálně – pomocí tlačítek elektroniky – dodržuj maximální hranice tiskového pultu.
- Nedotýkej se rozžhavené tavné hlavy extruderu a při potřebě manuální manipulace s tavnou hlavou (očistění či odnětí) vždy vypni hlavní vypínač

a počkej alespoň 10 min na případné vychladnutí hlavy (pro zrychlení chladnutí hlavy lze nastavit teplotu hlavy na např. 10 °C a nechat ji chladit větrákem).

- Při zahájení tisku průběžně kontroluj tisk první a druhé vrstvy výtisku.
- Při aktivním tisku (extruder či pult se již pohybuje) nijak nezasahuj do prostoru tiskového pultu a dodržuj dostatečný odstup od tiskárny (min 60 cm), vyjma přerušování tisku, kdy je nutno použít tlačítko umístěné na elektronice stroje (ESC).
- Vyvaruj se použití a skladování jakýchkoliv tekutin a hořlavin v blízkosti tiskárny.

16.2 Kalibrace tiskárny a předtisková pravidla

Po prvním sestavení, popř. každém převozu tiskárny, je potřeba tiskárnu zkalibrovat pro přesný tisk. Toto bylo většinou nutné provést i po změně tzv. firmware řídicí elektroniky (viz níže), proto je doporučeno provést nejdříve vyhledání a instalace nejnovějšího firmware tiskárny, a teprve následně provést kalibraci. Procesem **kalibrace** lze v případě 3D tisku rozumět **seřízení tiskárny** zejm. v těchto ohledech:

- **seřízení os X a Y** tak, aby byly navzájem kolmé a vodorovné (provádí se vodováhou a dotažením šroubů na úchytech těchto os a vozíku extruderu). Zaručit kolmost těchto os je problematictější – velké rozdíly v kolmosti os jsou často ovlivněny špatnou konstrukcí již základních nosných částí tiskárny, které je v tomto případě nutno sestavit znovu. Menší nedostatky lze zkorigovat pomocí většího či menšího dotažení příslušných šroubů. Důležitou součástí je také napnutí ozubených pásů, pro které jsou na tiskárně úchytky se šroubky – při napínání těchto pásů je vhodná asistence druhé osoby pro přidržení napnutého pásu před jeho zafixováním pomocí dotažení šroubků.
- **seřízení osy Z** tak, aby byl extruder od tiskového pultu ve všech místech stejně vzdálen. Přitom je potřeba opět zajistit vodorovnost tiskového pultu vodováhou. Vzdálenost extruderu od pultu lze ovlivnit nastavením délky šroubu na extruderu a 3 korekčními šrouby na pultu. Také je vhodné pohybovat s pultem v ose Z dolů a nahoru a sluchem rozeznat, zda se pult (pomocí všech 4 šroubových tyčí a 2 vodících leštěných tyčí) pohybuje hladce a bez zpříčení či překážek. Důležitou součástí této kalibrace je i napnutí dolního ozubeného pásu pomocí Z napínače.
- **seřízení extruderu** tak, aby struna materiálu volně procházela do ústí tavné hlavice a také, aby správně zabíral závit šroubu, který pohybuje se strunou. To lze ovlivnit dotažením šroubů na těle extruderu, správné rozmístění úchytek pro vedení struny na „krku“ k extruderu, popř. znovu-sestavením extruderu.

Pro účely testování seřízení tiskárny slouží tzv. **kalibrační paterny**, které lze stáhnout ze stránek věnovaných problematice té které tiskárně, nebo si je lze vymodelovat v libovolném modelovacím programu.

Před první zkouškou tisku kalibračního paternu by měl mít **extruder vzdálenost od tiskového pultu** na všech jeho místech přibližně výšku **5 papírů A4 gramáže 80 g/m²** (běžný kancelářský papír). Jemnější doladění této vzdálenosti (v setinách milimetrů) lze ovlivnit v nastavení elektroniky volbou „*SET Z HIGH*“.

Obecně před započítím jakéhokoliv tisku je vhodné dodržet následující pravidla.

Postup – zahájení tisku a předtisková příprava:

- 1) Zběžně zkontrolujeme geometrii tiskárny (zda je správně zkalibrována).
- 2) Pomocí ovládání elektroniky přesuneme extruder do pravého předního rohu tiskárny.
- 3) Nastavíme teplotu extruderu na tavnou teplotu použitého materiálu (např. ABS 240 °C a PLA 210 °C) a necháme rozežhřát.
- 4) Pokud je potřeba vyměnit strunu:
 - nejdříve vysuneme původní – po zahřátí (důležitá je teplota tavení aktuální struny, kterou chceme vysunout) odšroubujeme dva pojistné šroubky extruderu, které přitlačují strunu na závit šroubu, a strunu rukou vytáhneme mimo extruder,
 - jedná-li se o výměnu PLA za ABS, zvýšíme teplotu na 240 °C, jinak ponecháme původní teplotu,
 - lehce zaostříme vstupní konec struny do špičky, ideálně strouhátkem na tužky,
 - provlečeme strunu otvory v úchytkách na krku, zasuneme strunu do ústí extruderu (shora) a pozvolna do ústí tavné hlavy,
 - tlakem rukou vyzkoušíme opakovaně „prolít“ několik cm materiálu přes tavnou hlavu,
 - dotáhneme pojistné šroubky pro zajištění přitlaku struny k závitě,
- 5) Vytočíme několik cm struny pomocí ovládání elektroniky.
- 6) Spustíme tisk modelu z SD karty.

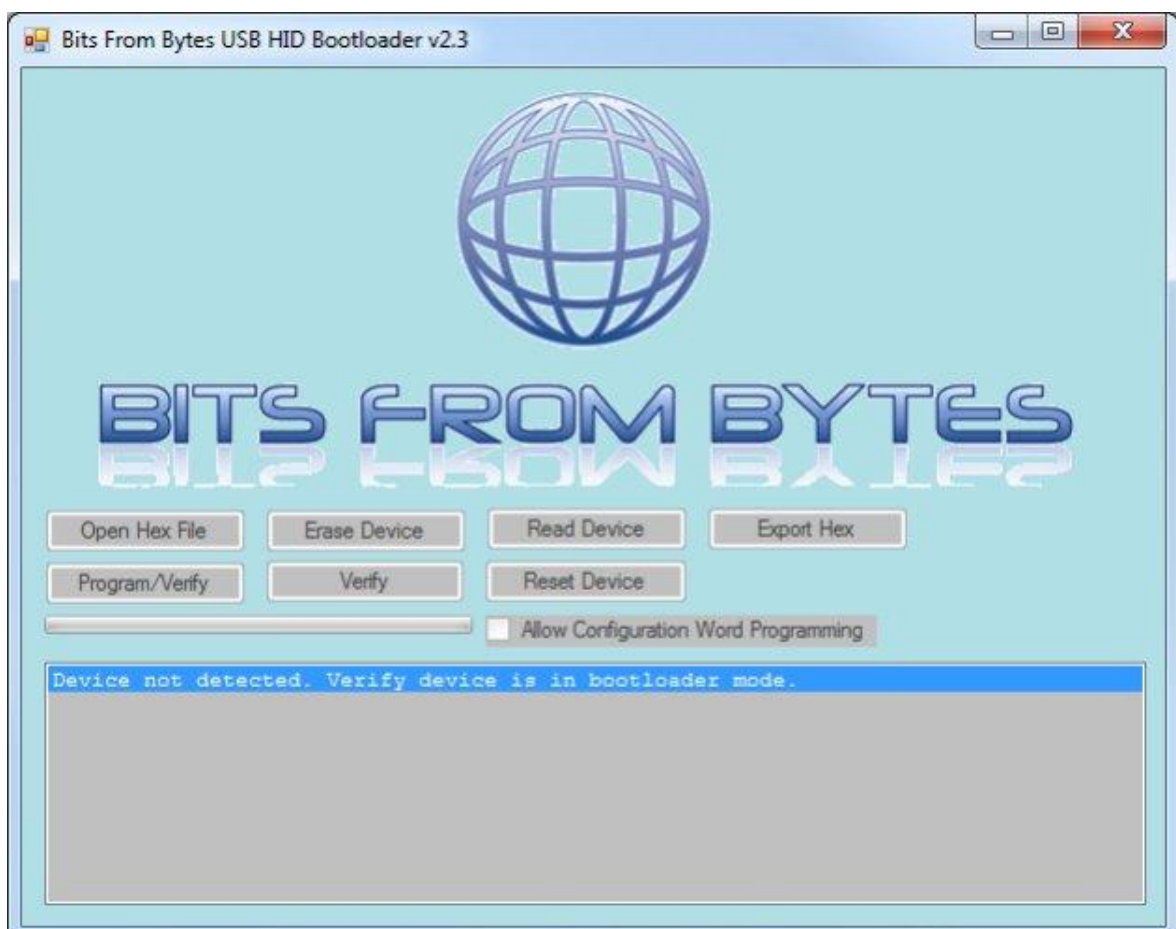


16.3 Elektronika tiskárny

Základ tiskárny představuje řídicí elektronika. Pomocí ovládacích tlačítek elektroniky lze tiskárna manuálně ovládat. Kromě toho elektronika pomocí nainstalovaného firmware interpretuje a provádí instrukce bfb kódu (G-code) rozřezaného modelu z SD karty.

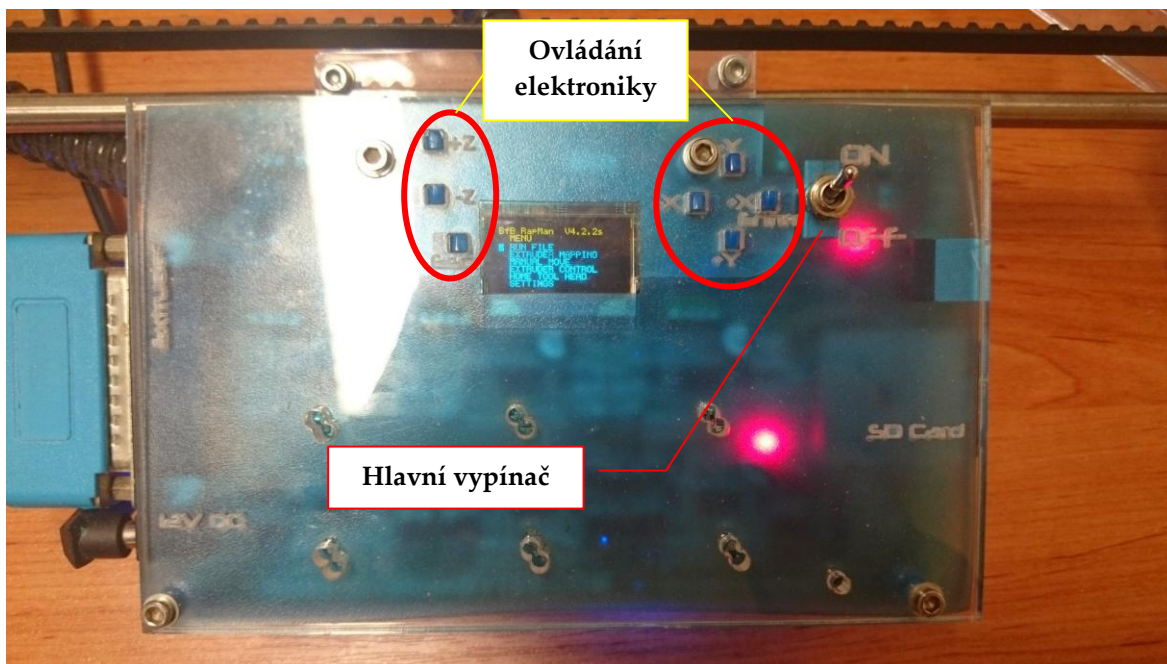
Firmware je v podstatě softwarový ovladač elektroniky. Kvalita výtisku je odvislá právě od použitého firmware – čím novější, tím dokáže tiskárna lépe využívat svůj potenciál. Zároveň každá nová verze firmware odstraňuje některé nedostatky verze předchozí. Poslední vydaná verze pro jedno-extruderový RapMan 3.1 nese označení V4.2.2s

Instalace firmware staženého ze stránek výrobce probíhá tak, že se nejdříve tiskárna připojí k počítači přes USB konektor, nainstaluje a spustí se tzv. USB HID Bootloader v2.3 a v něm se následně provede záloha původní firmware (Read Device a Export Hex) a nahraje nový (Erase Device, Open Hex File a Program/Verify), (viz Obr. 70).



Obr. 70: Bootloader pro instalaci firmware tiskárny RapMan 3.1

Displej elektroniky používá dva režimy zobrazování, v prvním režimu lze tiskárna ovládat tlačítky, druhý režim se objeví po spuštění tisku modelu a informuje o jeho průběhu (viz Obr. 71 a 72) – tisk v tomto režimu lze kdykoliv přerušit tlačítkem ESC.



Obr. 71: Řídící elektronika tiskárny RapMan 3.1 – režim ovládání

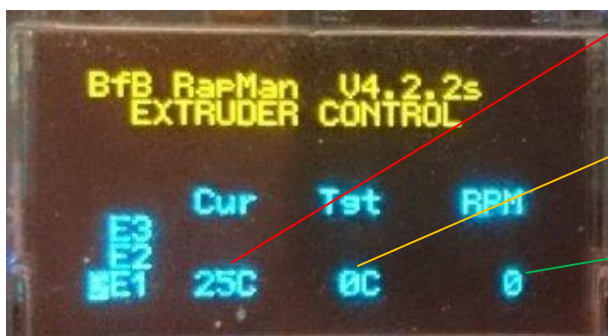


Obr. 72: Řídící elektronika tiskárny RapMan 3.1 – režim tisku

16.3.1 Popis položek nabídky elektroniky a jejich ovládání

Položky nabídek v režimu ovládání lze zvolit tlačítkem +X/ENTER. Z dalších úrovní nabídky lze vystoupit tlačítkem ESC. Pro pohyb mezi položkami v nabídce elektroniky je využito tlačítek -Y/+Y. Nabídka je tvořena následujícími položkami:

- **RUN FILE** – spustí tisk bfb souboru z SD karty,
- **EXTRUDER MAPPING** – u jedno-extruderových tiskáren není podstatné,
- **MANUAL MOVE** – přepne na možnost manuálně ovládat pohyb extruderu (v X ose tlačítka -X/+X a v Y ose tlačítka -Y/+Y) a tiskového pultu (v ose Z tlačítka +Z/-Z),
- **EXTRUDER CONTROL** – ovládá funkce extruderu – tlačítka -Y/+Y zvyšuje / snižuje cílovou teplotu tavné hlavy (při současném stisku tlačítek -Y a +X/ENTER nastaví rovnou cílovou teplotu na 230 °C), tlačítka -X/+X zpomalují / zrychlují posun struny (pokud je výchozí rychlost 0, pak tlačítka -X nastavuje zápornou rychlost – struna se vysouvá nahoru z tavné hlavy),



Aktuální teplota tavné hlavy

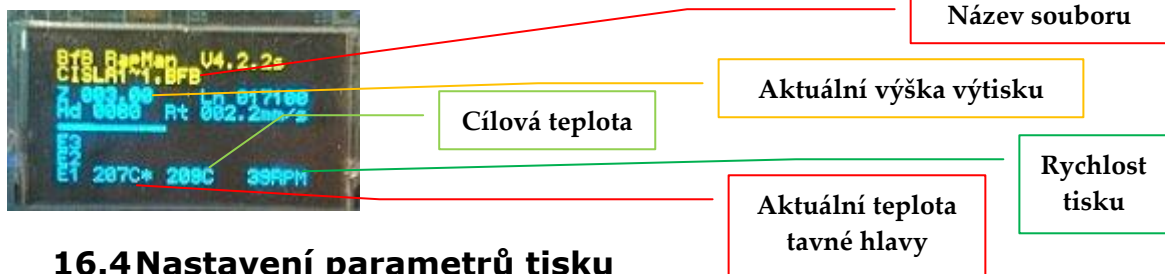
Cílová teplota tavné hlavy

Rychlost pohybu struny po dosažení cílové teploty tavné hlavy

- **HOME TOOL HEAD** – objede extruderem všechny mikrospínače a najede tiskovým pultem na počátek,
- **SETTINGS** – nastavení tiskárny
 - **EXTRUDER OFFSETS** – nepodstatné,
 - **LEVEL BED** – nepodstatné,
 - **SET Z HEIGHT** – důležitá položka pro seřízení výšky extruderu od tiskového pultu (extruder najede doprostřed tiskového pultu a tlačítka +Z/-Z lze posouvat tiskovým pultem v řádech setin milimetrů – toto nastavení se po potvrzení uloží a zůstane jako výchozí),
 - **GENERAL SETTINGS** – nepodstatné;

V režimu tisku displej zobrazuje orientační informace o jeho průběhu. I když lze i v tomto režimu elektronikou ovládat různé vlastnosti, nedoporučuji v průběhu tisku měnit jiné nastavení, jak výjimečně nastavení teploty tavné hlavy. K tomu lze přistoupit v případě např. tisku raftu či první vrstvy, kdy manuální přidání může

zlepšit přiléhavost k pultu. Teplotu lze zvyšovat / snižovat tlačítky -Y/+Y. Tisk lze v jakékoliv fázi přerušit tlačítkem ESC, kdy se extruder přesune do místa při startu tisku (pravého předního rohu tiskárny) a začne chladnout. Opětovným stisknutím ESC se znovu tavná hlava začne zahřívat a po dosažení předchozí tiskové teploty tisk pokračuje v místě, kde předtím skončil.



16.4 Nastavení parametrů tisku

Existuje několik programů, které se zabývají rozřezáním modelu ve formátu STL dle nastavených parametrů a exportem do formátu, který tiskárna dokáže interpretovat. Vždy se jedná o nějaký G-kód, v případě tiskárny RapMan 3.1 je to formát G-kódu BFB (rozřezané modely připravené pro tisk jsou uloženy v souborech s příponou .fbf). Většina programů používá algoritmy původního SkeinForge, který byl původně vyvinut pro CNC obrábění. Mezi další hojně používané programy lze zařadit i Slic3r.

Tiskárna RapMan je nejvíce podporována dvěma programy:

- **Axon** – program přímo od výrobce tiskárny, který je sice spolehlivý, ale co se možností nastavení týká dnes již nedostačující.
- **KISSlicer** – program Jonathana Dummera, na kterém kromě dalších také spolupracoval jeden z propagátorů tiskáren BfB (Jonathan Wong – chylld). Tento program je ve spojení s tiskárnou RapMan ideální, protože obsahuje daleko podrobnější možnosti nastavení tisku včetně různých typů raftů, výplní, podpor atd. V základní verzi, která bohatě postačuje, je k dispozici zdarma.

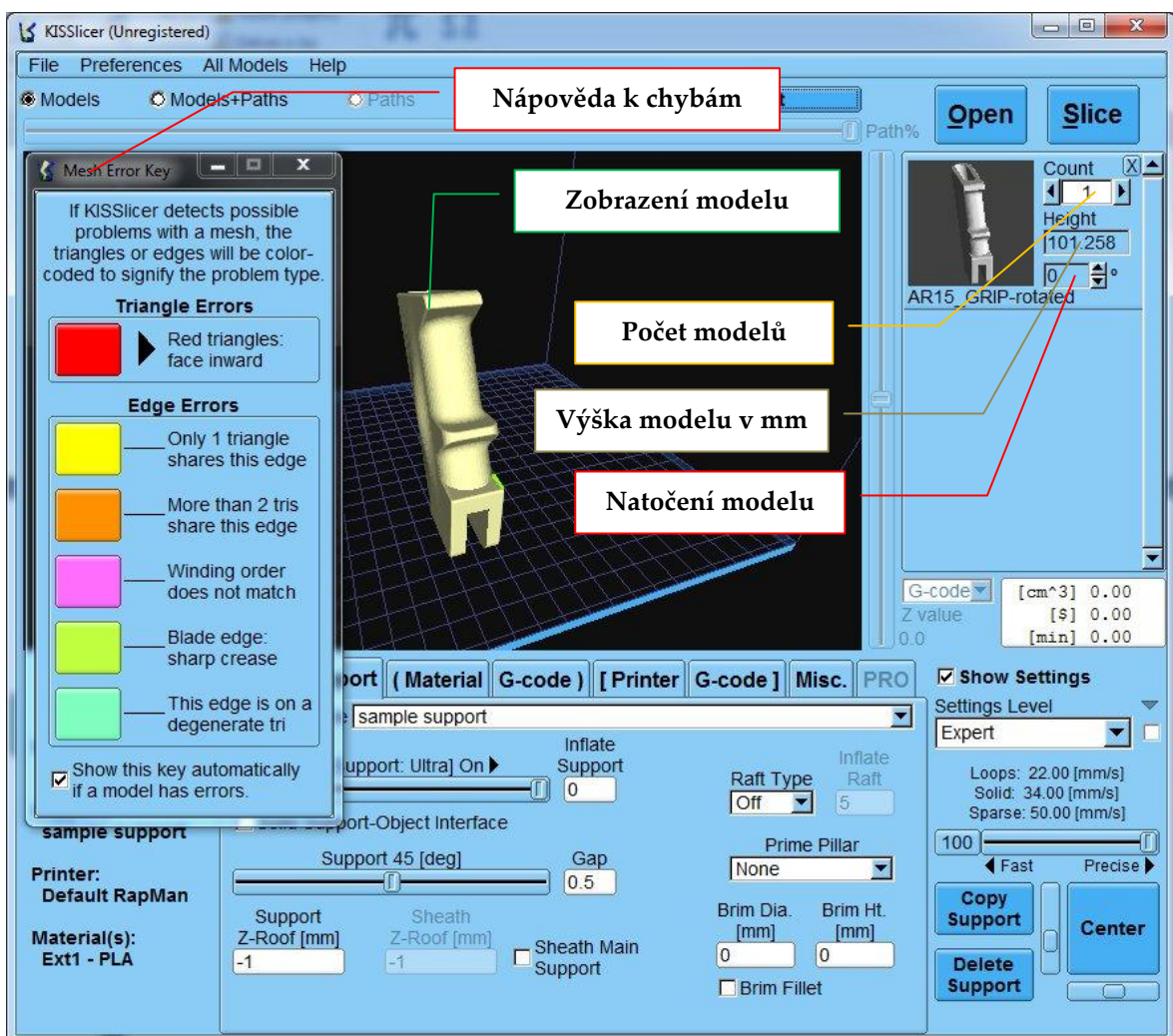
KISSlicer lze stáhnout ze stránek autora zde: <http://www.kisslicer.com/>. Aktuální verze je označena jako unstable version 1.5 beta 1, což znamená „nestabilní“. Tato verze programu ve skutečnosti nese označení version 1.4.5.10 a i přes své označení je stabilní jak v 32bit, tak i 64bit verzi.

Použití programu je velice jednoduché, i když neexistuje v CZ lokalizaci. Každá vlastnost tisku, kterou lze nastavit, je opatřena **nápovědou** přímo u ovlivňujícího prvku v programu – stačí na něj ukázat kurzorem myši a objeví se popisné pole s vysvětlením.

Program má řadu funkcí a nastavení, které ani nevyužijeme, protože pro ně nenajdeme u této tiskárny použití. Důležitá nastavení a základní práci s programem si ukážeme v následujícím postupu.

Postup – nastavení parametrů tisku:

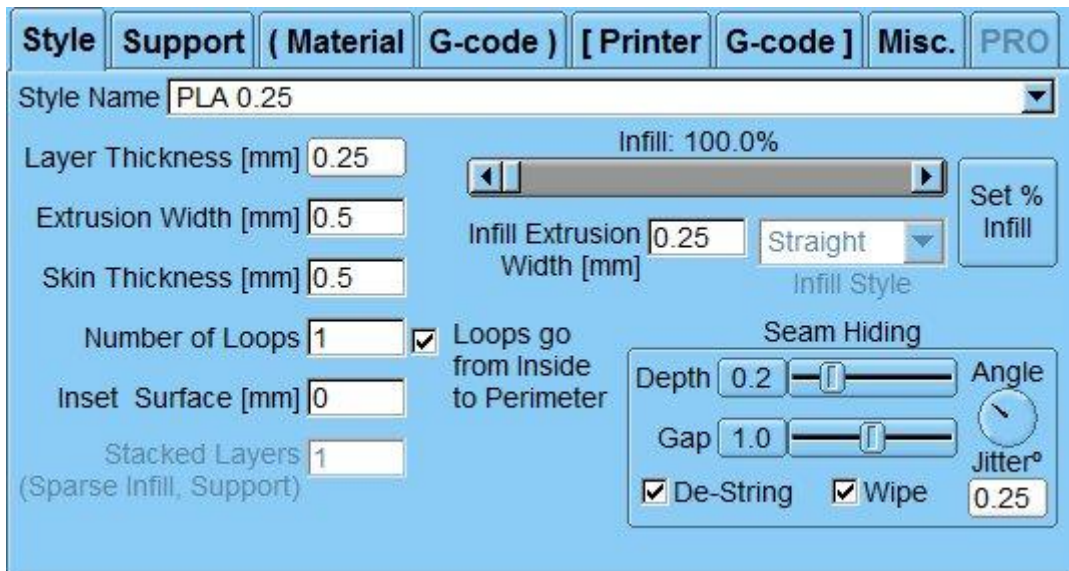
- 1) Po spuštění programu nejdříve otevřeme opravený model ve formátu STL pomocí hlavní nabídky a volby **File – Open STL Model(s)**. Otevření více modelů je umožněno pouze v placené verzi PRO, nicméně není problém si ve SketchUpu nachystat model, který bude tvořen více samostatnými objekty.
- 2) Pokud model není zcela v pořádku, tak se po jeho otevření v modelu barevně zvýrazní chyby a objeví se nápověda v okně *Mesh Error Key* (viz Obr. 73). Někdy nepomůže ani jeden způsob opravy STL modelu pomocí netfabb.



Obr. 73: KISSlicer a chyba v modelu s nápovědou

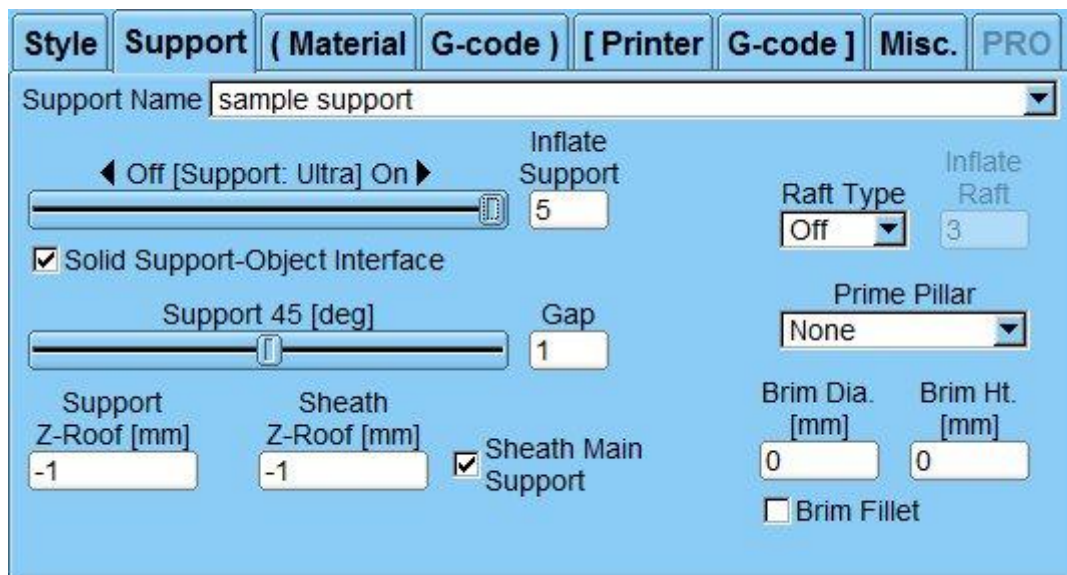
- 3) Některé chyby můžeme ignorovat, i přesto se model většinou vytiskne, popř. se vytiskne s drobnými nedostatky. Zásadní chyby jsou označeny fialovou barvou.

- 4) Všechna nastavení jsou v programu umístěna v dolní části v jednotlivých záložkách.
- 5) Záložka **Style** spravuje celý profil se všemi podstatnými nastaveními.



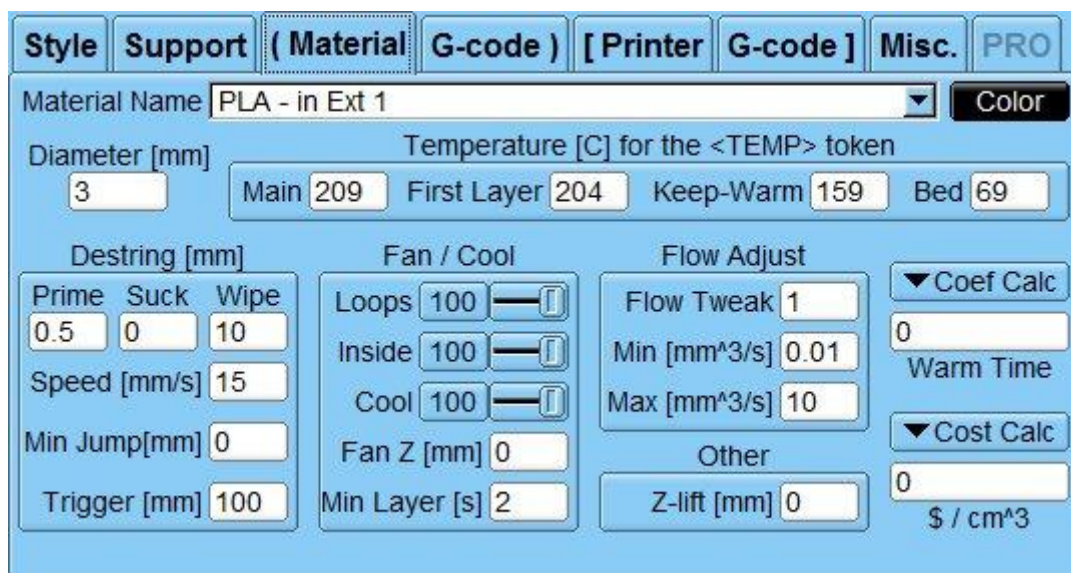
- **Style Name** – výběr předvoleného profilu,
- **Layer Thickness** – výška jedné vrstvy tisku (o kolik se s každou další vrstvou sníží pult), ideálně 0.25 mm,
- **Extrusion Width** – šířka tisknuté dráhy, ideálně 0.5 mm,
- **Skin Thickness** – šířka obvodových stěn výtisku včetně dna a vrchu, ideálně 0.5 mm,
- **Number of Loops** – kolik drah (smyček) bude použito pro vytvoření obvodových stěn,
 - **Loops go from Inside to Perimeter** – při zatržení se nejdříve tiskne výplň a následně se ohraničí dráhou vnější stěny (pro hladší výtisk), bez zatržení se první tiskne dráha vnější stěny (**perimetr**), a teprve potom výplň (pro přesnější rozměry výtisku),
- **Inset Surface** – šířka vložených vnitřních stěn (ponechat na 0),
- **Infill: 100.0%** – procenta výplně výtisku:
 - 100 % – celistvá výplň (znemožněno nastavit Infill Style),
 - 50 % a méně – možnost nastavit **Infill Style** (Straight – v linkách tvořících mřížku, jednoduché, rychlé a pevné; Octagonal – osmiúhelníky, složité, vyžadován delší čas, velmi pevné; Rounded – kroužky, méně pevné ale může být vizuálně efektní),

- **Hollow a Vase** – tisk bez výplně (pouze perimetry),
 - **Infill Extrusion Width** – šířka drah výplně (ponechat stejně jako Extrusion Width),
 - **Seam Hiding** – nastavení backtracking a de-string vlastností (ponechat dle obrázku),
- 6) Záložka **Support** umožňuje nastavit styl podpor a raftu.



- **Support Name** – název profilu pro podpory a raft,
- **Vrchní táhlo** – vpravo 100 % podpory, vlevo bez podpor,
- **Solid Support-Object Interface** – při zatržení se i pro podpory vytváří raft, což zlepšuje přilnavost k pultu (zejm. u tenkých podpor, které se rády odlepují),
- **Spodní táhlo** – úhel odlomitelných podpor (ideálně 45 °C – půlka táhla),
- **Support Z-Roof a Sheath Z-Roof** – ponechat na -1,
- **Sheath Main Support** – zpevní spodní část podpor vytištěním perimetru (nepoužívat v případě nutnosti vnitřních podpěr),
- **Inflate Support** – horizontálně ve všech směrech rozšíří podpory pro jejich další zpevnění,
- **Gap** – mezera mezi podporami a perimetrem výtisku,
- **Raft Type** – nastavení pro raft:
 - **Off** – tisk bez raftu, ideální pro tisk z PLA,
 - **Skirt** – nejedná se přímo o raft, je představován jednou obvodovou drahou kolem perimetru ve vzdálenosti nastavené v *Inflate Raft*,

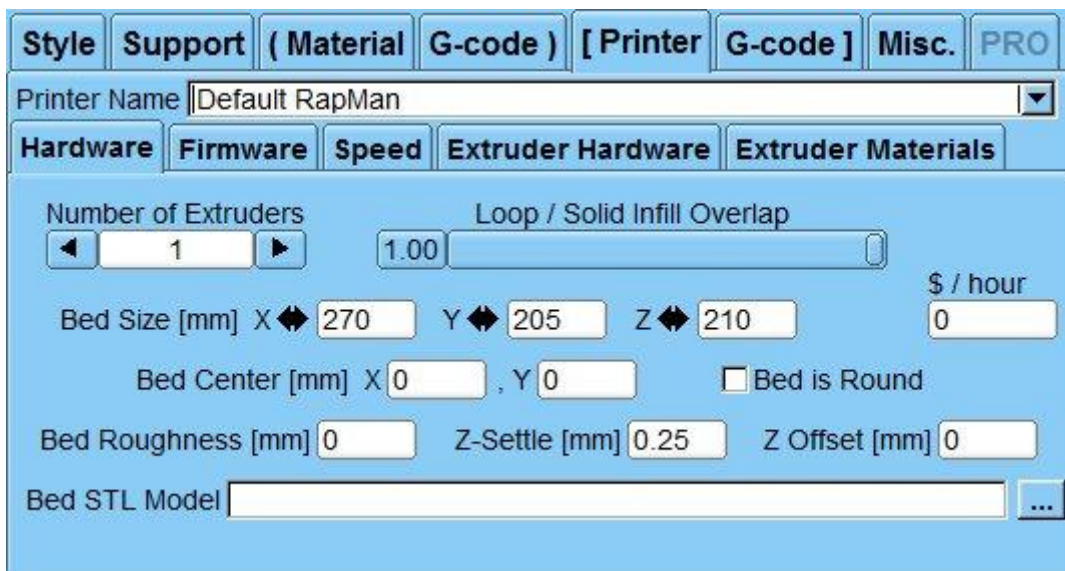
- **Grid** – raft tvořen mřížkou, který přesahuje perimetr o vzdálenost určenou v *Inflate Raft*, ideální pro tisk z ABS,
 - **Pillar** – u tiskárny RapMan 3.1 nepoužitelné,
 - **Prime Pillar** – většinou **None**, pokud se povolí volbou Enabled, tiskne vedle výtisku kruhový pilíř, který dává prostor pro vychladnutí vrstev malých výtisků, nebo naopak udržuje teplotu druhého extruderu v případě, že jich má tiskárna více,
 - **Brim Dia.** – zvětší spodní vrstvu o další dráhy (smyčky),
 - **Brim Ht.** – šířka těchto smyček,
 - **Brim Fillet** – zaokrouhlí smyčky,
- 7) Záložka (**Material** definuje teploty, chlazení a minimální dobu tisku jedné vrstvy.



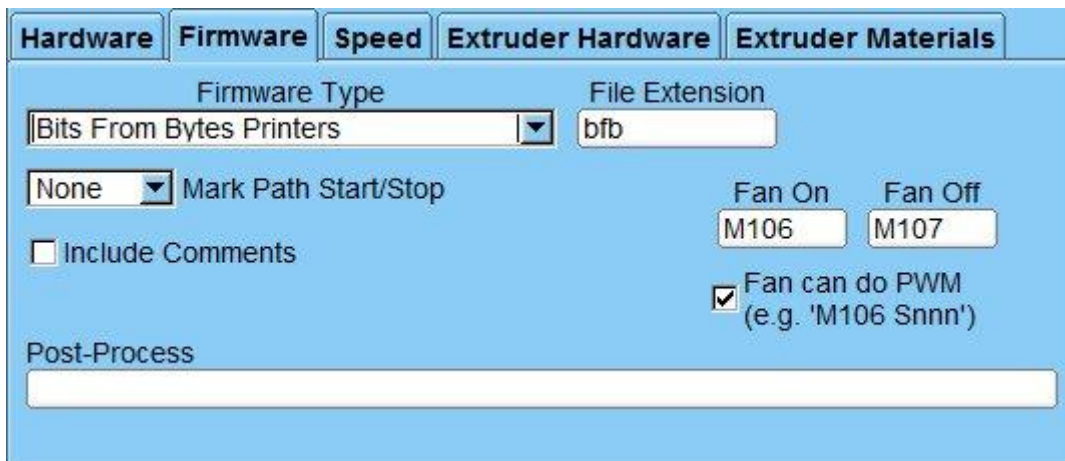
- **Material Name** – název profilu materiálu,
- **Diameter** – průměr struny,
- **Destrings** – ponechat dle obrázku,
- **Main** – tavná teplota tisku modelu,
- **First Layer** – teplota první vrstvy a raftu (je-li použit),
- **Keep-Warm** – nefunkční,
- **Bed** – teplota vyhřevného lůžka (je-li součástí vybavení tiskárny),
- **Fan / Cool** – nastavení větráku a minimálního času na vrstvu:

- **Loops** – chlazení perimetru a smyček v procentech – 100 % zapnuto vždy (ideální pro PLA, ABS se většinou nechladí vůbec),
- **Inside** – chlazení výplně – (100 % ideální pro PLA),
- **Cool** – nastavení procent chlazení při dosažení minimálního tiskového času na vrstvu,
- **Fan Z** – zapne větrák až při dosažení nastavené výšky,
- **Min Layer** – minimální doba tisku jedné vrstvy, u velmi malých vrstev zaručí zpomalení všech pohybů extruderu i struny,
- Zbytek ponechat dle obrázku.

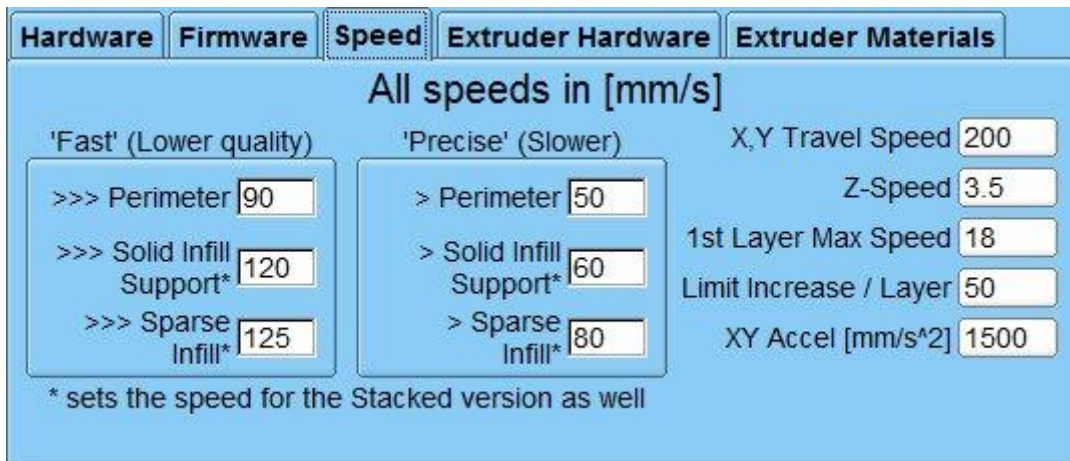
8) Záložka [**Printer** obsahuje podzáložky pro obecná nastavení tiskárny.



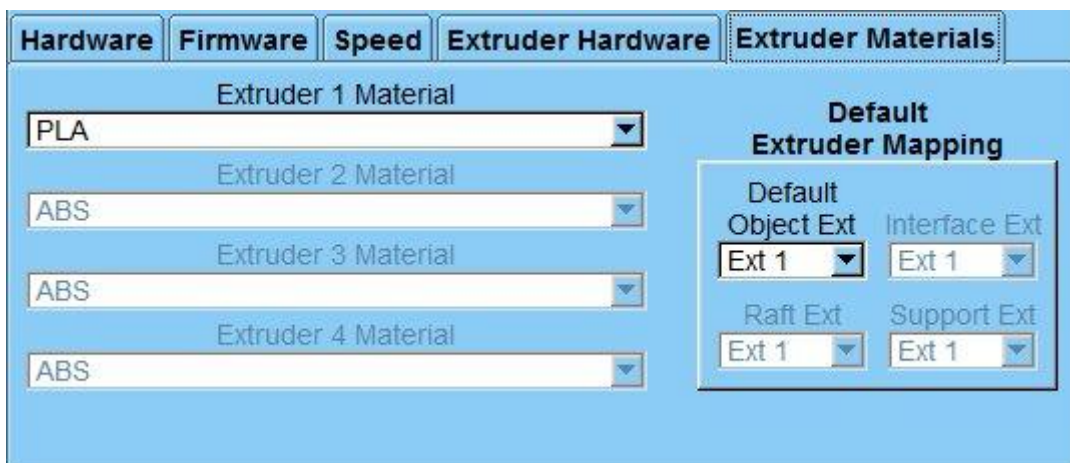
- **Hardware** – počet extruderů, přesah smyček a výplně, rozměry tiskového pultu atd. (nastavení dle obrázku),



- **Firmware** – nastavení dle obrázku,

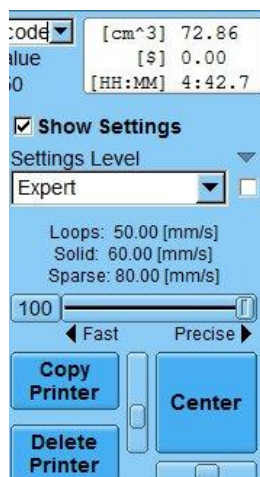


- **Speed** – vlevo ('Fast') nejvyšší rychlosti tisku perimetru, výplně a řidké výplně, vpravo ('Precise') nejmenší rychlosti pro precizní tisk, zbytek ponechat dle obrázku,
- **Extruder Hardware** – přiřazení extruderu ose,



- **Extruder Materials** – přiřazení materiálu k extruderu,

9) Pravá dolní strana programu:



- nahoře [HH:MM] – přibližný čas tisku při aktuálním nastavení,
- táhlo < **Fast Precise** > – rychlost tisku podle nastavení v záložce Speed
- tlačítko **Center** – umístí model do středu tiskového pultu,
- **dvě k sobě kolmá táhla** – posunutí umístění modelu na tiskovém pultu;

- 10) Po nastavení všech parametrů necháme model rozřezat na dráhy a vrstvy tlačítkem **Slice** vpravo nahoře programu.
- 11) Po rozřezání se tlačítko Slice změní na **Save**, kterým uložíme rozřezaný model do souboru s příponou .bfb.
- 12) Soubor zkopírujeme na SD kartu.
- 13) Kartu vložíme do tiskárny a spustíme tisk.

Příklad – nastavení parametrů tisku a uložení bfb souboru:



V programu KISSlicer otevři libovolný již vytvořený model v STL formátu. Nastav, rozřež a ulož výsledky dle následujících parametrů:

- 1) ABS tisk s raftem typu grid rozšířený o 10 mm, výška vrstvy 0.25 mm, šířka dráhy 0.5 mm, 100 % výplň šířky 0.25 mm, šířka obvodových stěn 0.5 mm, počet smyček 1, podpory 100 % pod 45 °, rozšíření podpor o 1 mm s mezerou 0.5 mm, tavící teplota 246 °C, teplota první vrstvy 243 °C, bez jakéhokoliv chlazení, se zvolenou precizní rychlostí (perimetr 24, výplň 32, řídká výplň 50),
- 2) ABS tisk s raftem typu grid rozšířený o 10 mm, výška vrstvy 0.25 mm, šířka dráhy 0.5 mm, 50 % výplň šířky 0.25 mm stylu Octagonal, šířka obvodových stěn 0.25 mm, počet smyček 2, podpory 100 % pod 45 °, rozšíření podpor o 2 mm s mezerou 0.5 mm, tavící teplota 246 °C, teplota první vrstvy 243 °C, bez jakéhokoliv chlazení, se zvolenou precizní rychlostí (perimetr 24, výplň 32, řídká výplň 50),
- 3) PLA tisk bez raftu, výška vrstvy 0.25 mm, šířka dráhy 0.5 mm, 100 % výplň šířky 0.25 mm, šířka obvodových stěn 0.5 mm, počet smyček 1, podpory 100 % pod 45 °, rozšíření podpor o 1 mm s mezerou 0.5 mm, tavící teplota 209 °C, teplota první vrstvy 204 °C, se zapnutým chlazením, se zvolenou precizní rychlostí (perimetr 50, výplň 60, řídká výplň 80),
- 4) PLA tisk bez raftu, výška vrstvy 0.25 mm, šířka dráhy 0.5 mm, 33 % výplň šířky 0.25 mm stylu Rounded, šířka obvodových stěn 0.5 mm, počet smyček 1, podpory 100 % pod 45 °, rozšíření podpor o 1 mm s mezerou 0.5 mm, tavící teplota 209 °C, teplota první vrstvy 204 °C, se zapnutým chlazením, se zvolenou precizní rychlostí (perimetr 32, výplň 40, řídká výplň 50),
- 5) PLA tisk bez raftu, výška vrstvy 0.25 mm, šířka dráhy 0.5 mm, 100 % výplň šířky 0.25 mm, šířka obvodových stěn 0.5 mm, počet smyček 1, podpory 100 % pod 45 °, rozšíření podpor o 2 mm s mezerou 0.75 mm, tavící teplota 209 °C, teplota první vrstvy 204 °C, se zapnutým chlazením, se zvolenou precizní rychlostí (perimetr 28, výplň 42, řídká výplň 62);

16.5 Údržba tiskárny

Každý stroj je potřeba občas seřídít a promazat – provést jeho základní údržbu. Při jakémkoliv zásahu do stroje je potřeba mít na paměti důležité skutečnosti. Platí:

- nikdy nepřipojovat elektroniku ke zdroji bez připojení motorů – hrozí spálení elektroniky,
- pravidelně promazávat mechanické součásti tiskárny, zejm. lineární a radiální ložiska, šroubové tyče a vodící leštěné tyče (WD sprej, vazelína, tuk na promazávání součástí kol, atd.),
- pravidelně kontrolovat napnutí ozubených pásů jak osy X a Y, tak spodní pás osy Z (pomocí Z napínače),
- pravidelně kontrolovat a dotahovat uvolněné šrouby, které nejsou povoleny záměrně,
- tiskárnu provozovat a skladovat v prostorech s teplotou nad 10 °C,
- materiál ve formě strun skladovat na suchém místě pokud možno se stabilní teplotou kolem 20 °C (při dlouhodobém vystavení teplotám pod 5 °C mohou struny popraskat),
- pro připojení tiskárny ke zdroji elektrického proudu použít záložní zdroj (UPS);



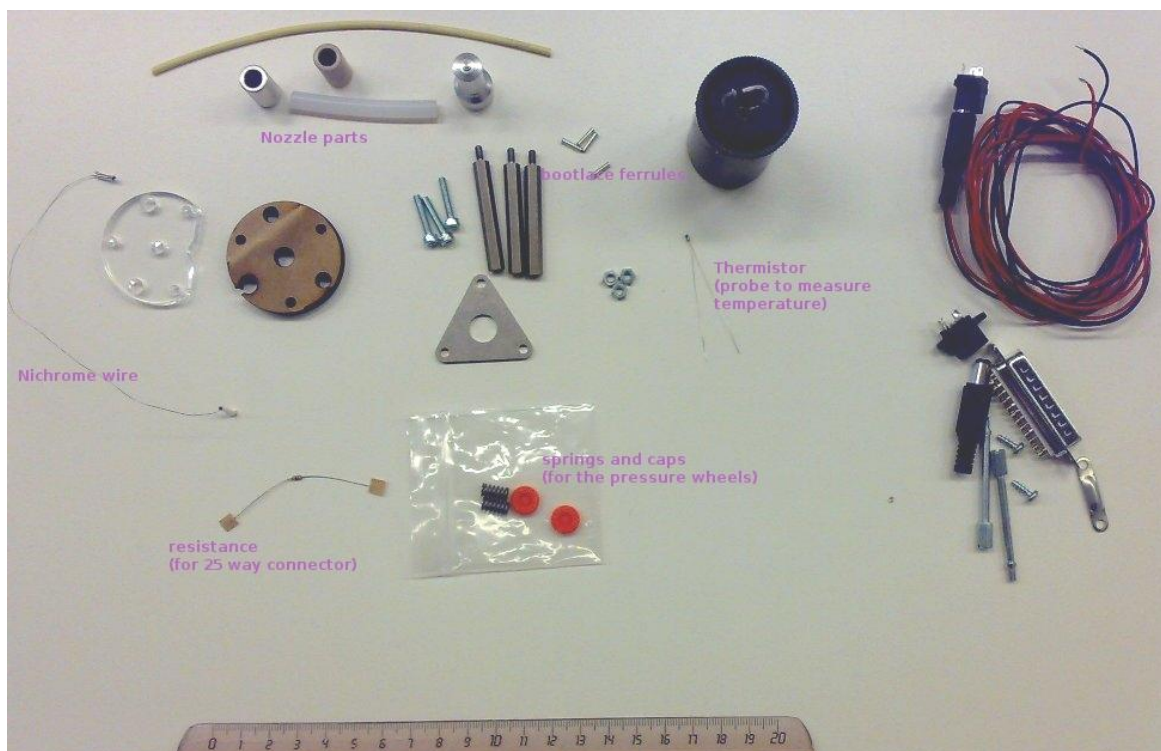
Obr. 74: Prostředky údržby tiskárny

16.6 Extruder tiskárny

Extruder je hlavní výkonná jednotka tiskárny, která realizuje samotné natavení struny v tavné hlavě a extrudování (vytlačování) taveniny na tiskový pult pomocí převodu z krokového motoru a závitů pohybujícím strunou.



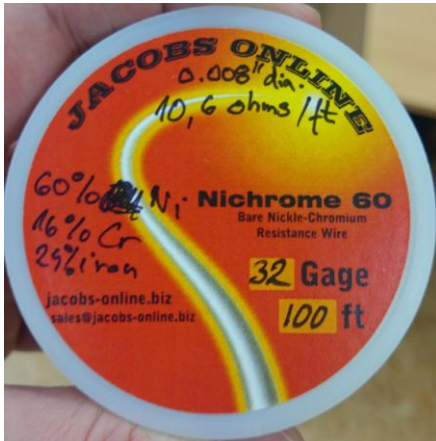
Obr. 75: Tavná hlava extruderu tiskárny RapMan 3.1 [41]



Obr. 76: Součásti extruderu tiskárny RapMan 3.1 [42]

Tavná hlava je tvořena hliníkovou tryskou (nozzle) s průměrem otvoru 0.5 mm, tenké PTFE trubičky a tlustší PEEK a hliníkové trubičky, které slouží převážně jako chladiče. Blízko ústí trysky je otvor pro zanoření termistoru (200 Kohm glass-thermistor), který na základě naměřeného odporu a interpretace elektroniky

zjišťuje aktuální teplotu tavné hlavy. Kolem těla trysky je pomocí žáruvzdorného cementu vytvořena izolace od hliníkového povrchu. Na této izolaci je okolo trysky vinutí z odporového drátu (nichrome wire), který zvyšuje teplotu hlavy – důležité vlastnosti tavného drátu lze vidět na Obr. 77. Větší část trysky je obalena červeným (či černým) silikonem do 350 °C kvůli pomalejším ztrátám tepla tavné hlavy.



- 0.008 " (palců) průměr – 0.203 mm,
- 60 % Nikl,
- 16 % Chrom,
- 24 % Železo,
- 10.6 ohmů na cca 30.5 cm;

Obr. 77: Vlastnosti odporového drátu extruderu

Při poškození tavné hlavy je většinou potřeba jeho znovu-sestavení pomocí následujících propriet.



Obr. 78: Proprietu potřebné při opravě tavné hlavy

Vlevo nahoře je kyblík se žáruvzdorným cementem (tepelný tmel) odolným do 1000 °C, následuje tuba se silikonem do 350 °C, odporový drát, vlevo dole pak termistor a dvě příchytky.

16.7 Nástroje pro práci s výtiskem

Před zahájením 3D tisku je potřeba jediný nástroj, kterým je **strouhátko na tužky** pro ostrouhání konce struny do špičky při jejím nasazování do extruderu (popř. její výměně). Vhodné je také použití **pinzety** pro odstranění prolitého materiálu „na volno“ před zahájením tisku.

Při 3D tisku samotném nejsou nutné prakticky žádné nástroje. Jejich čas přichází až po dokončení tisku, kdy je potřeba v první řadě odstranit výtisk z tiskového pultu tiskárny.

K odstranění výtisku z pultu se používá buď **z jedné strany zостřená špachtle** (autorem preferováno), nebo příborový nůž.

Po osamostatnění výtisku je často nutné odstranit raft (jedná-li se o tisk s raftem), nebo podpory (nejedná-li se o tisk bez podpor). Pro tyto činnosti jsou vhodné různé „zubařské“ **nástroje** (viz Obr. 79 uprostřed) a malé kleště (vpravo dole).



Obr. 79: Nástroje pro práci s výtiskem

Pro velmi zručné jedince s takřka hodinářským citem pro detail přichází v úvahu také **dlátka** (viz Obr. 80), nicméně zde je potřeba věnovat opravdu velkou pozornost na přítlak dlátka (např. pro odstranění raftu), aby nebyl poškozen i samotný výtisk.



Obr. 80: Sada dlát

Kromě výše zmíněných jsou na Obr. 79 ještě vidět další nástroje: smirkový papír a brusný vlies (houba) vpravo, kladivo pro pevněji připečené výtisky (v kombinaci se špachtlí) a pilníky.

Pro dobroušnění a dodatečnou úpravu výtisků lze také použít elektrického nářadí. Užitečné jsou zejm. **plynové hořáky** a **mikrobrusky** s bohatou výbavou nástrojů pro řezání, broušení, leštění, frézování a gravírování. Mezi přední výrobce tohoto nářadí patří firmy Dremel, Bosh a Extor (viz Obr. 81 a 82).



Obr. 81: Mikrobrusky Dremel – vpravo akumulátorová Dremel 7700, vlevo Dremel 300



Obr. 82: Plynový hořák Dremel Versa-Flame 2200

Plynový hořák se používá pro zjemnění nedostatků např. při nedotažení výplně k perimetru nebo ke slití viditelných vrstev. V podstatě lze použít i jako prostředek povrchové úpravy.

Důležitým bodem, který již byl zmíněn, je **odstranění podpor**. Odlomitelné podpory, které jsou vně perimetru výtisku lze poměrně snadno odlomit kleštěmi, popř. je nejdříve lehce oddělit od perimetru např. dlátkem. Vnitřní podpory, jež jsou z venku přístupné, je možno vypreparovat nějakým „zubařským“ nástrojem, dlátky, nebo i kleštěmi. Nelze-li uvnitř výtisku podpory odstranit, nezbyvá než je tam nechat ztracené. Většinou je vhodné dopředu rozmyslet návrh modelu a vlastnosti tisku tak, aby v ideálním případě nebylo podpor vůbec třeba.

Při odstraňování podpor se většinou postupuje **od nejmenších k největším** nosným podporám tak, aby byl výtisk co nejdéle podporami zpevňován v nejvíce náchylných částech na zlomení.

U dvou-extruderových tiskáren lze tisknout podpory z jiného materiálu než výtisk, což je vhodné v kombinaci s **ultrasonickým tankem** – přístroj, v němž se po cca 48 hodinách chemickou cestou a ultrazvukem rozloží podpory z PLA materiálu a zůstane pouze výtisk z ABS.

16.8 Povrchové úpravy výtisků

Plasty lze povrchově upravovat mnoha způsoby: lakováním, pokovováním, kaširováním, povlakováním (např. laminace), desénováním, leštěním, sametováním (nebo také flockováním) a potiskováním. [43]

Některé technologie povrchových úprav jsou v běžných uživatelských podmínkách nedostupné. Mezi dostupné technologie patří **leštění** výtisků pomocí:

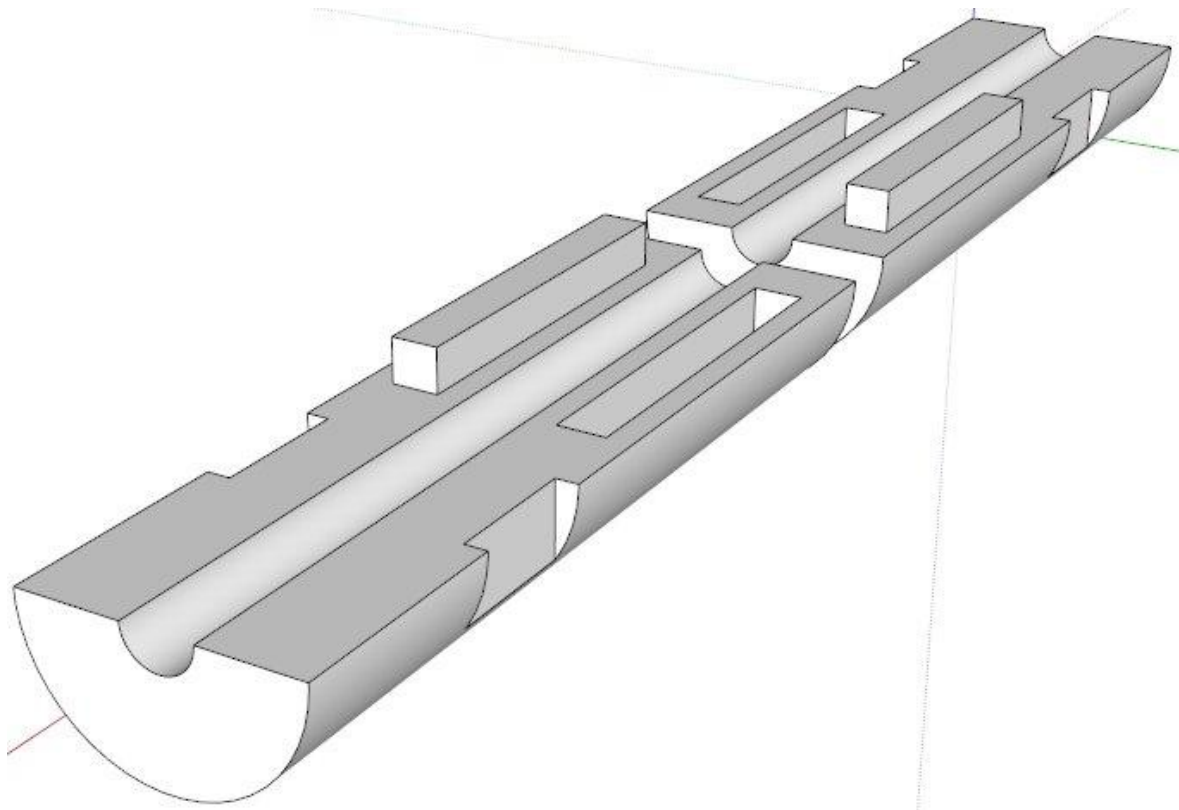
- **broušení** mikrobruskami, pilníky, smirkovým papírem, leštícími kotouči, a další (při těchto úpravách je vhodné výtisk chladit vodou, např. rozprašovačem na rostliny),
- **leštění plynovým hořákem** (butan)
- **leptání ABS acetonovými parami** – je pozvolnější jak plynovým hořákem, princip je založen na výtisku zavěšeném v ústí kádinky s acetonem, která je jedno-plotýnkovým elektrickým vařičem zahřívána na teplotu kolem 50 – 55 °C (teplota varu acetonu je 56 °C). Přitom se odpařují acetonové páry, které leptají povrch výtisku. Tím je dosaženo zjemnění povrchu a vyššího lesku (přirovnáno k zesklotění). **Při tomto postupu je třeba dbát zvýšené opatrnosti** (aceton je vysoce hořlavá a dráždivá kapalina) – pracovat v dobře větrané místnosti s použitím ochranného respirátoru a dodržovat zásady BOZP a PO.

16.9 Spoje komponent výtisků

Při návrhu modelů je vhodné zvažovat možnosti jejich tisku. Často je vhodnější původně celistvý jednoduší model rozložit na více komponent, ať již kvůli snadnější kontrole při tisku a kvalitnějšímu provedení výsledku, tak i s ohledem na jejich pozdější funkcionalitu. Některé modely je třeba rozdělit na více částí i z důvodů jejich velikosti, či nemožnosti vytisknout jako celistvý model najednou.

U takovýchto modelů je již při návrhu nutné promyslet a navrhnout vhodný typ spojů, a ty pak zohlednit v modelu např. zpevněním některých více namáhaných částí, vytvořením per a drážek, závitů, zapuštění matek, popř. perforací lepených částí pro zvětšení styčných ploch.

- **spoje zámky** (pero – drážka, apod.) – „záklapkové systémy“, držící samostatně bez lepení (viz Obr. 83).



Obr. 83: Příklad návrhu zámkového spoje typu pero – drážka (dvě části)

- **spoje šroubové** (šroub – matka, apod.) – využití klasických šroubových spojů je oblíbeným způsobem i v případě spojování plastů. Zde je však nutné zohlednit podstatně **vyšší křehkost** komponent, jako např. u kovových materiálů. Častou výhodou je možnost navržení modelu s již připravenými zapuštěními hlavic šroubů nebo matek. V 3D galerii objektů SketchUpu existuje řada předpřipravených modelů matek, které lze jednoduše vložit do svého modelu a nechat je protnout s modelem v místě zapuštění. Pak již stačí odstranit

model matky a výsledný tvar zapuštění bude odpovídat použité matce. Stejný způsob lze použít pro vytvoření zapuštění hlavic šroubů. U šroubových spojů plastových částí je vhodné vždy myslet i na využití podložek. Pro zajištění menší šance samovolného uvolnění spoje se využívá pružných podložek či pojistných matic. Také lze navrhnout model s o něco menšími otvory pro šrouby a využít tak jejich samořezných vlastností bez nutnosti zafixování matkou. I když lze použít i klasické vruty, v případě plastů jsou pro tento účel ideální speciální **samořezné šrouby do plastu**.

- **spoje lepené** – při lepení plastů je třeba vzít v potaz, že ne všechny plasty jsou slepitelné. V případě **ABS a PLA** však problém slepitelnosti odpadá – **oba materiály jsou dobře slepitelné** převážně rozpouštědlovými a epoxidovými lepidly (viz Obr. 62). Pro zajištění lepší přilnavosti je vždy vhodné obě lepené plochy důkladně **obrousit** (souběžně s chlazením vodou), čímž dochází i k jejich **odmaštění a zdrsnění**. Postup je stejný i při přípravě lakování a natírání, kdy je nasnadě použít ještě základní nátěr na plasty. Ideální pro vteřinové lepení je bohužel velmi drahý Loctite 408. Pro dosažení velmi pevných a odolných spojů plastů existuje také univerzální lepidlo UHU Allplast, které lze pořídit za zlomek ceny Loctite 408. Vhodných lepidel je samozřejmě více, stačí si nechat poradit v jakékoliv tímto se zabývající prodejně. Pokud však nehraje roli pevnost a odolnost spoje, lze bez větších problémů použít jakékoliv lepidlo pro lepení plastových modelů (např. Agama, Ravell, Draco, Pattex, atd.).

Shrnutí – 3D tiskárny:

V této kapitole jsme znovu zmínili základní použitelné metody 3D tisku s jejich výhodami i nevýhodami. Věnovali jsme se automatické opravě STL modelů, vlastnostem konkrétních tiskových materiálů (ABS a PLA) a nastavení parametrů tisku při jejich použití. Také jsme se podrobně seznámili s ovládáním řídicí elektroniky, tiskem a s údržbou tiskárny RapMan 3.1. Objasnili jsme i použití nástrojů pro práci s výtiskem, možnosti povrchových úprav a spoje komponent.

Díky těmto získaným kompetencím můžeme využívat 3D tiskárny jako metodu jak rapid prototypingu, tak i pro ostrou produkci výrobků z plastu. Kromě těchto využití mají 3D tiskárny obrovský význam i v edukativním (vzdělávacím) využití.



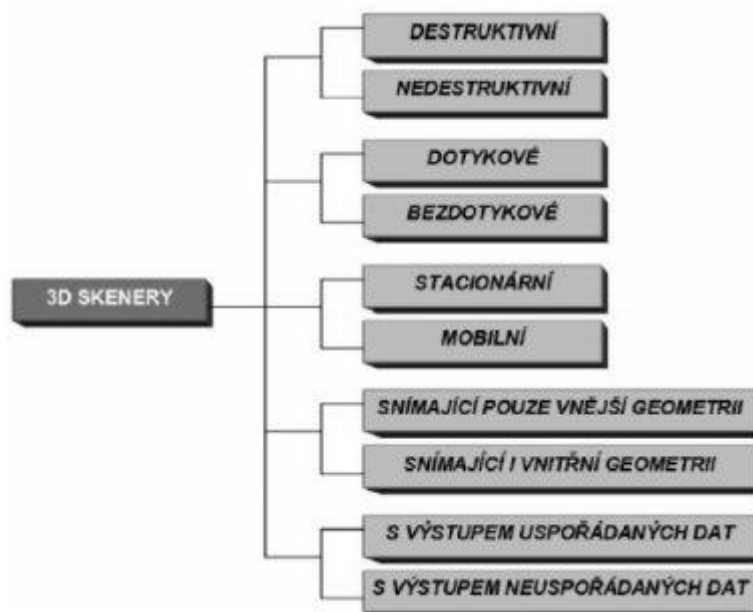
TÉMA 5:

E) 3D skenování

17 3D skenování

Velmi vhodné doplnění pro použití 3D tisku představuje možnost digitálně nasnímat složité tvarované objekty (např. obličej, sochy či jiná umělecká díla, atd.), čímž se zabývají metody 3D skenování. 3D skenování je v podstatě **nasnímání skutečného 3D objektu a převedení získaných dat do 3D modelu**. Provádí se většinou optickými nedestruktivními metodami. Význam 3D skenování spočívá nejen v usnadnění získání 3D modelu pro 3D tisk, ale hraje významnou roli i v případech archivace uměleckých děl, konstrukce virtuálních prostorů (např. celých interiérů muzeí a galerií se všemi jejich exempláři), a v neposlední řadě také identifikace osob pro různé účely. Velký přínos 3D skenování lze vidět i v produkci počítačových her (zejm. převod přirozených lidských pohybů), v medicíně a jako prostředek reverse engineeringu a analýz.

Základní rozdělení 3D skenerů může vypadat následovně:

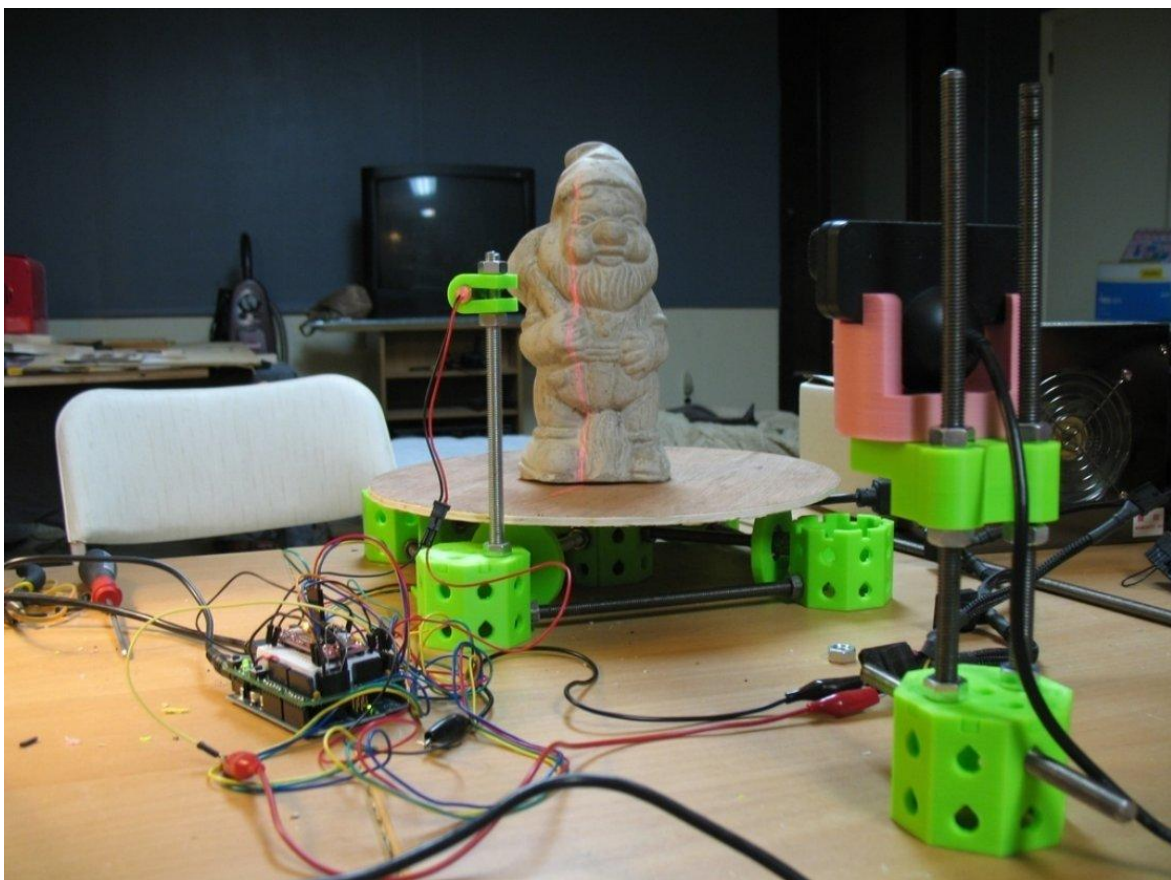


Obr. 84: Obecné rozdělení 3D skenerů [44]

Pro využití v souvislosti s 3D tiskem jsou ideální nedestruktivní bezdotykové mobilní 3D skenery, které snímají pouze vnější geometrii a mají výstup uspořádaných dat. I když nejsou vždy až tak mobilní, jak by uživatel preferoval, nejedná se většinou o robustní robotické systémy. Proto i jejich pořizovací cena není nijak vysoká. Na ty nejjednodušší, avšak použitelné, dokonce stačí několik tisíc korun.

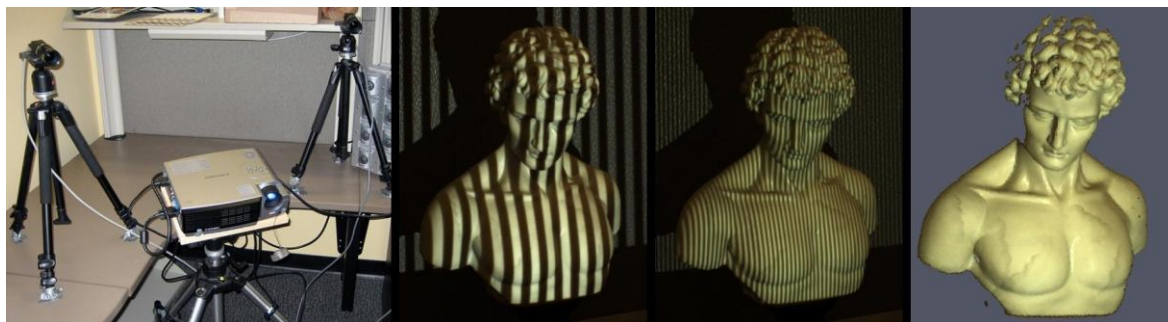
Existuje několik typů snímání 3D objektů v závislosti na jejich optické metodě:

- **snímání laserovým paprskem (lineárním)** – příkladem může být **David Laserscanner 3** (<http://www.david-3d.com/en/products/starter-kit-2>) nebo DIY projekt **Spinscan** (<http://www.thingiverse.com/thing:9972>). Principem je snímání hloubky objektů webovou kamerou (či lépe CCTV kamerami) na základě intenzity nasvícení paprskem laseru v podobě čáry. Jedná se o jednoduchou a levnou, avšak zdlouhavější možnost 3D skenování objektů převážně menších rozměrů (do 20 cm). Bohužel se nejedná o mobilní technologie.



Obr. 85: Spinscan uživatele tbuser na www.thingiverse.com [45]

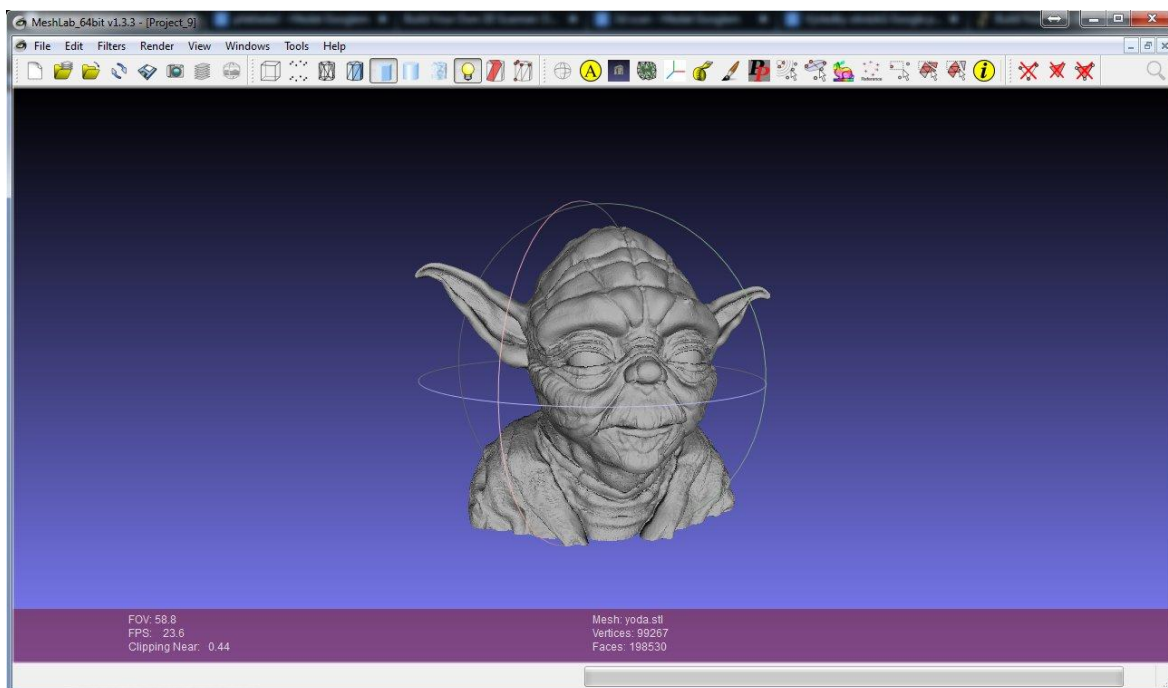
- **snímání hloubkovým senzorem** (structured light – SLS) – principem je opět kamera a nasvícení buď DLP projektorem ve formě několika úzkých proužků, díky jejichž nasnímané tloušťce je informace převáděna na hloubku objektu, nebo dvěma infračervenými senzory (Kinect). Příkladem může být stacionární SLS-2 (<http://www.david-3d.com/en/products/sls-2>), nebo mobilní systémy, vystavené na již existujících HW zařízeních, jako jsou např. Microsoft Kinect nebo Asus Xtion Pro, které lze pořídit od 3 000 do 6 000. Pak jen stačí zaplatit licenci libovolného 3D skenovacího programu (např. ReconstructMe v hodnotě cca 4900,- za jednu licenci). Celý systém lze pořídit za méně jak 10 000,-.



Obr. 86: Princip SLS skenování DLP projektorem [46]

Pro průmyslové či profesionálněji zaměřené snímání (např. na analýzu) existují systémy, jakými je např. Atos firmy MCAE Systems, s.r.o. z Kuřimi (<http://www.mcae.cz/3d-skenery>). Tyto systémy jsou vybaveny kamerami s vysokým rozlišením, čímž umožňují skenovat i nejmenší detaily, avšak za pořizovací cenu několika statisíců až miliónů korun.

Po úspěšném nasnímání reálného objektu do podoby polygonální sítě modelu v 3D skenovacím programu je většinou potřeba zpracovat a doladit model v nějakém k tomuto určeném programu. V praxi se osvědčil program **MeshLab**, který je k dispozici zdarma jako open source (otevřený zdroj – jsou k dispozici zdrojové kódy programu, viz <http://meshlab.sourceforge.net/>). V tomto programu lze doplnit nenasnímané plochy a celý model tím uzavřít na celistvý a tedy tisknutelný na 3D tiskárnách. Po opravě se model uloží v STL formátu a dále se opraví pomocí netfabbing služeb a vytiskne (viz předchozí kapitoly).



Obr. 87: Program MeshLab pro opravu naskenovaných objektů

18 Závěr

Problematika 3D tisku a 3D skenování se v současné době dostává stále více do všech možných oblastí lidského života. Je využívána pro dosažení vyšší efektivity firem, jako prostředek vizualizace myšlenky, jako stavební technologie i v medicíně a vesmírných programech. Jednoduše zatím lze 21. století nazvat „stoletím 3D technologií“, alespoň s ohledem na prvních 15 let. Bude-li mít současný překotný vývoj další pokračování, můžeme očekávat opravdu všestranné nasazení těchto technologií v běžném životě. Každopádně představa např. skutečné replikace potravin „ze Star Treku“ a jiných sci-fi filmů se stále více přibližuje realitě (a naopak). Ruku v ruce s optimistickou vizí budoucnosti však přichází i opačná, nepříliš pozitivní, vyhlídka ohledně zneužití všeho, co zneužít lze. Doufejme proto v lepší zítřky nejen v oblastech technologického pokroku lidstva, ale i mentálního a sociálního pokroku, který s novými technologiemi vždy souvisí.

S přáním úspěchu

Mgr. Petr Prokšenka

Seznam obrázků

Obr. 1: Kompozitní model v souvislosti s BIM [3].....	2
Obr. 2: Proces životního cyklu produktu s využitím metod BIM ve stavitelství.....	3
Obr. 3: Základního rozdělení návrhu	4
Obr. 4: Princip Stereolitografie [5].....	6
Obr. 5: Princip Selective Laser Sinteringu [5]	7
Obr. 6: Princip Fused Deposition Modelingu [5]	8
Obr. 7: Proces rapid prototypingu s komponentou reverse engineeringu (od myšlenky k výrobku)	10
Obr. 8: Rozdělení technických výkresů podle odvětví [10].....	12
Obr. 9: Formáty výkresů [10]	13
Obr. 10: Tabulka standardních měřítek.....	14
Obr. 11: Rozdíl mezi zobrazením průmětu a řezu ve 2D (vlevo) a pohledu ve 3D (vpravo).....	15
Obr. 12: Druhy pravoúhlého promítání	16
Obr. 13: Převod součástky ze 3D pohledu do ISO-E pravoúhlého promítání.....	16
Obr. 14: Druhy axonometrického zobrazení [10].....	18
Obr. 15: Technická izometrie [10].....	19
Obr. 16: Převod součástky ze dvou 2D průmětů do technické izometrie	20
Obr. 17: Jednotlivé druhy perspektivního zobrazení [11]	21
Obr. 18: Možnosti zobrazení v programu SketchUp (2D pohledy a rovnoběžné zobrazení technické izometrie)	22
Obr. 19: Možnosti zobrazení v programu SketchUp (jedno a dvou-úběžníková perspektiva).....	23
Obr. 20: Rozdíl mezi řezem a průřezem [10]	24
Obr. 21: Druhy řezů – příčný a podélný řez [10]	24
Obr. 22: Zakreslení přechodů a průniků se zřetelnými hranami [10].....	26
Obr. 23: Zakreslení přechodů a průniků s nezřetelnými hranami [10]	26
Obr. 24: Tabulka verzí formátu DWG [14].....	28
Obr. 25: Uložení výkresu v AutoCADu (ver. 2012) do formátu DXF	29



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 26: Prostředí a výkres v AutoCADu (ver. 2012).....	31
Obr. 27: Zobrazení součástky v Inventoru (ver. 2012)	32
Obr. 28: Zobrazení modelu automobilu ve 3D Studia Max (ver. 2012).....	33
Obr. 29: Prostředí a zobrazení modelu v programu Blender [17]	34
Obr. 30: Prostředí a zobrazení modelu v programu Rhinoceros [18]	34
Obr. 31: Prostředí a zobrazení modelu v programu Cinema 4D [19]	35
Obr. 32: Prostředí a zobrazení modelu v programu LightWave [20]	35
Obr. 33: Prostředí a zobrazení modelu v programu OpenSCAD [21]	36
Obr. 34: Základní terminologická východiska 3D modelování.....	37
Obr. 35: Metody 3D modelování [22]	38
Obr. 36: Nastavení kontroly modelů na problémy	40
Obr. 37: Nastavení hardwarové akcelerace	40
Obr. 38: Prostředí programu SketchUp.....	41
Obr. 39: Galerie 3D objektů	44
Obr. 40: Stažený model otevřený ve SketchUpu.....	44
Obr. 41: Nastavení zobrazení a pohledů	45
Obr. 42: Popis velké sady nástrojů (vybrané nástroje)	46
Obr. 43: Důležité součásti stavového řádku	47
Obr. 44: Nástroj sledovat – nahoře 1. fáze, dole výsledek	51
Obr. 45: Nástroj odsazení – vlevo šestiúhelník, vpravo obdélník	52
Obr. 46: Zadání č. 1 [24]	54
Obr. 47: Kontextová nabídka vyvolaná nad plochou.....	59
Obr. 48: Hladiny.....	61
Obr. 49: Textové nástroje	61
Obr. 50: Dialog vytvoření komponenty.....	64
Obr. 51: Lišty pluginů – vlevo nezadokované, vpravo zadokované v horním panelu.....	69
Obr. 52: Panel nastavení Curviloft pluginu – spline křivky.....	70
Obr. 53: Panel nastavení Curviloft pluginu – spline křivky s již vytvořenými plochami.....	70

Obr. 54: Dialog nastavení parametrů ozubeného kola pluginem Involute Gear	78
Obr. 55: Poloměr stoupání ozubeného kola naznačen modrou kružnicí	78
Obr. 56: Dialog nastavení parametrů ozubeného kola pluginem Key Involute Gear	79
Obr. 57: Vlevo Rapman 3.2 [25], vpravo Reprap Prusa Mendel [26]	86
Obr. 58: Vlevo MakerBot Replicator 2 [27], vpravo Rostock Delta printer [28]	86
Obr. 59: Vlevo Bonnet SLA [29], vpravo DLP Dwarf [30]	87
Obr. 60: SLS tiskárny – vlevo EOS Formiga P 100 [31], vpravo ARRK Spro SLS Center [32].....	88
Obr. 61: Vlevo DLMS EOSINT M270 [33], vpravo EBM Arcam Q10 [34]	89
Obr. 62: Tabulka srovnání ABS a PLA materiálů.....	90
Obr. 63: Uživatelské prostředí (GUI) programu netfabb Basic.....	92
Obr. 64: Kontextová nabídka programu netfabb Basic	93
Obr. 65: Webová stránka s přihlášením k cloud službě oprav modelů.....	94
Obr. 66: Webová stránka cloud služby po přihlášení	95
Obr. 67: Pojmenování součástí tiskárny RapMan 3.1 [40]	96
Obr. 68: Tiskárny firmy BfB (3D Systems) [39].....	97
Obr. 69: Specifikace tiskárny RapMan 3.1 [39]	98
Obr. 70: Bootloader pro instalaci firmware tiskárny RapMan 3.1	101
Obr. 71: Řídící elektronika tiskárny RapMan 3.1 – režim ovládání	102
Obr. 72: Řídící elektronika tiskárny RapMan 3.1 – režim tisku	102
Obr. 73: KISSlicer a chyba v modelu s nápovědou	105
Obr. 74: Prostředky údržby tiskárny	112
Obr. 75: Tavná hlava extruderu tiskárny RapMan 3.1 [41]	113
Obr. 76: Součásti extruderu tiskárny RapMan 3.1 [42].....	113
Obr. 77: Vlastnosti odporového drátu extruderu	114
Obr. 78: Propriety potřebné při opravě tavné hlavy	114
Obr. 79: Nástroje pro práci s výtiskem	115
Obr. 80: Sada dlát.....	116

Obr. 81: Mikrobrusky Dremel – vpravo akumulátorová Dremel 7700, vlevo Dremel 300.....	117
Obr. 82: Plynový hořák Dremel Versa-Flame 2200.....	117
Obr. 83: Příklad návrhu zámkového spoje typu pero – drážka (dvě části).....	119
Obr. 84: Obecné rozdělení 3D skenerů [44]	121
Obr. 85: Spinscan uživatele tbuser na www.thingiverse.com [45].....	122
Obr. 86: Princip SLS skenování DLP projektorem [46]	123
Obr. 87: Program MeshLab pro opravu naskenovaných objektů.....	123

Seznam referenčních zdrojů

- 1 AUTODESK, Inc. *Autodesk: Software pro 3D navrhování, projektování a zábavu* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://www.autodesk.cz/>
- 2 CAD STUDIO A.S. *BIM - informační model budovy* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/bim>
- 3 BIM: BIM Description from Bentley Systems, Incorporated. SO CAL BRONCO BUILDERS. *So Cal Bronco Builders* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://csupomonabroncobuilders.com/business-plan/technologies-and-efficiency/bim/>
- 4 TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI, FAKULTA STROJNÍ, KATEDRA VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ. *Přehled technik využívaných při Rapid Prototyping*. Liberec, 2012. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/download/rapid_prototyping/P%C5%99ehled%20technik%20vyu%C5%BE%C3%ADvan%C3%BDch%20p%C5%99i%20Rapid%20Prototyping.pdf
- 5 4ISP SPOL. S.R.O. *Informace o technologiích 3D tisku* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: <http://www.easycnc.cz/inpage/informace-o-technologiich-3d-tisku/>
- 6 Technologie 3D tisku. *ITnetwork.cz: Sociální síť pro IT profesionály* [online]. © 2015 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.itnetwork.cz/technologie-3d-tisk>
- 7 Vakuové lící systémy (MK Technology). MCAE SYSTEMS, s.r.o. *MCAE 3D digitální technologie* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/vakuove-lici-systemy>
- 8 *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Reverzní inženýrství* [online]. © 2014 [citováno 21. 12. 2014]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Reverzn%C3%AD_in%C5%BEen%C3%BDrstv%C3%AD&oldid=11400308
- 9 Reverse engineering (TEBIS). MCAE SYSTEMS, s.r.o. *MCAE 3D digitální technologie* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-21]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/reverse-engineering>
- 10 KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005, s. 20-50. ISBN 80-251-0498-2.
- 11 WEISSTEIN, Eric W. *Perspective*. WOLFRAM RESEARCH, Inc. *Wolfram MathWorld* [online]. © 1999-2014 [cit. 2014-12-26]. Dostupné z: <http://mathworld.wolfram.com/Perspective.html>

- 12 Příspěvatelé Wikipedie, *Computer aided design* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, © 2014 [cit. 2014-12-26] Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Computer_aided_design&oldid=11937184
- 13 Příspěvatelé Wikipedie, *DWG* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, © 2014, [cit. 2014-12-26] Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=DWG&oldid=11375057>
- 14 Příspěvatelé Wikipedie, *.dwg* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, © 2014, [cit. 2014-12-26] Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=.dwg&oldid=645450370>
- 15 CAD STUDIO A.S. *CAD Studio - řešení pro CAD/GIS/PLM, Autodesk Platinum Partner* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/>
- 16 Příspěvatelé Wikipedie, *Blender* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, © 2014, [cit. 2014-12-28] Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Blender&oldid=12139902>
- 17 Download: Blender: Worldstart's Tech Tips And Computer Help. *WorldStart* [online]. 18.6.2005 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.worldstart.com/download-blender/>
- 18 Creating Your First Toolbar/Button/Macro. *Rhino3DHelp.com: Tutorials for Rhinoceros®* [online]. © 2009 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.rhino3dhelp.com/tutorials/creating-your-first-toolbar-button-macro/>
- 19 MAXON Cinema 4D Studio. *Picturetools* [online]. neznámé [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: http://www.picturetools.de/Hersteller/Maxon/MAXON_CINEMA_4D_Studio?NS=1
- 20 NEWTEK INC. *LightWave - Production Proven* [online]. 24.11.2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <https://www.lightwave3d.com/>
- 21 KINTEL, Marius. *OpenSCAD: The Programmers Solid 3D CAD Modeller* [online]. neznámé [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.openscad.org/>
- 22 SLICK, Justin. 7 Common Modeling Techniques for Film and Games. *About Tech* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Introduction-To-3d-Modeling-Techniques.htm>
- 23 Příspěvatelé Wikipedie, *SketchUp* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, © 2015, [cit. 2015-01-26] Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=SketchUp&oldid=12183982>

- 24 Isometric Cube Drawing - Viewing Gallery. *Isometric Cube Drawing* [online]. neznámé [cit. 2014-12-26]. Dostupné z: http://www.pearlandisd.org/webpages/druley/files/isometric_worksheet1.jpg
- 25 RapMan 3.2 3D Printer Kit Education. PROTOCOM S.R.O. *Protocom* [online]. neznámé [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://protocom.pixyolab.cz/rapman-3-2-3d-printer-kit-education/>
- 26 Reprap Prusa Mendel 3D Printer. *Next Day Reprap* [online]. © 2012 NextDayRepRap.co.uk E&OE [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://www.nextdayreprap.co.uk/mendel-gallery/>
- 27 MAKERBOT REPLICATOR 2. *United Electronics* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://ue.jo/product/makerbot-replicator-2/>
- 28 Rostock Delta printer built. *RichRap* [online]. 8.4.2013 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://richrap.com/?p=182>
- 29 SLA 3D printer: Bonnet SLA. *3Dtechnologies* [online]. neznámé [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://3dtechnologies.cz/sla-3d-tiskarny/8-bonnet-sla.html>
- 30 DLP 3D TISKÁRNA DWARF. *NC Computers* [online]. © 2015 CyberSoft s.r.o. [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: http://www.nc.cz/dlp-3d-tiskarna-dwarf_d288788.html
- 31 Shapeways starts own 3D printing production. *The Shapeways Blog* [online]. 2011 © Shapeways, Inc. [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://www.shapeways.com/blog/archives/707-Shapeways-starts-own-3D-printing-production.html>
- 32 ARRK sinters into 2014 with further investment in SPro SLS machine. *ARRK Europe: One of the world's largest product development specialists* [online]. © ARRK Europe 2014 [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: http://www.arrkeurope.com/News/ARRK_sinters_into_2014_with_further_investment_in.aspx
- 33 EOSINT M270 - kov. *3R systems* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://www.3rsystems.cz/3d-tisk-01/3d-tisk-dental/eosint-m270-kov>
- 34 Arcam launches new 3D printer; stock gains after new U.S. aerospace order. *Www.3ders.org* [online]. © 2011-2014 [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://www.3ders.org/articles/20130301-arcam-launches-new-3d-printer-stock-gains-after-new-us-aerospace-order.html>
- 35 Materiál. *3R systems* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://www.3rsystems.cz/3d-tisk-01/3d-tisk-kov/material>

36 Příspěvatelé Wikipedie, *Akrylonitrilbutadienstyren* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, © 2015, [citováno 2015-01-07] Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Akrylonitrilbutadienstyren&oldid=12136419>

37 Lepení plastů. *Lepidla.cz* [online]. © 2013 Z - TRADE s. r. o. [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://www.lepidla.cz/cs/a/lepeni-plastu.html>

38 Příspěvatelé Wikipedie, *Polylaktidová vlákna* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, © 2014, [citováno 2014-12-30] Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Polylaktidov%C3%A1_vl%C3%A1kna&oldid=11367023

39 Rapman 3D printer. *Cubify 3D Systems* [online]. © 2014 3D Systems® [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://cubify.com/en/Products/Rapman>

40 SCHNEIDER, Daniel K. RapMan. *EduTech Wiki* [online]. 27.02.2010, 24.04.2012 [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://edutechwiki.unige.ch/en/RapMan>

41 RapMan 3.1 & 3.2 Pre-Built Hot End. *BITS FROM BYTES* [online]. © 2008-2012 Bits from Bytes Limited [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://elco.crsndoo.com/bfb/www.bitsfrombytes.com:8080/jpy/store/rapman-31-32-pre-built-hot-end>

42 Rapman v3.1 building and getting started overview. In: *Wiki.bitsfrombytes.com* [online]. 9.6.2010 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: http://wiki.bitsfrombytes.com/index.php?title=Rapman_v3.1_building_and_getting_started_overview&oldid=1931

43 Doplnkové technologie pro zpracování plastů. TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC, Fakulta strojní, Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů. *Technologie II* [online]. neznámé [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm#122

44 ŠNAJDÁREK, Ladislav. *METODY 3D LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ OBROBKŮ VE VÝROBNÍM PROCESU*. Brno, 2008. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww_base%2Fzav_prace_soubor_verejne.php%3Ffile_id%3D6001&ei=wT0EVd7BK4L7UNH-gogC&usg=AFQjCNHgqYCO-zd71-ZELGkB4Zj2v3y2cg&sig2=xRbCsCCGuO4lbwBlpH-33Q&bvmbv=88198703,d.d24&cad=rja. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů

45 Spinscan by tbuser. *Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects* [online]. 11.7.2011 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:9972>

46 Build Your Own 3D Scanner: Optical Triangulation for Beginners. *SIGGRAPH 2009* [online]. © 2009 Douglas Lanman and Gabriel Taubin [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://mesh.brown.edu/byo3d/source.html>

Použité obrázky – adresy

<http://protocom.pixyolab.cz/rapman-3-2-3d-printer-kit-education/>

<http://www.cadalyst.com/files/cadalyst/nodes/2010/13283/051310MCADTN-Render.jpg>

http://www.nextdayreprap.co.uk/images/gallery/Prusa_Mendel_Kit/1200_1006_Reprap_Prusa_Mendel_Kit_1.jpg

http://ue.jo/wp-content/uploads/2014/06/gallery_11.jpg

http://4.bp.blogspot.com/-ZJOKYcFhf4k/UTh7QvPfnI/AAAAAAAAAChU/K4MK6MGjxmk/s1600/bud_vase_big_finished.jpg

http://3dtechnologies.cz/34-thickbox_default/bonnet-sla.jpg

http://www.nc.cz/dlp-3d-tiskarna-dwarf_ies248260.jpg

https://www.shapeways.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/02/Own_printer3s2.jpg

http://www.arrkeurope.com/Cache/SLS%20SPro%2060_400_90_510.jpg

<http://www.3rsystems.cz/files/tinymce/m270.jpg>

<http://www.3ders.org/images/arcam-3d-printer-ebm-1.jpg>

Není-li uvedeno jinak, jsou obrázky vytvořeny autorem.