

# **Vývoj a využití software Solid Works pro modelování strojních celků**

Stanislav Rak

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Stanislav RAK**  
Osobní číslo: **T10311**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vývoj a využití software Solid Works pro modelování strojních celků**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte návod pro studenty pro tvorbu v tomto software
2. Vytvořte trojrozměrné modely vybraných součástí a celků využitím software Solid Works
3. Zhodnoťte práci v tomto software, výhody, nevýhody

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucí práce**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**8. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 17.5.2013

  
.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá 3D CAD systémem SolidWorks s efektivním využitím moderních technologií a funkcí pro modelování, podporující konstrukční proces. Součástí práce je vytvoření návodu pro studenty a teoretické seznámení s daným softwarem.

Výběr vhodného konstrukčního programu není jednoduchou záležitostí. Proto bylo cílem této práce vypracovat koncept porovnání technologických softwarů způsobem vy-modelování sestav v dalších příbuzných aplikacích Catia V5R19, SolidEdge ST 3 a SolidWorks 2012 SP04.

Klíčová slova:

CAD, software, SolidWorks, Catia, SolidEdge

## **ABSTRACT**

This bachelor work deals with the 3D CAD SolidWorks system, which uses effectively the modern technologies and a modeling functions, that support the construction process. A creation of an instruction for students is the part of this thesis, so as a theoretical introduction to this software.

It is not a simple matter to choose a suitable construction program. Therefore, the aim of this work was to develop the concept of technological software comparison by a way of assemblies modeling in other related applications Catia V5R19, SolidEdge ST 3 a SolidWorks 2012 SP04.

Keywords:

CAD, software, SolidWorks, Catia, SolidEdge

Na tomto místě chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Libuši Sýkorové, Ph.D. za odborné vedení, pomoc při řešení vzniklých problémů a zájem při vypracování práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 SOLIDWORKS</b> .....	<b>12</b>
1.1    VZNIK PROGRAMU.....	12
1.2    HISTORIE VERZÍ.....	13
1.3    BALÍČKY .....	14
1.3.1    SolidWorks Standard .....	14
1.3.2    SolidWorks Prémium .....	14
1.3.3    SolidWorks Professional .....	14
1.3.4    SolidWorks Student Design Kit .....	14
<b>2 OVLÁDÁNÍ SOLIDWORKS</b> .....	<b>16</b>
2.1    2D – SKICOVÁNÍ.....	16
2.1.1    Tabulka symbolů .....	16
2.1.2    Potvrzovací roh .....	17
2.2    PRVKY.....	18
2.2.1    Prvky načrtnuté .....	18
2.2.2    Prvky aplikované.....	18
2.2.3    Tabulka symbolů.....	19
2.2.3.1    Přidání vysunutím .....	20
2.2.3.2    Odebrání vysunutím.....	21
2.2.3.3    Zrcadlení .....	22
2.2.3.4    Přidání rotací.....	23
2.2.3.5    Odebrání rotací .....	24
2.2.4    Řídící kóty .....	25
2.2.5    Vazby ve skici .....	25
2.3    SESTAVY .....	26
2.3.1    Vkládání součástí do sestavy .....	26
2.3.2    Vazby mezi jednotlivými součástmi .....	27
2.3.2.1    Standardní vazby.....	27
2.3.2.2    Upřesňující vazby .....	27
2.3.2.3    Strojní vazby .....	27
2.3.3    Sestavové prvky .....	28
2.3.4    Knihovna Toolbox .....	29
2.4    VÝKRESY .....	30
2.4.1    Vložení pohledu a popisu modelu.....	30
2.4.2    Kótování na výkresech.....	31
2.4.2.1    Typ kóty.....	31
2.4.2.2    Rychlé umístění kóty .....	32
2.4.2.3    Editace .....	32
2.4.3    Popisy.....	34
2.4.3.1    Poznámka.....	34
2.4.3.2    Pozice.....	34
2.4.3.3    Automatická pozice .....	35
2.4.3.4    Značka opracování povrchu.....	35
2.4.3.5    Značka svaru .....	35

2.4.3.6	Popis díry .....	35
2.4.3.7	Geometrická tolerance .....	35
2.4.3.8	Značka základny .....	35
2.4.3.9	Vztažný bod .....	35
2.4.3.10	Šrafovaní/výplň .....	35
<b>3</b>	<b>VÝHODY SYSTÉMU .....</b>	<b>36</b>
3.1	VÝKONNÝ A EFEKTNÍ 3D NÁVRH .....	36
3.2	SNADNÁ OBSLUHA A UČENÍ .....	36
3.3	PŘÍJEMNÉ PROSTŘEDÍ .....	36
3.4	ANALÝZY .....	36
3.4.1	Přínosy simulace .....	36
3.4.2	Simulace pohybu mechanismů .....	36
3.4.3	Statická pevnostní analýza dílů a sestav .....	37
3.4.4	Simulace účinků teplotních změn na díly a sestavy .....	37
3.4.5	Frekvenční analýza a analýza vzpěru .....	37
3.4.6	Dynamická analýza dílů a sestav .....	37
3.4.7	Analýza kompozitních materiálů .....	37
<b>4</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>38</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>VÝBĚR SPRÁVNÉHO 3D CAD PROGRAMU .....</b>	<b>40</b>
5.1	CATIA .....	41
5.1.1	Pracovní prostředí .....	41
5.1.2	Optimální požadavky .....	41
5.2	SOLIDEDGE ST .....	42
5.2.1	Pracovní prostředí .....	42
5.2.2	Optimální požadavky .....	42
5.3	SOLIDWORKS .....	43
5.3.1	Pracovní prostředí .....	43
5.3.2	Optimální požadavky .....	43
<b>6</b>	<b>VYTVOŘENÍ SESTAV .....</b>	<b>44</b>
6.1	ROVNOBĚŽNÉ SVĚRKY .....	44
6.2	SVĚRÁK .....	46
6.3	MALTÉZSKÝ MECHANISMUS .....	48
<b>7</b>	<b>VÝHODY A NEVÝHODY .....</b>	<b>50</b>
7.1	GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ .....	54
7.2	ANIMACE MALTÉZSKÉHO KŘÍŽE .....	55
7.3	ANIMACE SVĚRÁKU .....	56
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>66</b>

## ÚVOD

Žijeme v době, kdy se nepřetržitě zrychluje tempo všeobecného rozvoje ve všech doposud známých oborech. Konkurenční firmy mají za úkol vytvořit co nejlepší produkt za průměrnou, ne-li nejnižší cenu a zároveň obsadit jedno z hlavních míst na trhu. Čili na výrobce je kladen všeobecně velký tlak být o krok napřed. Ve strojírenství jde především o provázanost a kontext mezi aplikacemi, aby spolu mohli zákazníci jednoduše a spolehlivě komunikovat. A také proto se neustále posouvá obtížnost výběru správně odpovídajícího 3D CAD systému. Hlavní roli zde hraje samozřejmě cena, která je kombinována spolu s výkonem, funkčností, doplňky a kompatibilitou.

Náplní teoretické části je seznámení se systémem SolidWorks, jeho samotnému vzniku, podrobnějším ovládním a v souvislosti na inovaci i praktickým výhodám. Aby došlo k modernizaci výuky byla část práce zpracována jako návod pro studenty, která slouží jako přínos do vybrané výuky.

Ačkoliv je ve strojírenství celá škála aplikací, praktická část se zabývá porovnáním programu SolidWorks spolu s příbuznými, jako jsou Catia a SolidEdge. Zahrnuje rovněž možnost výběru mezi těmito produkty, který poukazuje na výhody a nevýhody v již předem zmiňovaných softwarech. Závěr práce je zaměřen na výrobu sestav v jednotlivých programech s adekvátním vyhodnocením.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 SOLIDWORKS

SolidWorks je strojírenský 3D CAD software, který byl vyvinut americkou společností SolidWorks Corporation se sídlem v Concord, Massachusetts. Slouží k vytváření plně asociativních trojrozměrných prvků s využitím tvořením sestav, výrobních výkresů, plechových součástí, svařovaných konstrukcí, forem a dalších. Ve své třídě nabízí nejlepší objemové modelování a vytváření 2D výrobní dokumentace a navíc nejsnadnější a nejintuitivnější ovládání ze všech CAD systémů vůbec. Umožňuje také importovat celou řadu 2D a 3D datových formátů.

S programem SolidWorks konstruktér dostává do rukou nástroj, který mu umožní soustředit se na konstruování a ne na hledání způsobu, jak docílit požadovaného tvaru a funkce.

[1]

### 1.1 Vznik programu

Společnost SolidWorks Corporation byla založena v roce 1993. V témže roce trpělo odvětví průmyslu nedostatkem softwaru, který by kombinoval 3D modelování s jednoduchostí použití stolních počítačů. Skupina programátorů měla velké zkušenosti s tvorbou těchto aplikací. Jejich úkolem bylo vytvořit produkt rychlý, levný, méně náročný, snadno zvládnutelný a aby byl využíván v prostředí 32-bitových operačních systémech Windows. Svou tudíž první aplikaci vytvořila společnost již v roce 1995 s názvem SolidWorks 95 a již dodnes se jí dostává plných možností vylepšení a aktualizací.

Během dvou měsíců software získal vyznamenání za jednoduchost použití, která umožnila všem zákazníkům naplno využít výhod 3D CAD navrhování. V roce 1997 byla společnost odkoupena konkurenční společností Dassault Systemes (známá jako výrobce CAD software CATIA), která je již vlastníkem 100% jejich akcií. Vlivem čím dál tím větší oblíbenosti získal program řadu ocenění a vyznamenání.

Dnes korporace DS SolidWorks Corporation nabízí kompletní sadu nástrojů pro tvorbu, simulaci, publikaci a správu dat, a tím ještě zvyšuje svou inovaci a produktivitu. Více než 1 600 000 konstruktérů a inženýrů na celém světě, z více než 150 000 společností, mění pomocí systému SolidWorks své nápady ve skutečnost.

[1]

## 1.2 Historie verzí

SolidWorks 95

SolidWorks 96

SolidWorks 97

SolidWorks 97 Plus

SolidWorks 98

SolidWorks 98 Plus

SolidWorks 99

SolidWorks 2000

SolidWorks 2001

SolidWorks 2001 Plus

SolidWorks 2003

SolidWorks 2004

SolidWorks 2005

SolidWorks 2006 (Podpora pro Windows XP x86-64)

SolidWorks 2007 (Podpora pro Windows Vista)

SolidWorks 2008 (Podpora pro Windows Vista x86)

SolidWorks 2009 (Podpora pro Windows Vista x86-64)

SolidWorks 2010 (Podpora pro Windows 7 x86-64)

SolidWorks 2011

SolidWorks 2012

SolidWorks 2013 (Podpora pro Windows 8 x64)

## 1.3 Balíčky

Uživatelé, kteří si chtějí zakoupit aplikaci SolidWorks musí automaticky vlastnit licenci pro komerční účely. Ta obsahuje mimo jiné 3 základní balíčky z nichž každý je vhodnější pro své specifické odvětví.

### 1.3.1 SolidWorks Standard

První a základní verzí je SolidWorks Standard. Umožňuje rychlé a snadné vytváření 3D součástí, sestav a 2D výkresů, aniž by uživatel musel absolvovat dlouhé a někdy i cenově nedostupné školicí kurzy. Pro základní dovednosti postačí jen pár hodin hlavně díky tomu, že se jedná o velmi logický a intuitivní program.

Balíček obsahuje také specifické nástroje pro vytváření návrhů plechů, svařenců, různé povrchové úpravy nebo vytváření forem. Pokud nemá uživatel větší nároky, tak je pro něj tento balíček ideální volba.

### 1.3.2 SolidWorks Prémium

Další balíček umožňuje maximální produktivitu a staví na schopnostech a přednostech předchozího souboru SolidWorks Standard. Charakterizuje ho ideální řešení využívající široké rozhraní příkazů. Kombinuje schopnosti následujícího balíčku SolidWorks Professional s výkonnými simulacemi a pokročilým způsobem návrhu potrubí apod.

### 1.3.3 SolidWorks Professional

Umožňuje čím dál víc realistické vykreslení sofistikovaných komponentů, čímž je velice vhodný i pro designéry, ale je využíván ve velké míře i v konstrukčním směru strojírenství.

### 1.3.4 SolidWorks Student Design Kit

Poslední tzv. školní verze je určena pro studenty a jejich učitele. Obsahuje množství nástrojů, které umožní studentům plně rozvinout jejich znalosti a schopnosti. Spolu s vyučujícími mají k dispozici velkou řadu rozšiřujících modulů pro technické výpočty a vizualizace. Tento balíček jim tak umožňuje se s prostředím tvorby 3D modelů, sestav, výkresů nebo simulací lépe seznámit a využívat je při studiu i v pozdějším zaměstnání.

Tab. 1 – Úrovně funkcí v produktu SolidWorks [4]

Úrovně systému SolidWorks				
Nástroje a funkce	Popis	Standard	Professional	Prémium
Konstrukční jádro	3D konstrukční systém	✓	✓	✓
2D Editor	Tvorba a úprava souborů typu .DWG, .DXF	✓	✓	✓
FlowXpress	Zjednodušený výpočet proudění	✓	✓	✓
SimulationXpress	Statický výpočet zatížení dílu	✓	✓	✓
Animator	Tvorba animací pohyblivých sestav	✓	✓	✓
3D Content Central	Přístup do online knihovny dílů	✓	✓	✓
SolidWorks Utilities	Porovnávání dílů, hodnocení síly stěn		✓	✓
FeatureWorks	Rozpoznávání historie importovaných dílů		✓	✓
Design Checker	Automatická kontrola provedení výkresů		✓	✓
SolidWorks Toolbox	Knihovna normalizovaných dílů		✓	✓
Task Scheduler	Plánovač úloh, tisk, export, makra		✓	✓
PDMWorks Work-Group	Správa dokumentace, správa verzí a oprav		✓	✓
PhotoView 360	Tvorba fotorealistické vizualizace		✓	✓
eDrawings Professional	Zobrazování 3D modelů a jejich sdílení		✓	✓
3D Instant Website	Tvorba interaktivního obsahu pro www		✓	✓
SolidWorks Simulation	Detailní statická pevn. analýza dílů a sestav			✓
SolidWorks Motion	Detailní analýza kinematiky pohybl. sestav			✓
Circuit Works	Převod elektrotechnického schéma na model			✓
SolidWorks Scan to 3D	Tvorba modelu z dat 3D skenovacího zařízení			✓
SolidWorks Routing	Tvorba potrubí a kabelových spojení			✓
SolidWorks TolAnalyst	Výpočet tolerancí v rámci sestav			✓

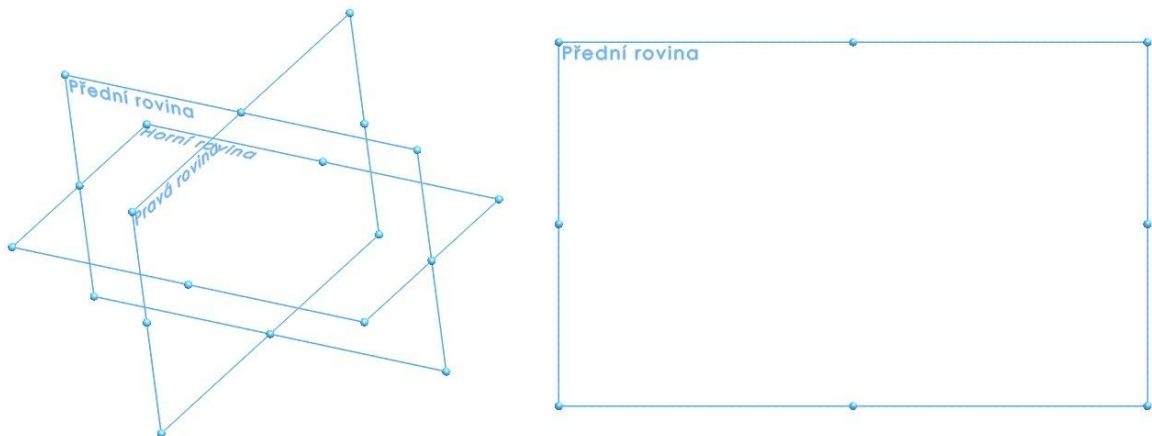


## 2 OVLÁDÁNÍ SOLIDWORKS

### 2.1 2D – Skicování

Skicováním nazýváme proces vytváření 2D profilu složeného z drátové geometrie. Je to dynamický proces, jenž usnadňují doplňující informace u kurzoru. Obvyklými typy geometrie jsou čáry, oblouky, kružnice, elipsy a další. Pro vytvoření jakékoliv skici, musí být zvolena rovina. Systém standartně nabízí tři základní roviny. Přední rovinu, Horní rovinu a Pravou rovinu. Nejprve se zobrazí všechny tři rovinné plochy v tzv. Trimetrické orientaci. Ta označuje pohled s takovou orientací, že vzájemně kolmé roviny se zdají být nestejněměrně zkrácené. Tedy až poté si vybereme jednu, ta se zvýrazní a následně otočí.

[5]




















Obr. 1 - Hlavní dělicí roviny [5]

#### 2.1.1 Tabulka symbolů

Aplikace SolidWorks nabízí celou škálu skicovních nástrojů pro tvorbu geometrie profilů. V následující tabulce jsou uvedeny některé z entit skici, které jsou dostupné prostřednictvím „Skica“.

Tab. 2 – Symboly ke skicování [5]

	Přímka		Rovná drážka
	Kružnice		Středová rovná drážka
	Obvodová kružnice		Oblouková drážka třemi body
	Obdélník s počátkem v rohu		Středová oblouková drážka
	Obdélník s počátkem ve středu		Středový oblouk
	3 bodový obdélník v rohu		Tečný oblouk
	3 bodový obdélník ze středu		Oblouk třemi body
	Rovnoběžník		Elipsa
			Splajn

### 2.1.2 Potvrzovací roh

Když je skica aktivní či otevřená, tzv. Potvrzovací roh zobrazí dva symboly. Jeden z nich vypadá jako skica, ten druhý jako červený křížek. Klepnutím na symbol skici dojde k jejímu ukončení a uložení všech změn. Klepnutím na křížek vede k účinku zcela opačném. Skica se ukončí a prodělané změny jsou nenávratně ztraceny. [6]



Obr. 2- Potvrzovací roh č.1 [6]

Když jsou aktivní ostatní příkazy (např.: Přidání vysunutím), zobrazí se v potvrzovacím rohu znak zeleného zaškrtnutí a opět křížku. Klepnutím na zelený symbol má SolidWorks za úkol příkaz provést, kdežto na křížek zrušit. [6]



Obr. 3 - Potvrzovací roh č.2 [6]

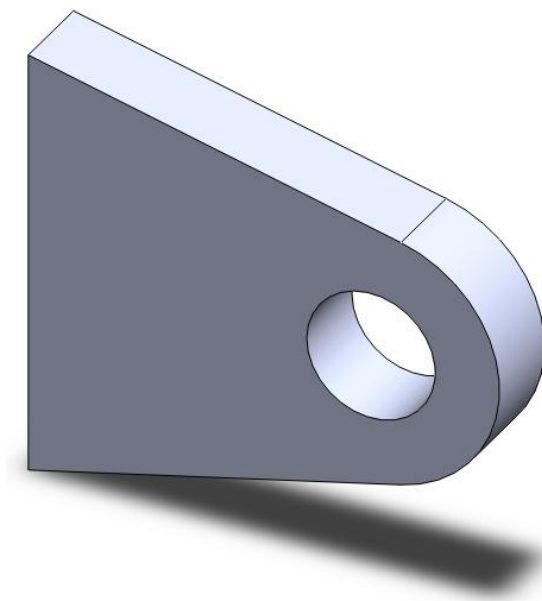
## 2.2 Prvky

Stejně jako je sestava složená z dílů, tak je i model součásti složen z jednotlivých elementů, které nazýváme prvky. Mohou být: Prvky načrtnuté nebo aplikované.

[7]

### 2.2.1 Prvky načrtnuté

Skica je pomocí příkazů (přidání vysunutím, odebrání vysunutím apod.) převedena na těleso.

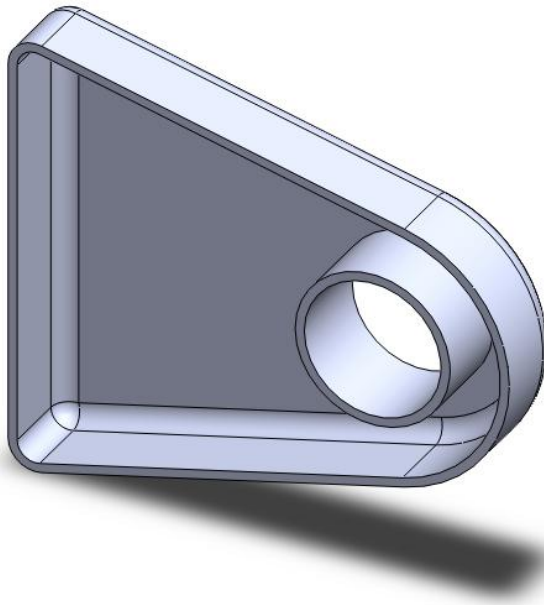


*Obr. 4 - Prvek načrtnutý [7]*

### 2.2.2 Prvky aplikované

Jsou vytvořeny již na vytvořeném modelu (zaoblení, skořepina, apod.). Tenhle typ prvku nelze nikdy použít bez přítomnosti tělesa.

[7]



Obr. 5 - Prvek aplikovaný [7]

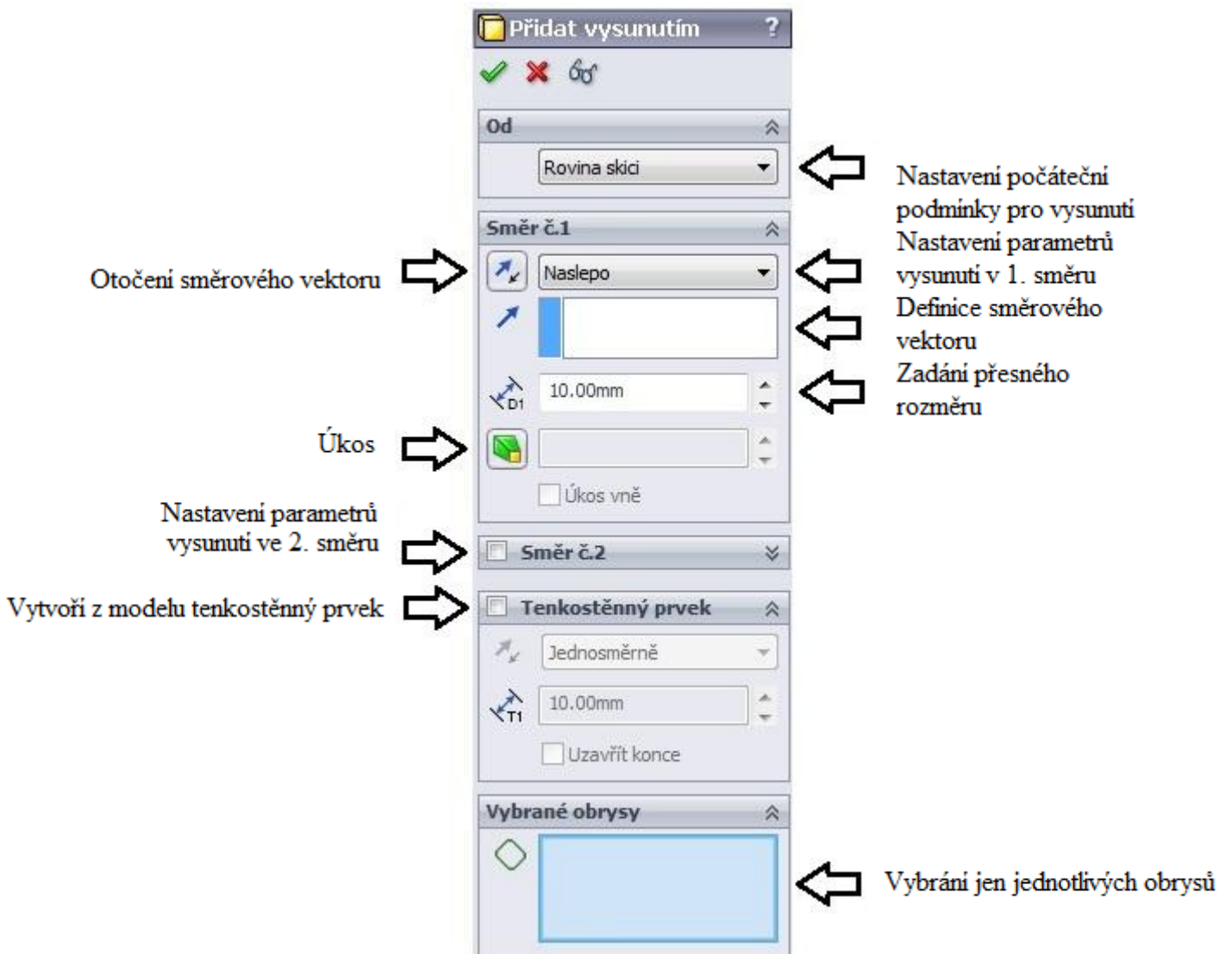
V modelu se vytváří řídicí kóty a vazby pro tvorbu skic i prvků. Slouží pro zachycení zá-  
měru návrhu a pro snadné a rychlé provádění změn geometrie a rozměrů.

### 2.2.3 Tabulka symbolů

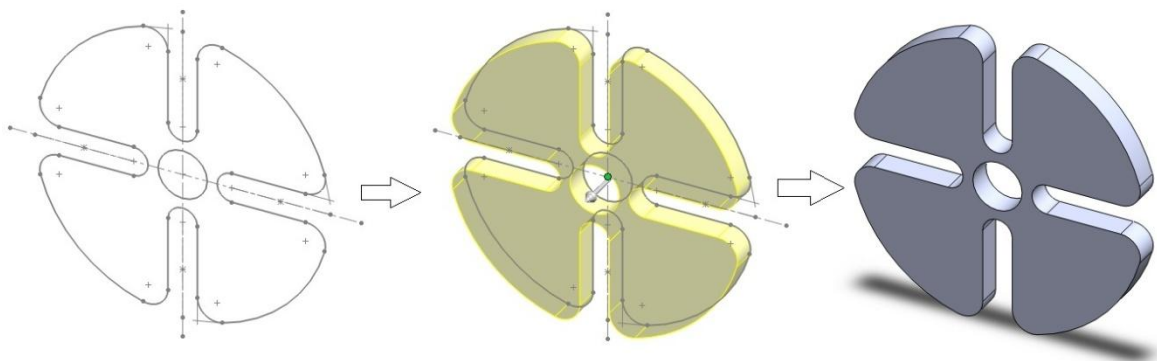
Tab. 3 – Symboly pro modelování [8]

	Přidání vysunutím		Žebro
	Odebrání vysunutím		Úkos
	Přidání tažením po křivce		Skořepina
	Přidání spojením profilů		Nabalit
	Ohraničení Přidání/Základu		Kopule
	Přidání rotací		Zrcadlit
	Odebrání rotací		Odebrání tažením po křivce
	Zaoblení		Odebrání spojením profilů
	Zkosení		Řez ohraničením

2.2.3.1 Přidání vysunutím

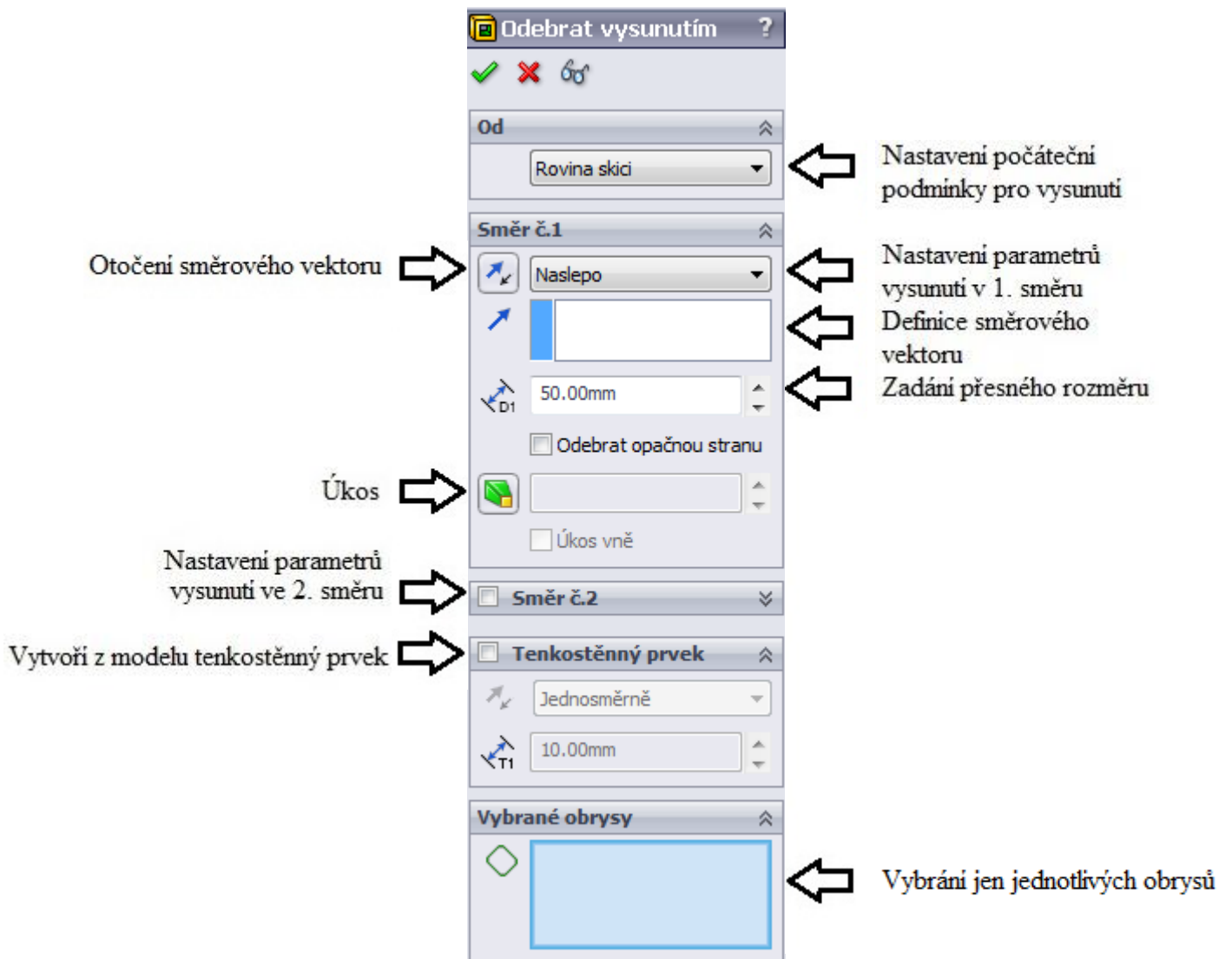


Obr. 6 - Přidání vysunutím [7]

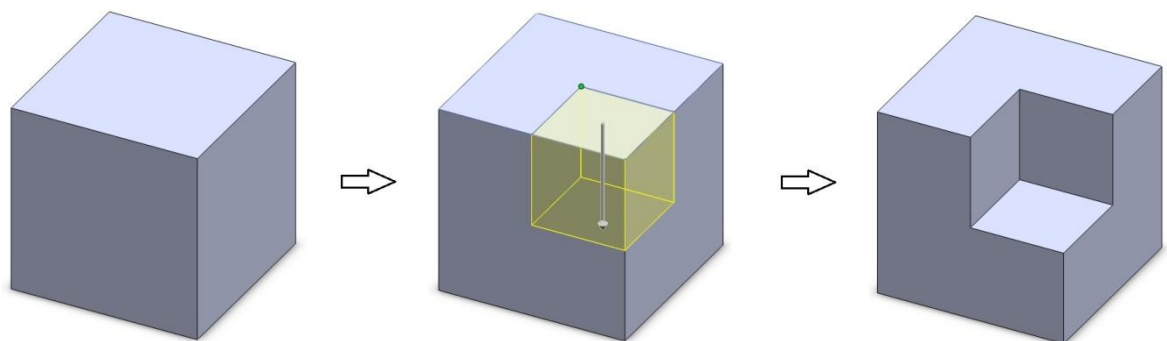


Obr. 7 - Hnaná část maltézského kříže [7]

2.2.3.2 Odebrání vysunutím

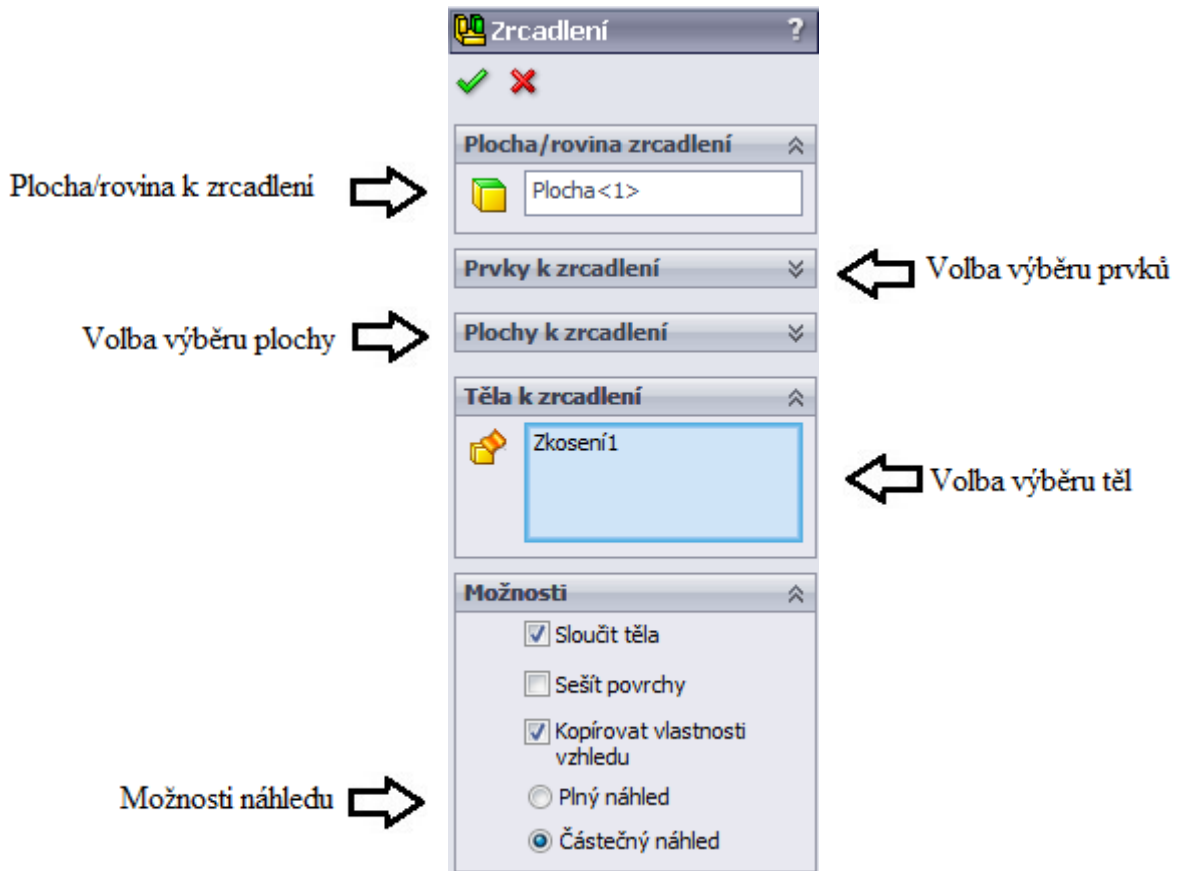


Obr. 8 – Odebrání vysunutím [7]



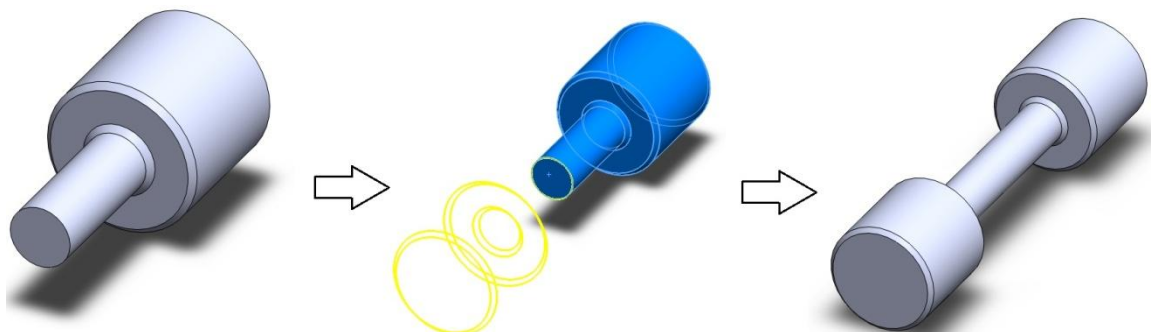
Obr. 9 – Krychle [7]

2.2.3.3 Zrcadlení



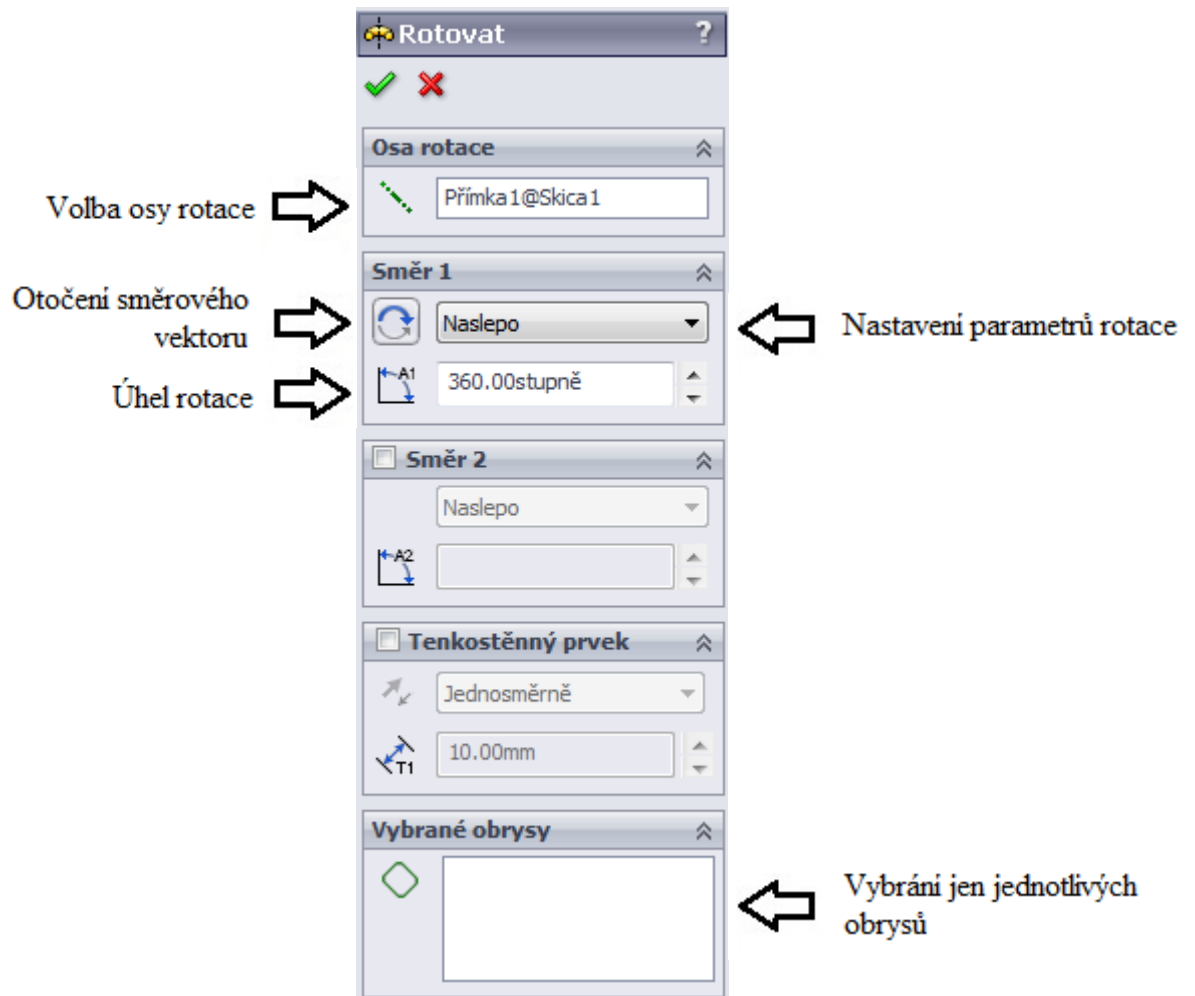
Obr. 10 – Zrcadlení [7]

Při zaškrtnutí položky „Sloučit těla“ program sloučí výsledek do jednoho objemového těla (jako u přiloženého modelu čínky), zatímco při odškrtnutí vytvoří dvě samostatná těla.



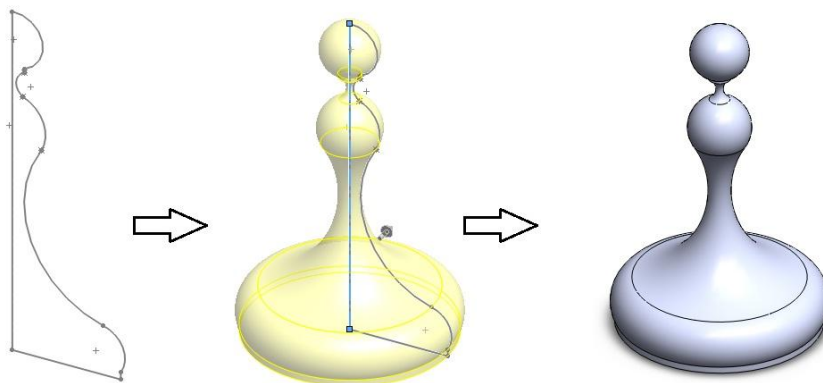
Obr. 11 - Model čínky [7]

## 2.2.3.4 Přidání rotací



Obr. 12 – Přidání rotací [7]

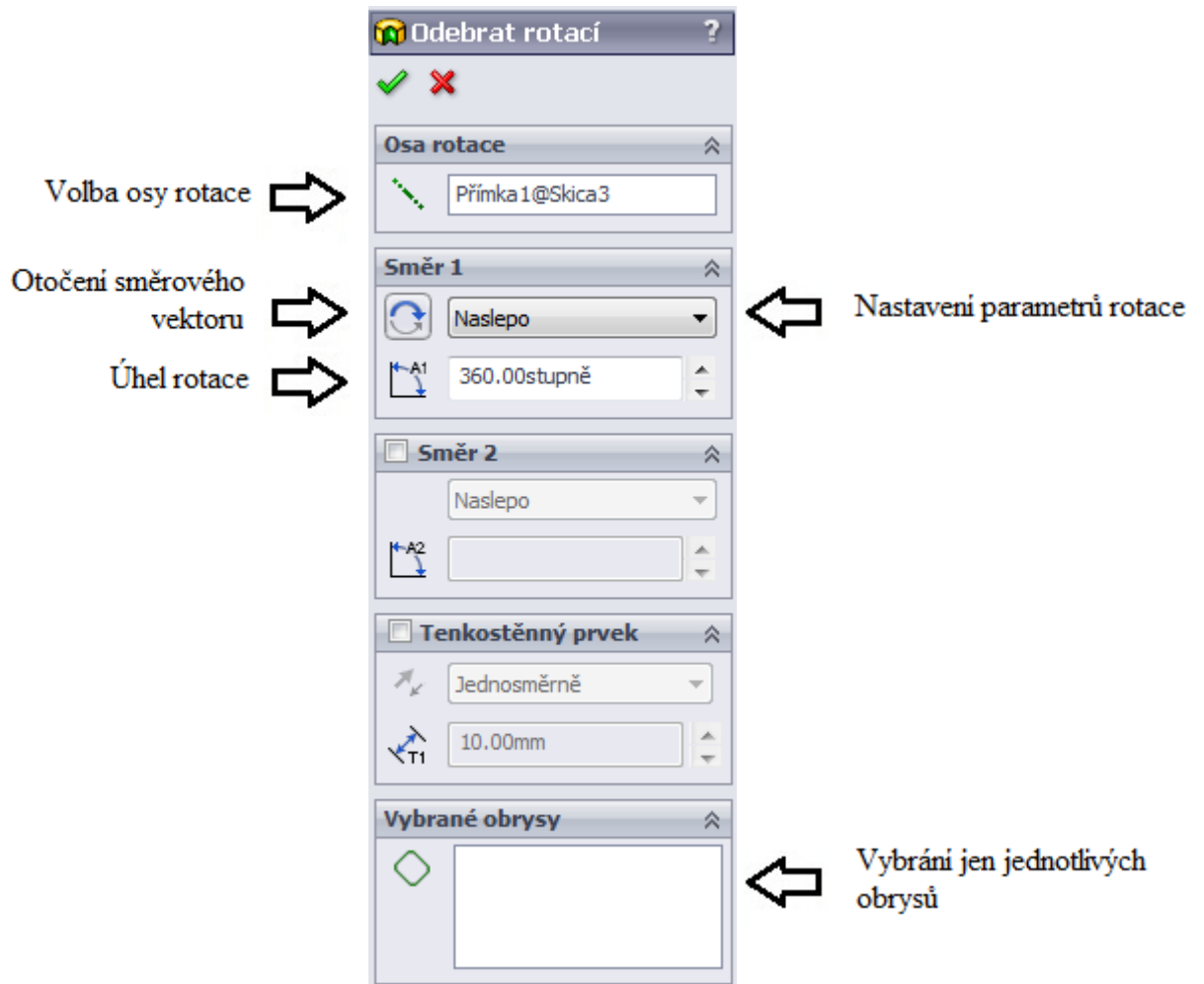
Pro volbu tenkostěnného prvku stačí vytvořit i neuzavřený obrys skici. Místo přímky pak zvolit jen osu a SolidWorks už sám nabídne návrh tenkostěnného prvku.



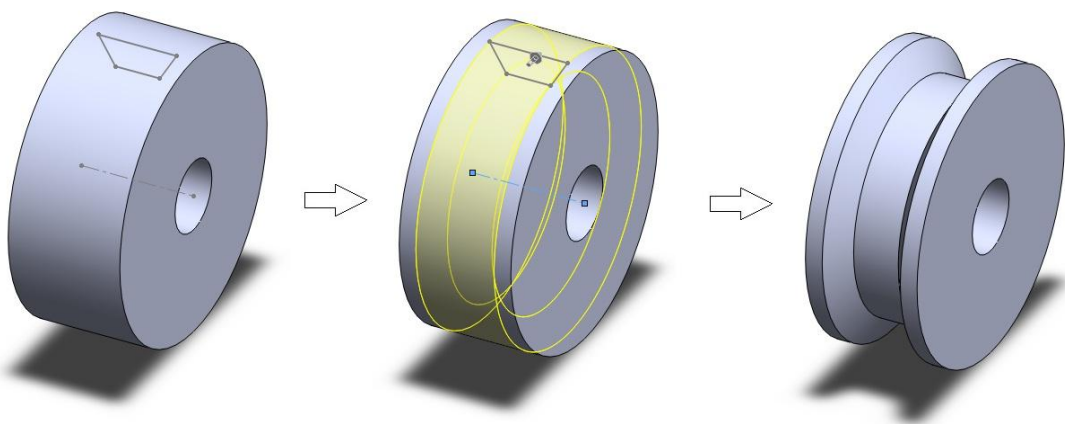
Obr. 13 - Model šachové figurky [7]



2.2.3.5 Odebrání rotací



Obr. 14 – Odebrání rotací [7]

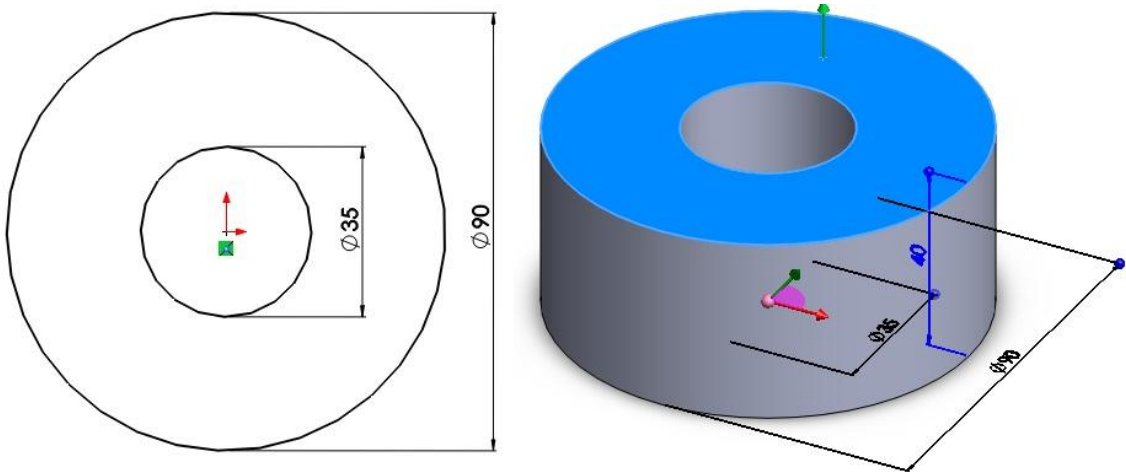


Obr. 15 - Kotouč klínového řemene [7]

### 2.2.4 Řídící kóty

Používají se pro řízení rozměrů ve skici, kde je vytváří sám uživatel, nebo také i pro řízení rozměrů prvků, kde se o to postará samotná aplikace.

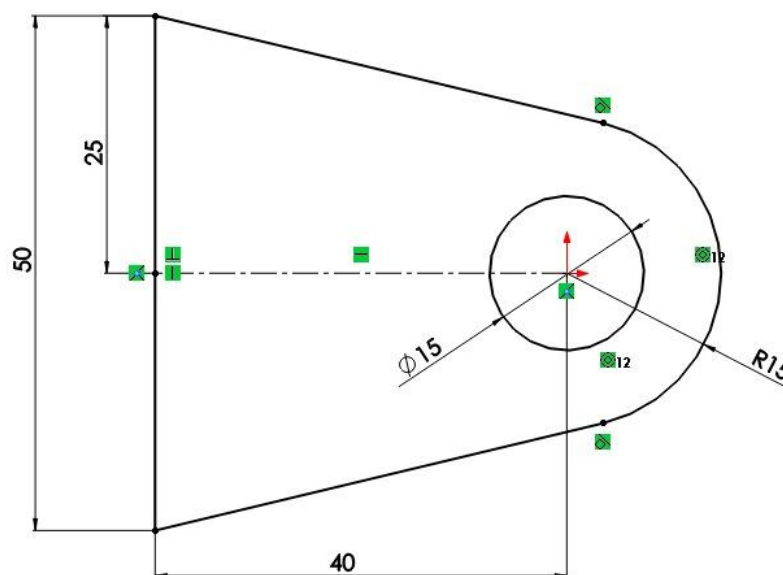
[7]



Obr. 16 - Kruhový model [7]

### 2.2.5 Vazby ve skici

Obsahují údaje o entitách skici a vztazích mezi nimi (např.: tečnost, soustřednost, rovnoběžnost, vodorovnost, symetrie a další). Kombinují se s řídicími kótami.



Obr. 17 - Skica [7]

[7]

## 2.3 Sestavy

Zadáním příkazu pro sestavy lze vytvářet složité sestavy, skládající se z mnoha součástí. Tyto součásti nesou název díly, nebo jiné sestavy tzv. podsestavy. Součásti obou typů mají snahu se u většiny operací chovat stejně. Při vložení součásti do sestavy se vytvoří spojení mezi těmito komponenty. SolidWorks při otevření sestavy najde soubor součásti, aby ji mohl plně zobrazit v sestavě. Tímto se jakékoliv změny provedené v součásti promítnou do sestavy. Jenom pokud nemá konstruktér snahu součástku nikam jinam přesouvat. Sestava s ní pak ztratí spojitost. Doporučuje se tedy k případným manipulacím s dílem o vytvoření kopie.

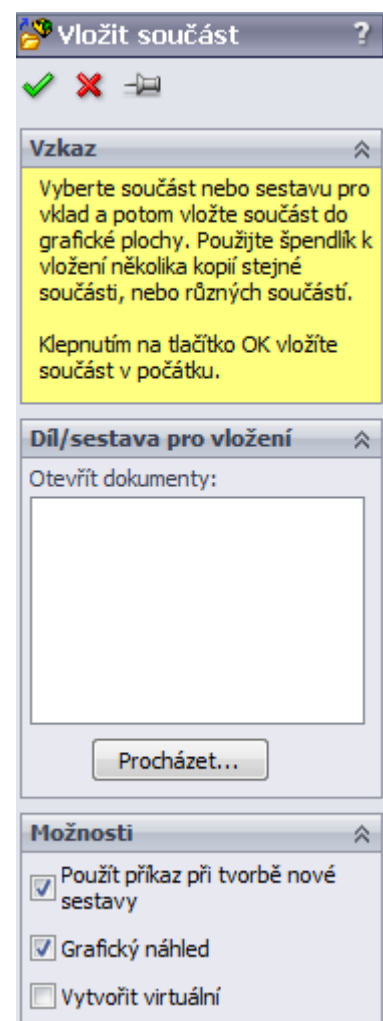
[7]

### 2.3.1 Vkládání součástí do sestavy

Vkládání jednotlivých součástí je jednoduché. Stačí pouze po otevření nové sestavy v záložce „Vložit součást“ vyhledat model a následně potvrdit vložení. Jeho počátek SolidWorks automaticky navazbí na počátek sestavy. Pokud je díl vložen do sestavy jako první, stane se pevným. Další, stejným způsobem, vkládané prvky se pak k sobě vazbí jak je potřeba.

[7]









Okno pro vyhledání vkládané sestavy nebo dílu








Obr. 18 – Vložit součást [7]

## 2.3.2 Vazby mezi jednotlivými součástmi







### 2.3.2.1 Standardní vazby

-  Sjednocená – Navazbí sjednoceně plochy, hrany a vrcholy.
-  Rovnoběžná – Navazbí rovnoběžně dvě plochy nebo hrany.
-  Kolmá – Navazbí kolmo na sebe dvě plochy nebo hrany.
-  Tečná – Navazbí válcovou a rovinnou plochu tečně.
-  Soustředná – Navazbí soustředně dvě válcové plochy nebo kružnice.
-  Zámek – Zamkne plochy proti pohybu.
-  Zadání hodnoty pro rovnoběžnost.
-  Zadání hodnoty úhlu mezi plochami.

### 2.3.2.2 Upřesňující vazby

-  Symetrická – Navazbí symetricky dvě plochy, hrany k ploše, rovině.
-  Vystředění – Navazbí dvě plochy, hrany vystředěné ke dvěma plochám.
-  Trajektorie – Navazbí vybraný bod součásti na trajektorii.
-  Lineární – Vytvoří vztah mezi posunutím jedné součásti a převodem druhé.
-  Vazby s omezeními – Umožňují přesun součásti v rozsahu hodnot pro vzdálené a úhlové vazby.

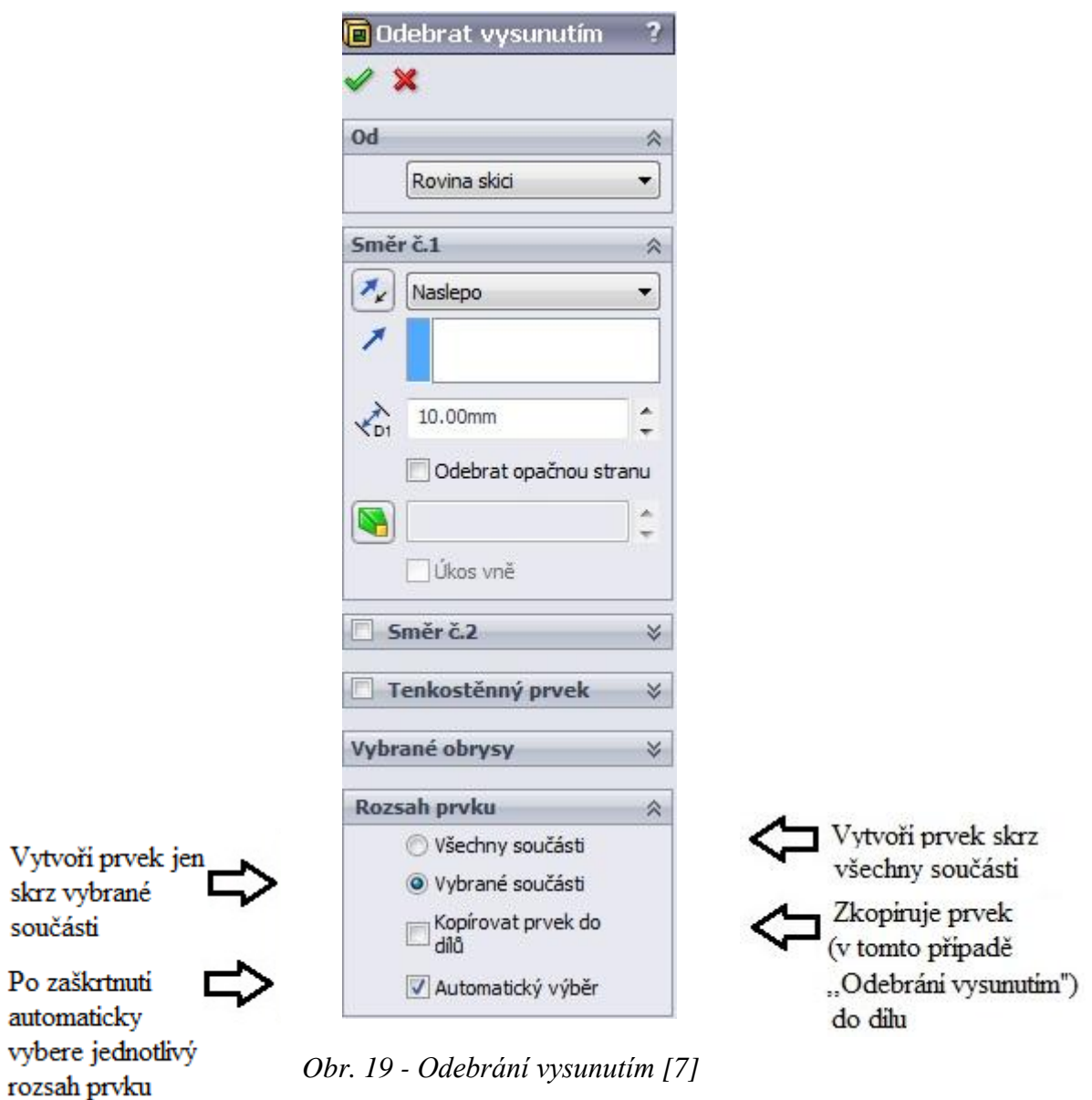
### 2.3.2.3 Strojní vazby

-  Vačka – Umožní přenos otáčivého pohybu na posuvný.
-  Čep – Omezuje pohyb mezi dvěma součástmi na jeden rotační stupeň volnosti.
-  Převod – Nastaví dvě součásti tak, aby se otáčely ve vzájemném poměru okolo os.
-  Ozubený tyč – Lineární pohyb ozubené tyče způsobí otáčivý pohyb pastorku.
-  Šroub – Omezí dvě součásti, aby byly soustředné v závislosti na stoupání.
-  Univerzální spoj – Otáčení jedné je řízeno otáčením druhé součásti.

### 2.3.3 Sestavové prvky

Prvky v sestavách fungují stejně jako v dílech, jen s tím rozdílem, že přibyla záložka „Rozsah prvku“, kde je možné nastavit, jestli má být prvek proveden skrz všechny díly v sestavě, nebo jen vybrané a jestli se má vůbec zkopírovat do dílu. Pokud se do dílu nekopíruje, bude vytvořen pouze v sestavě. Tato funkce se používá například u různých montážních postupů, kdy je nežádoucí, aby byl prvek vyroben v dílu. Konečné rozměry tedy dostává až po složení sestavy.

[7]

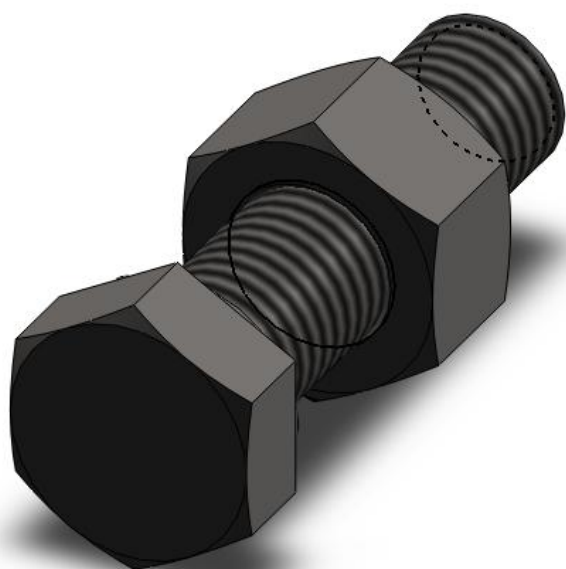


Obr. 19 - Odebrání vysunutím [7]

### 2.3.4 Knihovna Toolbox

Aplikace SolidWorks obsahuje knihovnu standardních dílů, kde jsou uloženy hotové a danou normou normalizované součásti. Lze ji libovolně upravovat, přidávat normy nebo často uživatelem používané díly. Díly vložené z Toolboxu je vhodné uložit jako kopie do složky s modely. Při otevírání na jiném PC se totiž může stát, že se díly nezaktualizují správně následkem špatné konfigurací knihovny.

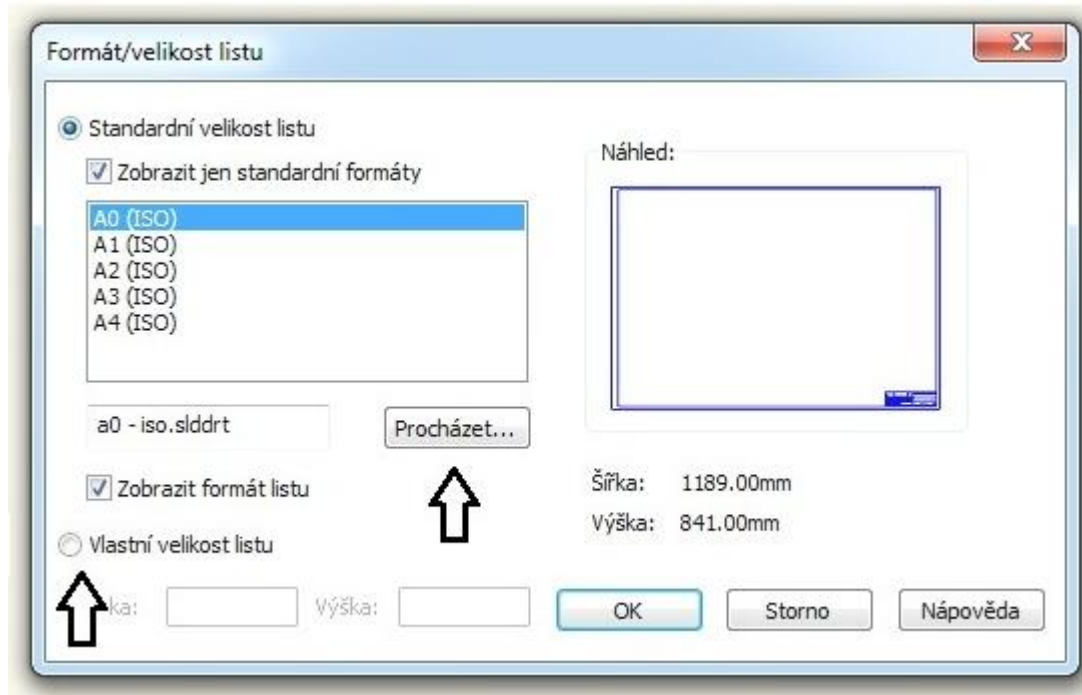
[7]



Obr. 20 - Šroub s maticí a knihovna návrhů [7]

## 2.4 Výkresy

↓ Umožni výběr ze základních formátů výkresů



Umožni vlastní nastavení velikosti listu [mm]

Umožni vyhledání speciálně upravených výkresů

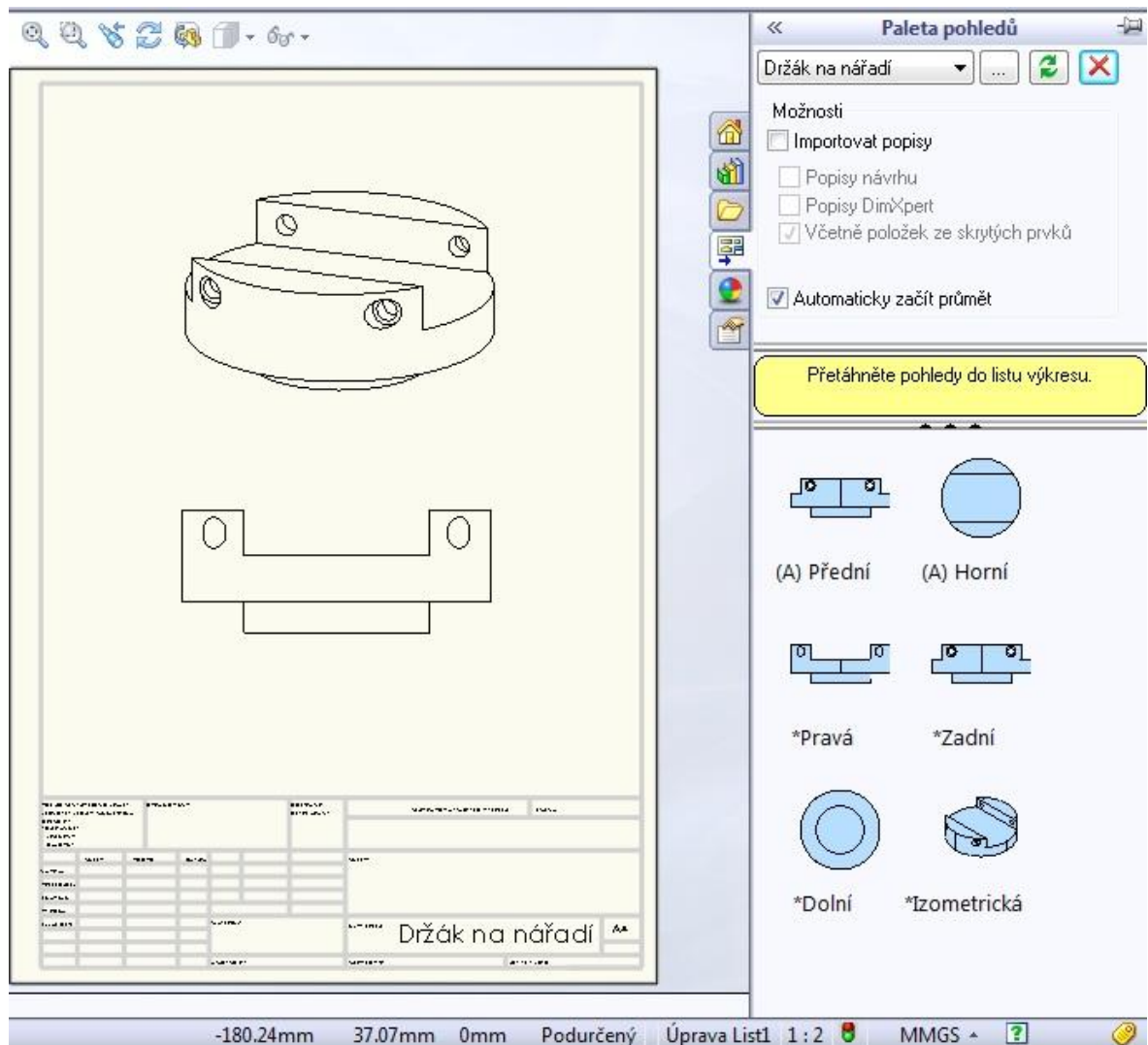
Obr. 21 - Formát a velikost listu [7]

### 2.4.1 Vložení pohledu a popisu modelu

Při tvorbě nového výkresu se automaticky otevře postranní panel „Paleta pohledů“, který slouží pro vkládání jednotlivých pohledů, uživatelem vymodelovaného dílu. Pokud se tak nestane, lze jmenovitou ikonu nalézt v záložce „Podokno úloh“. Pohled je pak potřeba pouze přesunout z palety na patřičně zvolený list výkresu. Při vložení prvního pohledu aplikace ihned nabídne tvorbu dalších dle pravidel promítání.

Pohled lze vložit už i s popisem modelu, k tomu slouží zatržení řádku „Importovat popisy“. V opačném případě se vloží pouze pohled bez popisů, kót apod. Popisy modelu lze dodatečně vložit, nebo vytvořit vlastní. Popisy (kóty, drsnosti, svary, tolerance tvarů a polohy, atd.) se můžou vytvořit už v modelu a pak je do výkresu jen přenést. Tím pádem jsou na sebe navázány a při jakékoliv změně na výkresu, se změní i v modelu a naopak.





Obr. 22 - Způsob vkládání pohledu [7]

## 2.4.2 Kótování na výkresech

Kóta je číselná hodnota vyjádřená v příslušných jednotkách, která je graficky zobrazená na technickém výkresu spolu s mezními úchytkami rozměrů a značkami.

[10]







### 2.4.2.1 Typ kóty

Při otevření ikony „Inteligentní kóta“ je možné si vybrat hned z několika možností způsobů kótování.

[8]

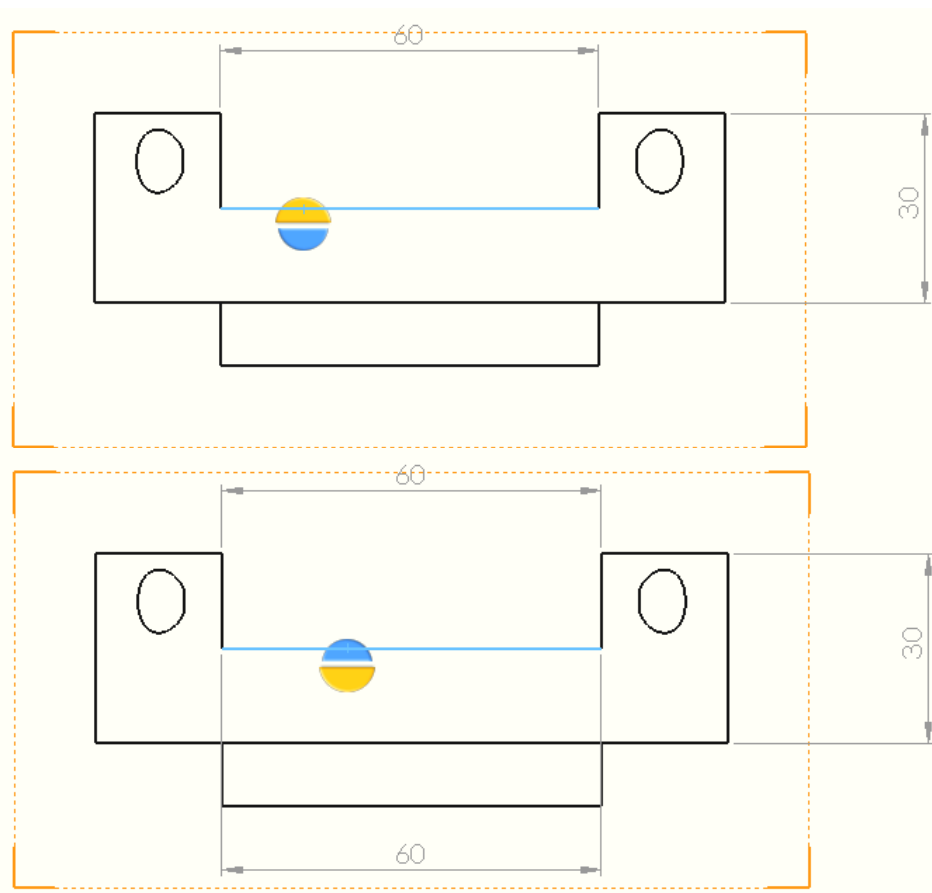


Tab. 4 – Typy kót [7]

 Inteligentní kóta	 Řetězová kóta
 Vodorovná kóta	 Vodorovná souřadnicová kóta
 Svislá kóta	 Svislá souřadnicová kóta
 Kóta ze základny	 Kóta zkosení

#### 2.4.2.2 Rychlé umístění kóty

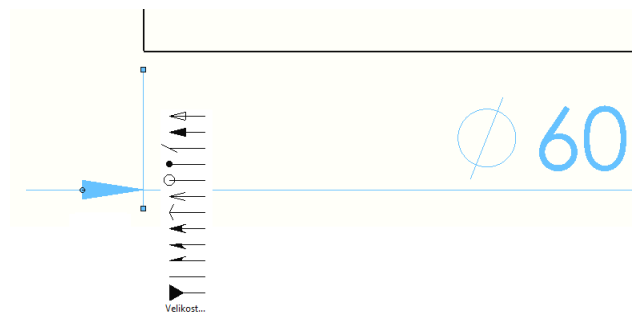
Kótu lze přesunout pouhým přetáhnutím na určité místo. Má tendenci se zachytávat. Tudíž se pro její určení zobrazí zvýrazněný směr umístění.



Obr. 23 – Rychlé umístění kóty [7]

#### 2.4.2.3 Editace

Pokud je kóta zvýrazněná, lze ji jednoduše editovat. Po klepnutí levým tlačítkem myši na tečku u šipky kótovací čáry, se jejich směr změní. Při klepnutí pravým tlačítkem myši na tečku, se zobrazí další používající tvary šipek.



Obr. 24 - Editace šipek [7]

Po klepnutí na kótu aplikace „Property Manager“, kde se vlastnosti kóty.

otevře postranní panel můžou nastavit podrobnější

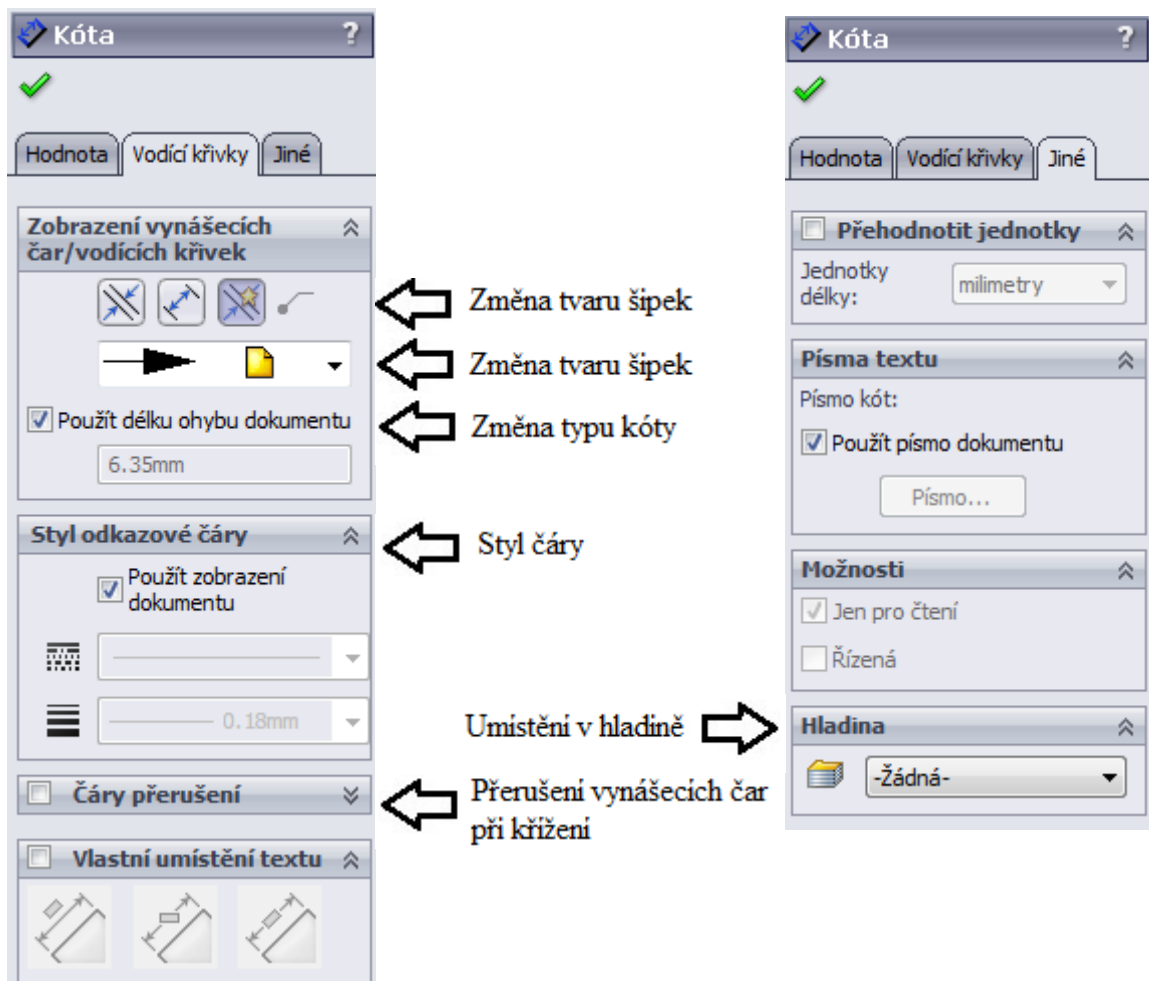
Nastavení tolerance

Zobrazení počet desetinných míst

Vzhledové upravení kóty (Přidání závorek, vystředění, kontrolní kótování, odsunutý text)

Okno pro ruční změnu kóty

Obr. 25 – Podrobnější nastavení kóty[7]



Obr. 26 - Podrobnější nastavení kóty [7]

### 2.4.3 Popisy

Pomocný panel „Popis“ je možné najít v liště Command Manageru. Slouží k doplňování informací uživatelem již zkonstruovaného výkresu.

#### 2.4.3.1 Poznámka

**A**

Předostí poznámky je umístění kdekoli na výkrese. Dá se k ní vytvořit odkazová čára, pokud je k něčemu vázána. Dále také nastavení písma, zarovnání, ohraničení atd.

#### 2.4.3.2 Pozice

**1**

Pozice má tendenci zachytávat se na hranu, nebo do plochy modelu. Na hraně se vytvoří šipka, kdežto na ploše tečka.

#### 2.4.3.3 Automatická pozice



Pracuje na principu manuální pozice, jen s tím rozdílem, že stačí pouze vybrat pohled a aplikace Solid Works jej pak sám opozicuje.

#### 2.4.3.4 Značka opracování povrchu



Stejně jako poznámka se dá umístit kdekoliv na výkrese, ale vzhledem ke korektnosti umístění má schopnost se zachytávat na hraně dílu, nebo na vynášecí čáře kóty.

#### 2.4.3.5 Značka svaru



Po nastavení vlastností značky se chová stejně jako pozice. Chytá se na hranu nebo do plochy.

#### 2.4.3.6 Popis díry



Pokud je díra vytvořena panelem „Průvodce dírami“, software vytvoří popis s veškerými informacemi o díře, tj. velikost, hloubka, závit apod.

#### 2.4.3.7 Geometrická tolerance



Zachytává se opět za hranu, vynášecí kótu nebo i text kóty.

#### 2.4.3.8 Značka základny



Po vybrání základny stačí jen označit libovolnou vynášecí čáru pro umístění a poté vybrat velikost značky. Při jejím přesunu do prostoru mimo čáru, si ji automaticky doplní.

#### 2.4.3.9 Vztažný bod



Vkládá se do plochy, nebo na hranu. Po zadání hodnot se vytvoří také jeho patřičné označení.

#### 2.4.3.10 Šrafovaní/výplň



Klepnutím se nastaví jakákoliv potřebná uzavřená oblast. Lze ji ale také vybrat i libovolně. Buď definováním uzavřených hran, nebo ručním naskicováním.

### 3 VÝHODY SYSTÉMU

#### 3.1 Výkonný a efektní 3D návrh

Navržený 3D model stále přesně vykresluje všechny díly v zařízení a vztahy mezi nimi. Lze tak snadno provádět kontrolu správnosti návrhu ve všech oblastech.

#### 3.2 Snadná obsluha a učení

Po krátkodobém osvojení jsou noví uživatelé schopni zaměřit se už na složitější úkony, k čemuž i jistě přispívají výukové kurzy spolu s rozsáhlou nápovědou v českém jazyce.

#### 3.3 Příjemné prostředí

Prostředí aplikace je plně intuitivní a ručně přizpůsobitelné, které snižuje množství nutných úkonů na minimum. Čili všechny potřebné nástroje jsou vždy v blízkosti kurzoru. Hlavní prioritou je totiž najít co nejdřív řešení modelovaného dílu popř. sestavy a ne pouze operaci v aplikaci. [11]

#### 3.4 Analýzy

Díky jedinečným analytickým nástrojům systému SolidWorks lze použít aplikaci také k dimenzování namáhaných částí a pohonů. Výhodou těchto nástrojů je i možnost ověřit v krátké době hned několik možných řešení.

##### 3.4.1 Přínosy simulace

Stále narůstající nároky zákazníků na snižování cen a zvyšování spolehlivosti nutí výrobce k inovaci a optimalizaci svých výrobků. Tyto nástroje umožňují vyhodnocovat vlastnosti konstrukce v rané fázi návrhu a vyhledat možná rizika poruch. Celkový význam použití analýz roste s velikostí a složitostí vyvíjených systémů, kde simulace přináší významné úspory při vývoji a výrobě prototypů.

##### 3.4.2 Simulace pohybu mechanismů

Výhodou je jednoduché zadání různých pohonů, působících sil, volba pružin a tlumičů a přidání účinků gravitace na mechanismus. Efektivitu zajišťuje aktivace jednotlivých událostí pomocí čidel pohybu, času nebo dokončení předchozího úkolu spolu s možností výpočtu zatížení součásti během pohybu mechanismu. Účinně a nepřetržitě mají touhu se

neustále zlepšovat funkce vykreslení průběhů rychlostí, zrychlení, sil v motorech, reakčních sil a dalších veličin.

### **3.4.3 Statická pevnostní analýza dílů a sestav**

Používají se ke zjišťování rozložení napětí v konstrukci při zatěžování konstantně působícími silami. V analýze lze přidat spojky nebo virtuální šrouby mezi jednotlivé součásti pro ověření jejich pevnosti a také možnost zadat ložiskových zatížení, nerovnoměrných sil a tlaků, nebo zatížení momentem či krutem. Vykreslení napětí, deformací i rozložení koeficientu bezpečnosti je samozřejmostí.

### **3.4.4 Simulace účinků teplotních změn na díly a sestavy**

Simulace obsahuje funkci ověření přechodových stavů při změně tepelných podmínek a zadáváním termostatu. Analyzuje vlastně sdílení tepla vedením, prouděním a zářením spolu s využitím izotropních, ortotropních a teplotně závislých vlastností materiálu.

### **3.4.5 Frekvenční analýza a analýza vzpěru**

Frekvenční analýza zajišťuje rychlé zjištění vlastních rezonančních frekvencí a jejich tvarů. Vyhodnotí výpočet ukotvené i neukotvené konstrukce nebo změnu hodnot vlastních frekvencí při zatížení. Analýza vzpěru ověří stabilitu konstrukce zatížené tlakem, aby nedošlo k trvalé deformaci či zborcení.

### **3.4.6 Dynamická analýza dílů a sestav**

Zabývá se chováním konstrukcí při zatěžování dynamickými silami. Je možné řešit různé typy budících zatížení a to modální průběh, harmonickou analýzu, nahodilé vibrace a analýzu spektra odezvy.

### **3.4.7 Analýza kompozitních materiálů**

Obsahuje pevnostní simulace pro lepší využití těchto moderních materiálů používaných u stále většího počtu výrobků od spotřebního zboží až po moderní komponenty v leteckém průmyslu. Dále analýza ověřuje několikavrstvové skořepiny a vypočítá tak účinek každé vrstvy s vlastními vlastnostmi materiálu, tloušťkou a orientací na celkovou pevnost kompozitu. Díky revolučnímu uživatelskému rozhraní pro dynamickou kontrolu zobrazuje orientaci vrstvy přímo na modelu.

## 4 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce teoretické části bylo vypracování rešerše strojírenského programu SolidWorks z oblasti kreslicích CAD softwarů.

Úkolem bylo nastínit smysl této stále se zdokonalující se aplikace spolu s technickým významem, který je následně zpracován z pohledu konstruktéra do těchto etap:

- Význam programu
- Ovládání (2D skicování, prvky, sestavy a výkresy)
- Výhody systému

V návaznosti na literární rešerši budou na základě vytvoření sestav a na základě vypracování tabulek diskutovány výhody a nevýhody vybraných softwarů.

- Catia V5 R19
- SolidEdge ST 3
- SolidWorks 2012

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 VÝBĚR SPRÁVNÉHO 3D CAD PROGRAMU

V rámci soupeření o nejvyšší místo na trhu se snaží všichni výrobci nabídnout to nejlepší za co nejmenší cenu. Dnes je situace v tomhle spektru natolik vyspělá, že většina konkurenčních korporací přináší v podstatě téměř totožné funkce svých produktů a zákazník se proto musí čím dál tím více pečlivěji rozhodnout pro nejlépe výhodný obchod.



Obr. 27 - Loga aplikací Catia, SolidEdge a SolidWorks [22][23][24]

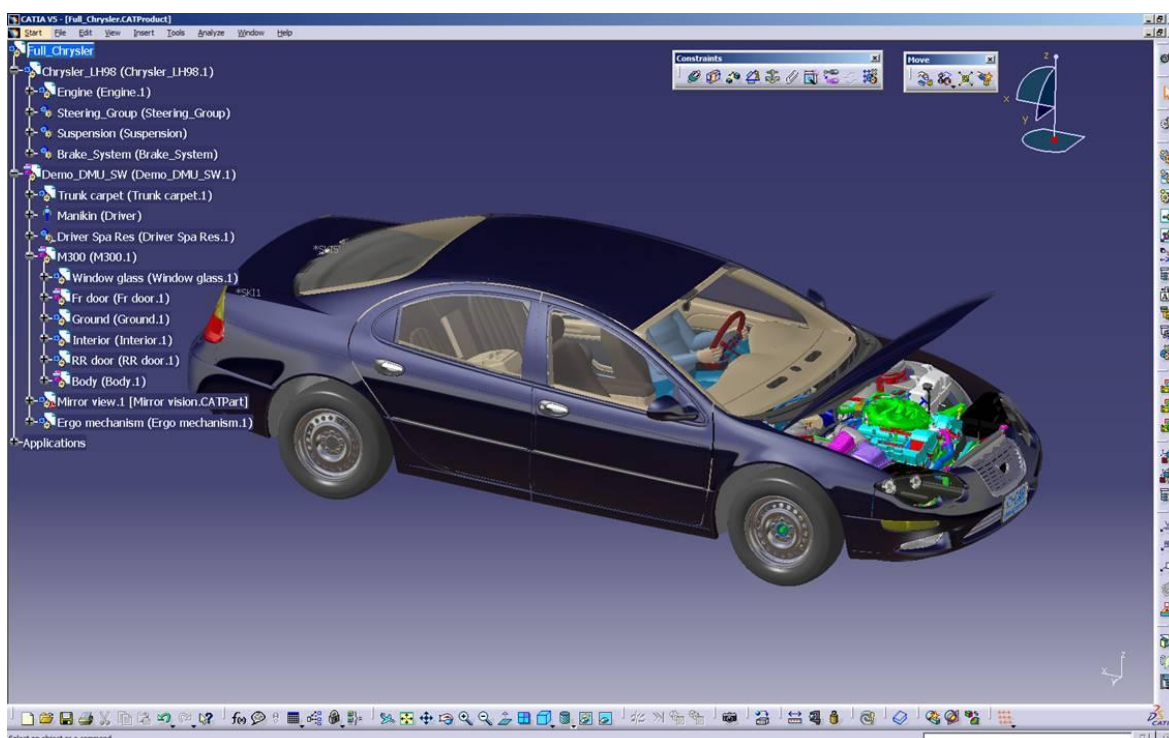
Nejlepší způsob jak dobře zvolit CAD program, je dopředu si promyslet pro jaké účely ho hodlá uživatel používat. Pro nějakou malou firmu je nesmysl pořizovat příliš drahou aplikaci, když potřebnou funkci zvládne i program nižší třídy a naopak. Velká společnost, která potřebuje komunikovat s jinými partnery a vytvářet složitější operace, potřebuje nezbytně tento sortiment, který je pro navrhovanou situaci nutný.

## 5.1 Catia

Velmi často používaný CAD systém hlavně v leteckém, lodním a automobilovém (BMW, Chrysler, Škoda nebo Volkswagen) průmyslu na celém světě, který nabízí celou řadu možností modelování i v jiných oborech. Podporuje týmovou spolupráci v rámci jednoho projektu a možnost adekvátní komunikace pro potřebnou revizi mezi konstruktéry čili účastníky návrhu.

[13]

### 5.1.1 Pracovní prostředí



Obr. 28 - Ukázka pracovního prostředí v aplikaci Catia [14]

### 5.1.2 Optimální požadavky

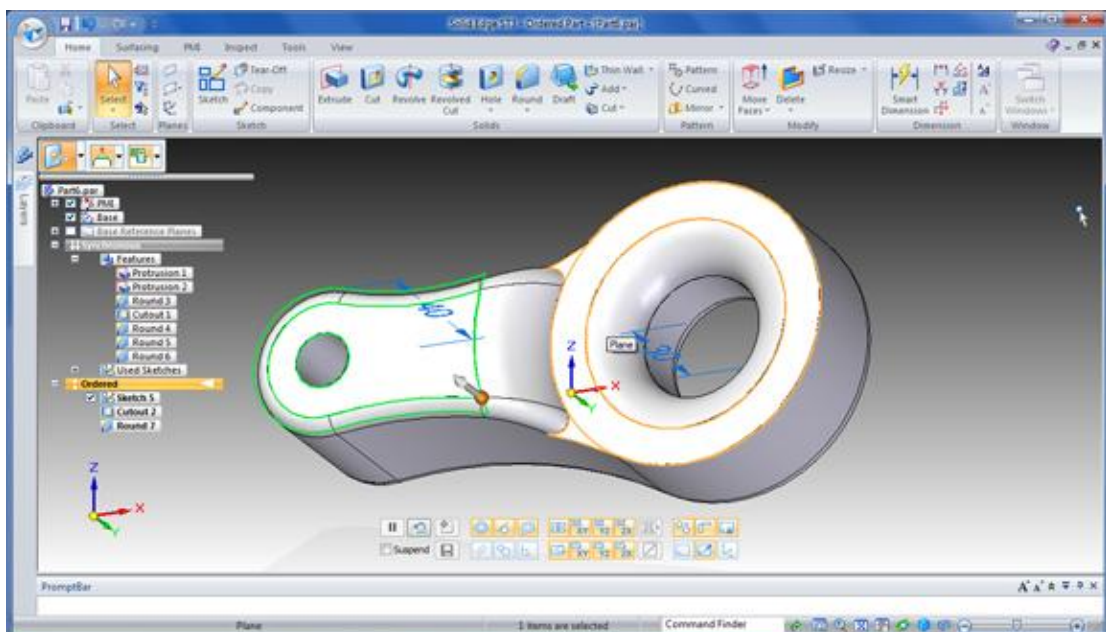
- Operační systém Microsoft Windows XP Professional 32/64 bit (SP2) a novější
- Procesor Intel Pentium 4, AMD 2 GHz a vyšší
- 2,5 GB volného místa na disku
- Grafická karta s podporou 3D Open GL
- Rozlišení obrazovky 1280x1024
- Síťová karta
- CD-ROM mechanika

[15]

## 5.2 SolidEdge ST

Produkt společnosti Siemens PLM Software líčí moderní 3D CAD systém pro strojírenství střední kategorie. Aplikace je hlavní součástí řady Velocity series. Díky funkci přímého modelování poskytuje synchronizaci s ostatními CAD/CAM/CAE systémy. Jako již předešlý SolidWorks se SolidEdge postaral o jednoduchost ovládání v příjemném prostředí, kde jsou také k dispozici výukové a snadno pochopitelné kurzy pro začátečníky. Nejnovější se stala minulý rok vydaná verze SolidEdge ST 5. [16]

### 5.2.1 Pracovní prostředí



Obr. 29 – Ukázka pracovního prostředí v aplikaci SolidEdge [17]

### 5.2.2 Optimální požadavky

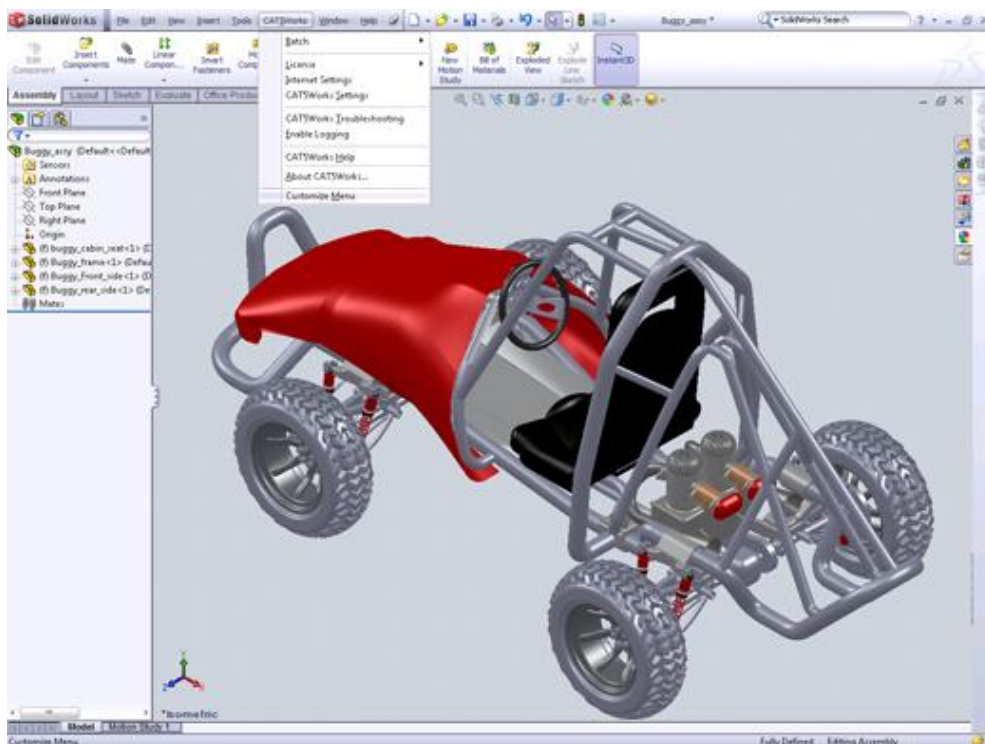
- Operační systém Microsoft Windows XP Professional 32/64 bit (SP2) a novější
- Procesor Intel, AMD
- 1-2 GB RAM
- 1,7 GB volného místa na disku
- Grafická karta s podporou 3D Open GL
- Rozlišení obrazovky 1280x1024
- Síťová karta
- CD-ROM mechanika
- Internet Explorer 7

[18]

### 5.3 SolidWorks

SolidWorks je strojírenský 3D CAD software, který slouží k vytváření plně asociativních trojrozměrných prvků s využitím tvořením sestav, výrobních výkresů, plechových součástí, svařovaných konstrukcí, forem a dalších. Ve své třídě nabízí nejlepší objemové modelování a vytváření 2D výrobní dokumentace a navíc nejsnadnější a nejintuitivnější ovládání ze všech CAD systémů vůbec. [1]

#### 5.3.1 Pracovní prostředí



Obr. 30 – Ukázka pracovního prostředí v aplikaci SolidWorks [19]

#### 5.3.2 Optimální požadavky

- Operační systém Microsoft Windows XP Professional 32/64 bit (SP2) a novější
- Procesor Intel, Xeon 3,6 GHz
- 4 GB RAM a více
- 5 GB volného místa na disku
- Grafická karta s podporou 3D Open LG, Ovidia Quadro 2000
- Rozlišení obrazovky 1280x1024
- DVD-ROM mechanika
- Internet Explorer 7,8,9

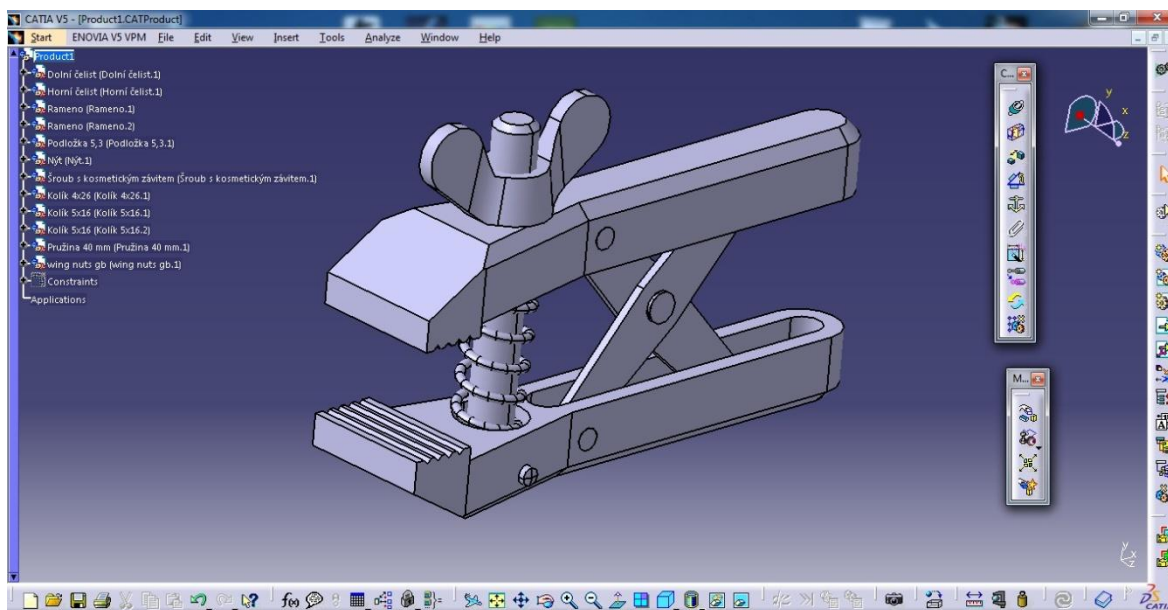
## 6 VYTVOŘENÍ SESTAV

Následující kapitola symbolizuje výrobu sestav v již zmiňovaných a předem vybraných 3D CAD programech v důsledku jejich podobnosti a specializace. Sestavy spolu s díly jsou samozřejmě součástí v příslušné elektronické formě bakalářské práce.

### 6.1 Rovnoběžné svěrky

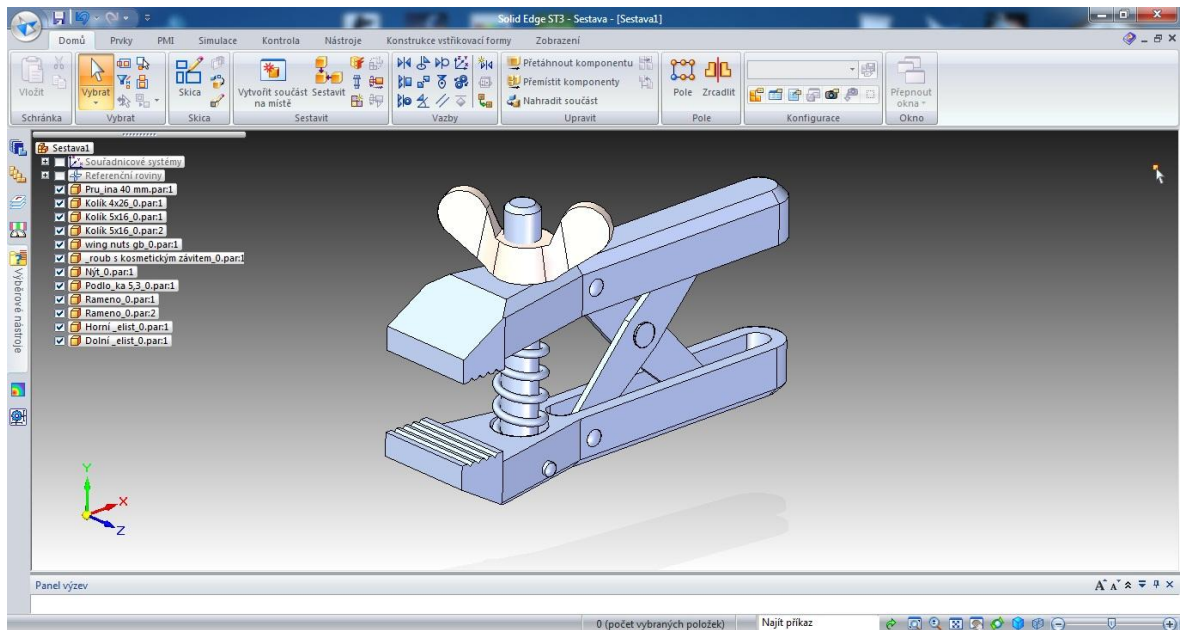
Používají funkci pevného utahování spolu s velkou upínací silou a jednoduchým ovládáním. Využívá se hojně ve strojírenství, ale také i ve truhlářství.

Sestava se skládá celkem hned z několika dílů. Zahnuje horní a dolní čelist, dvě nůžkově uspořádaná ramena, šroub s kosmetickým závitem, křídlovou matici, pružinu, válcové kolíky a nerozebíratelný spojovací prostředek nýt.

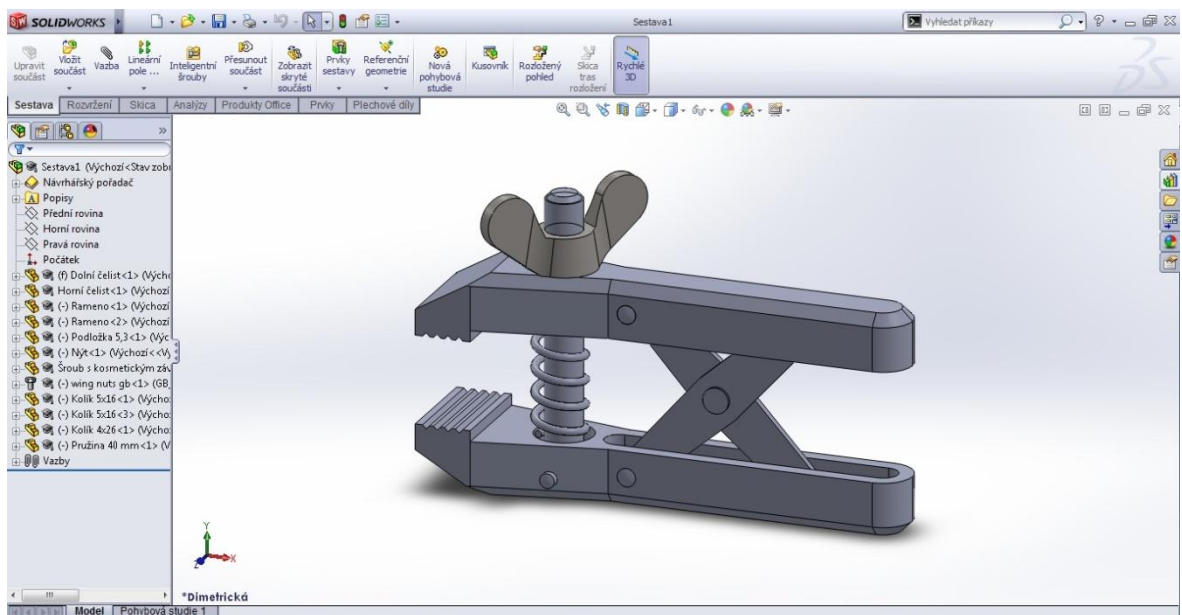


Obr. 31 – Catia [7]





Obr. 32 – SolidEdge [7]



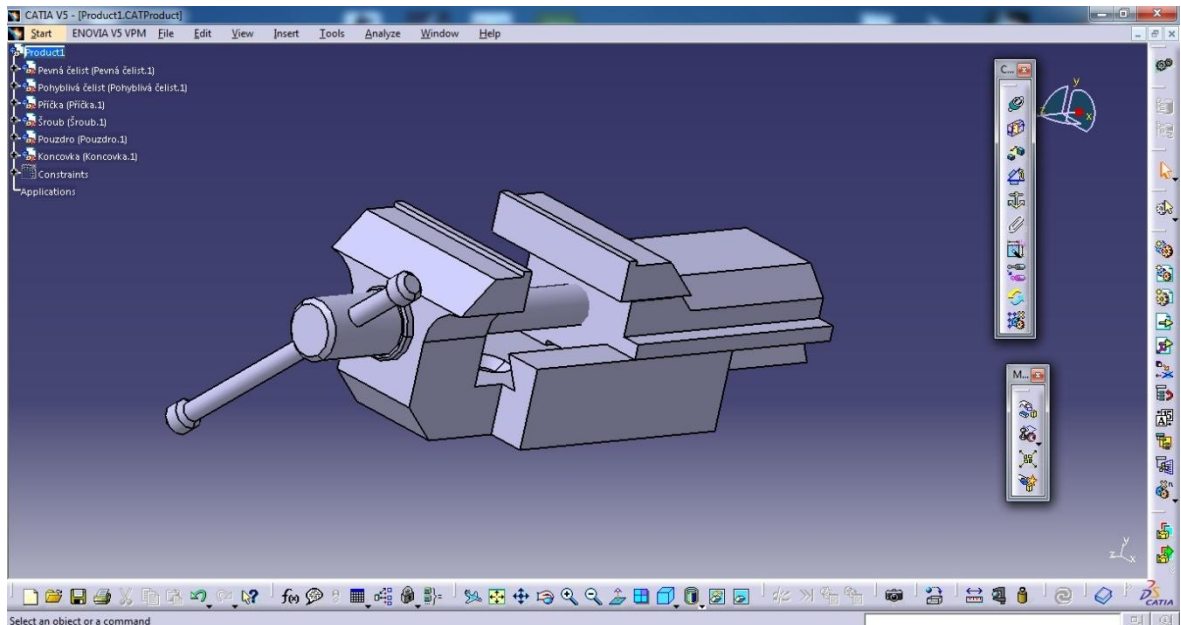
Obr. 33 – SolidWorks [7]

Všechny díly v sestavě byly vymodelovány stejným způsobem, ale pouze matice spolu s válcovými kolíky je možné načíst z knihoven návrhů.

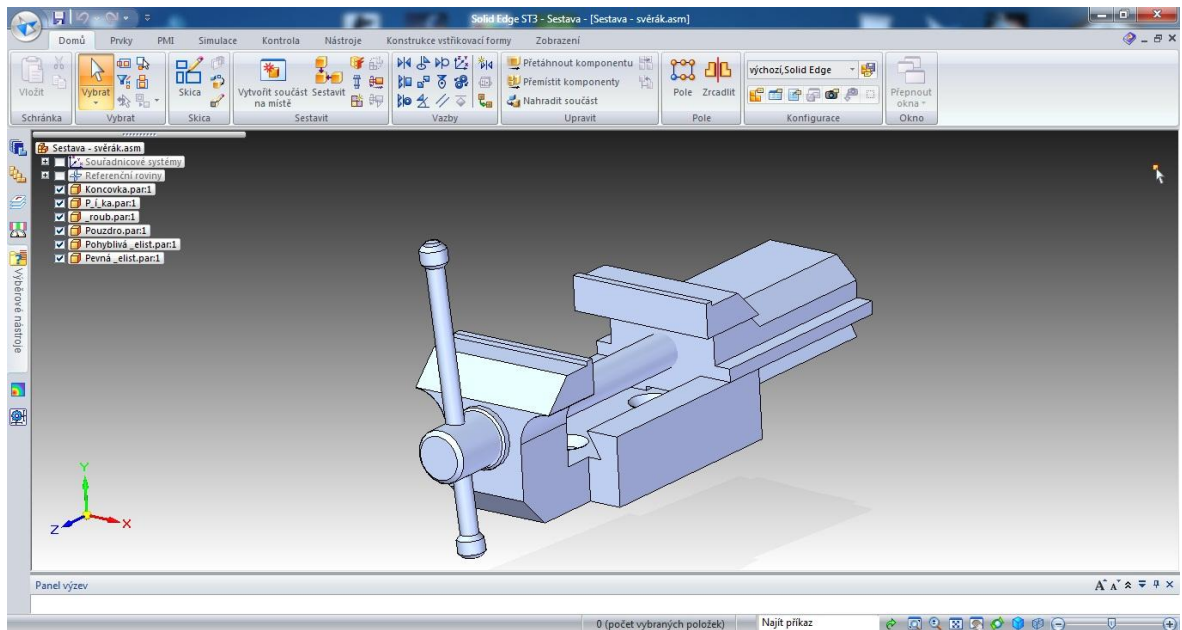
## 6.2 Svěrák

Ačkoliv pracuje na principu podobném jako předchozí sestava, je tento nástroj zaručeně více rozšířený. Používá se téměř na všechny základní dílenské práce. Pro zkušenější pracovníky bývá tento nástroj naprostou nezbytností.

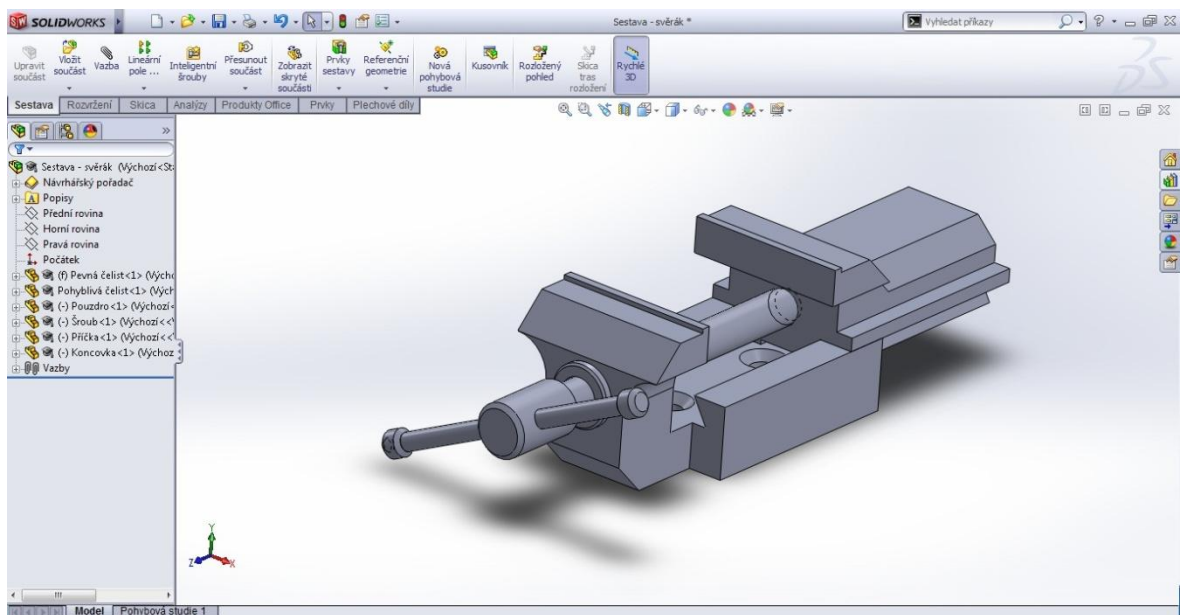
Slouží především k upevnění dílce do dvou upínacích čelistí (pevných a pohyblivých), kde základní pohyb koná šroub s trapézovým závitem. Sestava svěráku se tedy skládá z již zmiňovaných čelistí a šroubu, dále z koncovky s vnitřním závitem, příčky a pevně zabudovaného pouzdra.



Obr. 34 – Catia [7]



Obr. 35 – SolidEdge [7]



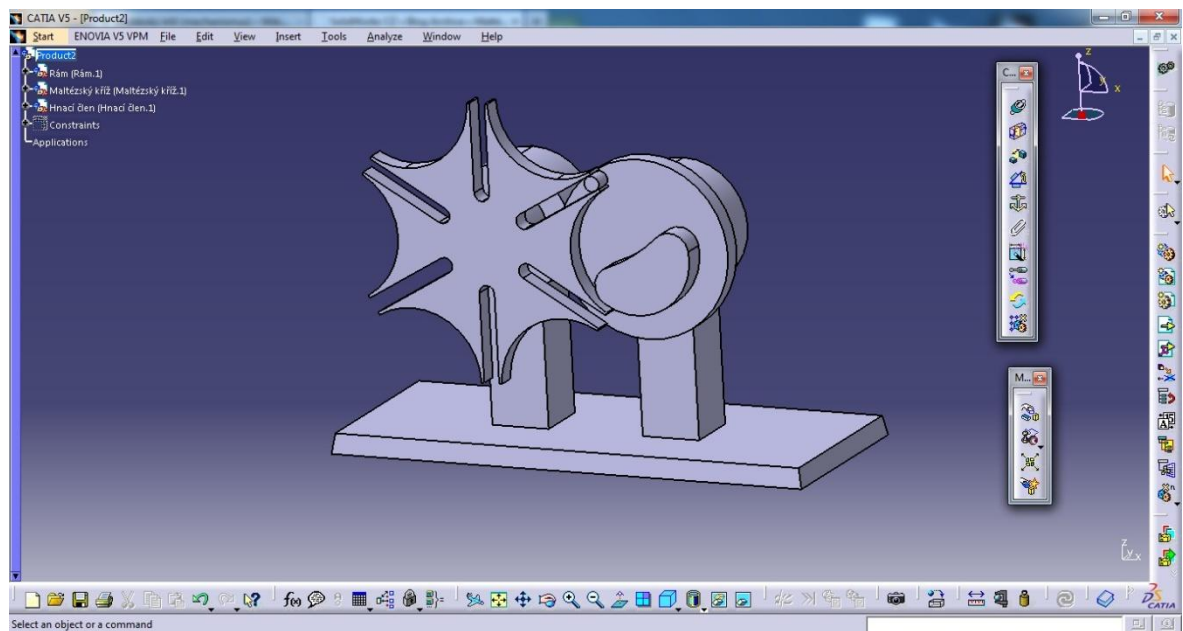
Obr. 36 – SolidWorks [7]

Všechny díly v sestavě byly taktéž vymodelovány stejným způsobem, ale začíná se tady již objevovat problém u manipulací s objekty pomocí počítačové myši s třemi hlavními tlačítky LTM, RTM a PTM (levé, rolovací a pravé tlačítko myši). V Catii je systém přibližování a posouvání pouze trochu odlišný, než ve zbylých dvou programech, takže si technolog musí tuhle funkci osvojit, pokud chce kreslit střídavě ve více aplikacích.

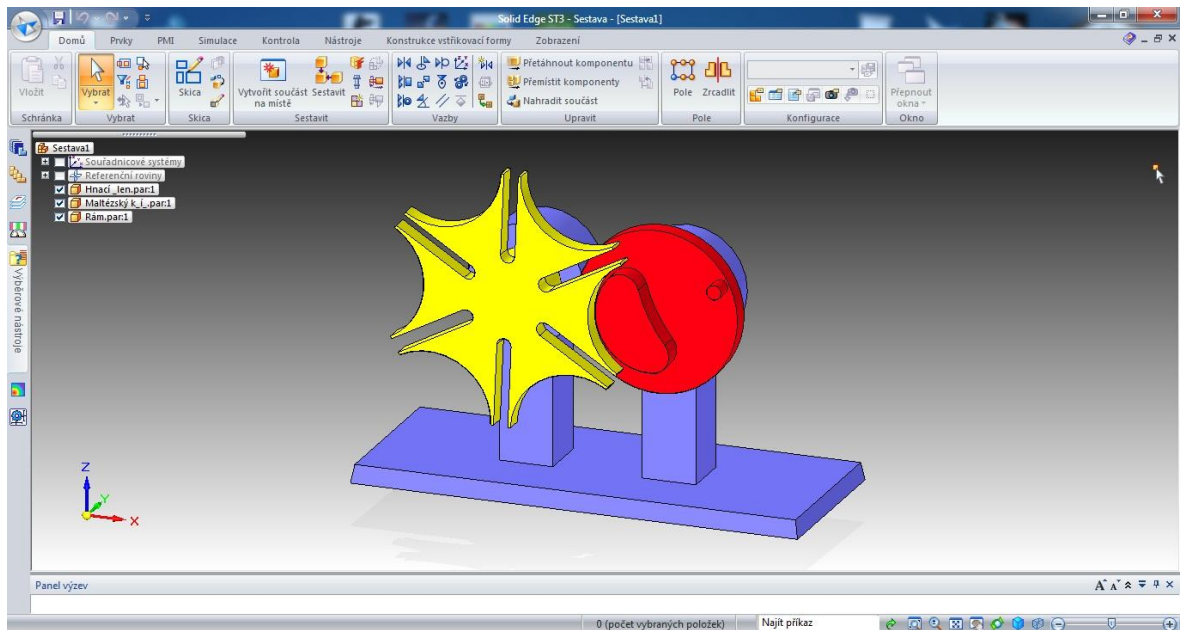


### 6.3 Maltézský mechanismus

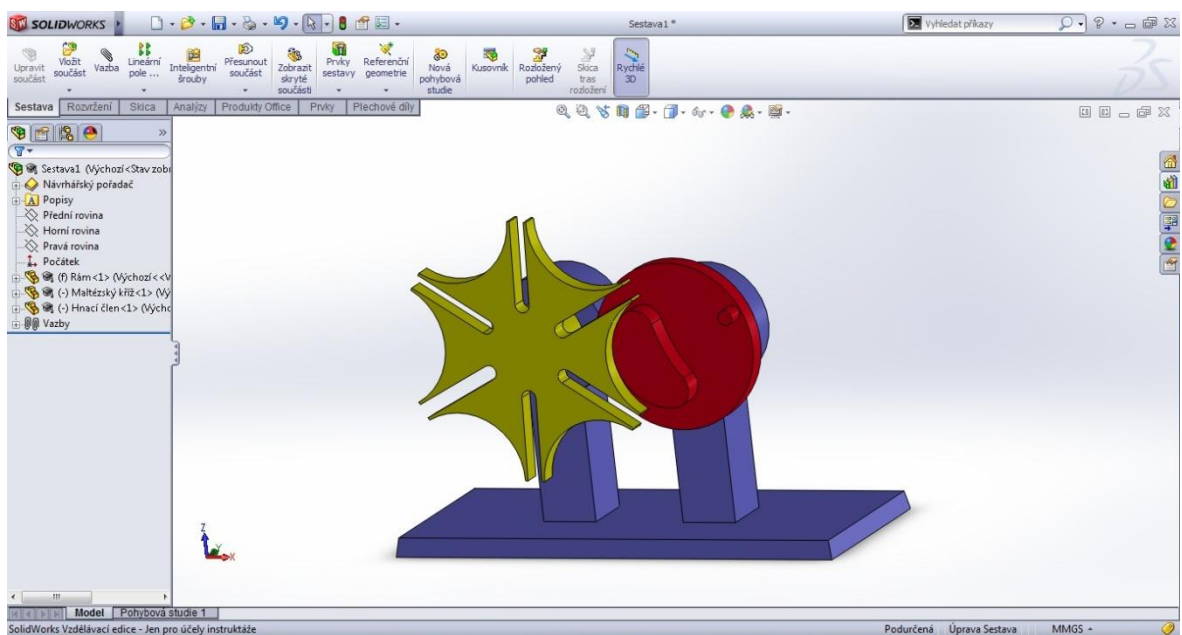
Mechanismy jsou pohyblivé mechanické soustavy, kde jejich hlavními funkcemi je změna druhu pohybu. Sestava Maltézského mechanismu se skládá ze stojanu, hnacího členu a samotného maltézského kříže. Mechanismus slouží k převodu rovnoměrného rotačního pohybu na pravidelně přerušovaný rotační pohyb. V praxi se využívá např. u promítacích strojů, skenerů apod.



Obr. 37 – Catia [25][26][27]



Obr. 38 – SolidEdge [25][26][27]



Obr. 39 – SolidWorks [25][26][27]

I přes zjištěné nedostatky vzhledem k ceně, dovednostem, nástrojových doplňcích a přehlednosti vyhovuje až třetí zmiňovaný systém, který nabízí nespornou výhodu v tomto směru. Může se využít od prvního návrhu přes optimalizaci až k virtuální prezentaci.

## 7 VÝHODY A NEVÝHODY

Další kapitola se plně zabývá předešlými kreslicími 3D CAD programy. Obsahuje kompletní podrobnější informace o softwarech Catia, SolidEdge a SolidWorks ve formě několika tabulek. V klasickém slova smyslu jsou data zaznamenána do způsobu „pro“ a „proti“.

Tab. 5 – Počet výběru jazyků v jednotlivých softwarech [21]

Tabulka možností jazyků v jednotlivých softwarech			
Software	Catia	SolidEdge	SolidWorks
Čínština	✗	✗	✓
Čeština	✗	✗	✓
Holandština	✗	✗	✓
Angličtina	✓	✓	✓
Francouzština	✓	✓	✓
Němčina	✓	✗	✓
Italština	✗	✗	✓
Japonština	✓	✗	✓
Korejština	✗	✓	✓
Polština	✗	✗	✓
Portugalština	✗	✗	✓
Ruština	✗	✓	✓
Španělština	✗	✓	✓
Švédština	✗	✗	✓

Tab. 6 – Operační systémy pro požadující funkčnost [21]

Tabulka operačních systémů pro požadující funkčnost			
Software	Catia	SolidEdge	SolidWorks
Windows 7	✗	✓	✓
Windows Vista	✓	✓	✓
Windows XP	✓	✗	✓

Z tab. 05 a 06 jasně vyplývá, že 1. místo získal SolidWorks. Obsahuje mimo jiné všechny dostupné jazyky a také možnost práce na všech typech operačních systémů Windows.

Tab. 7 – Typy zapisovatelných a čitelných souborů [21]

Tabulka zapisovatelných souborů			
Software	Catia	SolidEdge	SolidWorks
ACIS	✗	✓	✓
ACIS SAT	✗	✗	✓
CAT Analysis	✓	✗	✗
CAT Drawing	✓	✗	✗
CAT FCT	✓	✗	✗
CAT Knowledge	✓	✗	✗
CAT Material	✓	✗	✗
CAT Process	✓	✗	✗
CAT Raster	✓	✗	✗
CAT Resource	✓	✗	✗
CAT Shape	✓	✗	✗
CAT SWL	✓	✗	✗
CAT System	✓	✗	✗
CATPART	✓	✗	✗
CATPRODUCT	✓	✗	✗
CCD	✓	✗	✗
DLV	✓	✗	✗
DLV4	✓	✗	✗
DWG	✗	✗	✓
DXF	✗	✓	✓
HOOPS	✗	✗	✓
HPGL/PLT	✗	✗	✓
IGES	✗	✗	✓
IGS	✓	✗	✓
JPEG	✗	✓	✓
JT	✓	✓	✗
MAP	✓	✗	✗
Microstaion	✗	✓	✗
Parasolid	✗	✓	✓
PARASOLID XT	✗	✗	✓
PDF	✗	✓	✓
PROE	✗	✗	✓
SAT	✗	✗	✓
SolidWorks	✗	✗	✓
STEP	✓	✓	✓
STL	✓	✓	✓
STP	✓	✗	✓
TIF/TIFF	✗	✗	✓
WRL	✗	✗	✓
XGL	✗	✓	✗
XML	✓	✗	✗

Tabulka čitelných souborů			
Software	Catia	SolidEdge	SolidWorks
ACIS	✗	✓	✓
ACIS SAT	✗	✗	✓
ASM	✗	✗	✓
BMP	✗	✗	✓
CAT Analysis	✓	✗	✗
CAT Drawing	✓	✗	✗
CAT FCT	✓	✗	✗
CAT Knowledge	✓	✗	✗
CAT Material	✓	✗	✗
CAT Process	✓	✗	✗
CAT Raster	✓	✗	✗
CAT Resource	✓	✗	✗
CAT Shape	✓	✗	✗
CAT SWL	✓	✗	✗
CAT System	✓	✗	✗
CATPART	✓	✗	✗
CATPRODUCT	✓	✗	✗
CCD	✓	✗	✗
DLV	✓	✗	✓
DLV4	✓	✗	✓
DRW	✗	✗	✓
DWG	✗	✗	✓
DXF	✗	✓	✓
IFC	✗	✗	✓
IGES	✗	✓	✓
IGS	✓	✗	✗
INVENTOR	✗	✓	✗
JPEG	✗	✗	✗
JT	✓	✓	✓
MAP	✓	✗	✓
Microstaion	✗	✓	✓
Parasolid	✗	✓	✓
PARASOLID XT	✗	✗	✓
PROE	✗	✓	✓
Rhino	✗	✗	✓
SAT	✗	✗	✓
SolidWorks	✗	✓	✓
STEP	✓	✓	✓
STL	✓	✓	✓
STP	✓	✗	✓
TIF/TIFF	✗	✗	✗
XML	✓	✗	✗

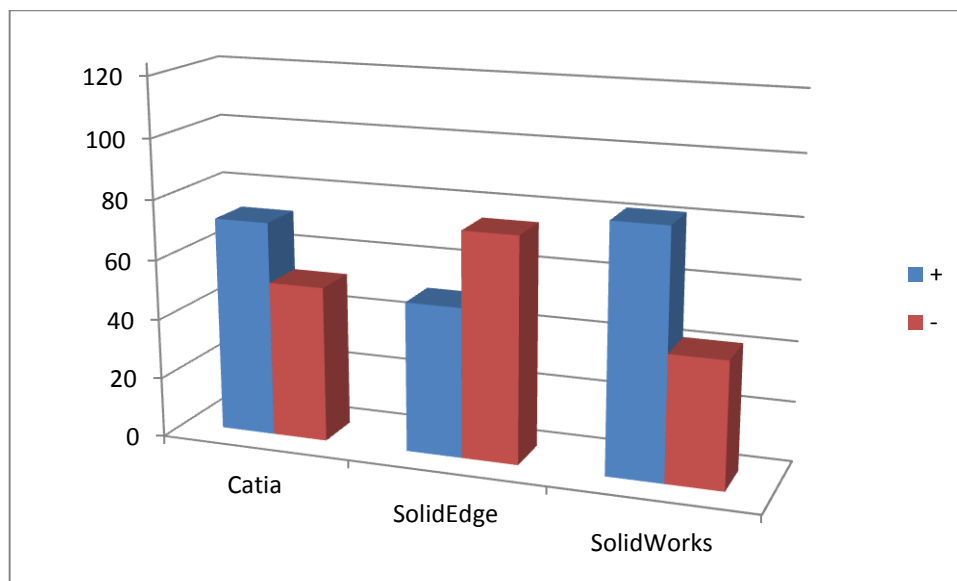
Možnost zapisování a čtení v mnoha typech souborů je někdy nejdůležitějším aspektem pro komunikaci se zákazníkem. V tab. 07, která je rozdělena na dvě části, můžeme zjistit jaké soubory uvedeného typu jsou aplikace schopny otevřít a do jakých zase naopak uložit. První část ukázala, že ze 41 typů souborů jich může Catia přečíst hned větší polovinu a ve druhé části ze 42 typů tomu také není jinak.

Tab. 8 – Souhrn nástrojů, funkcí a efektů [21]

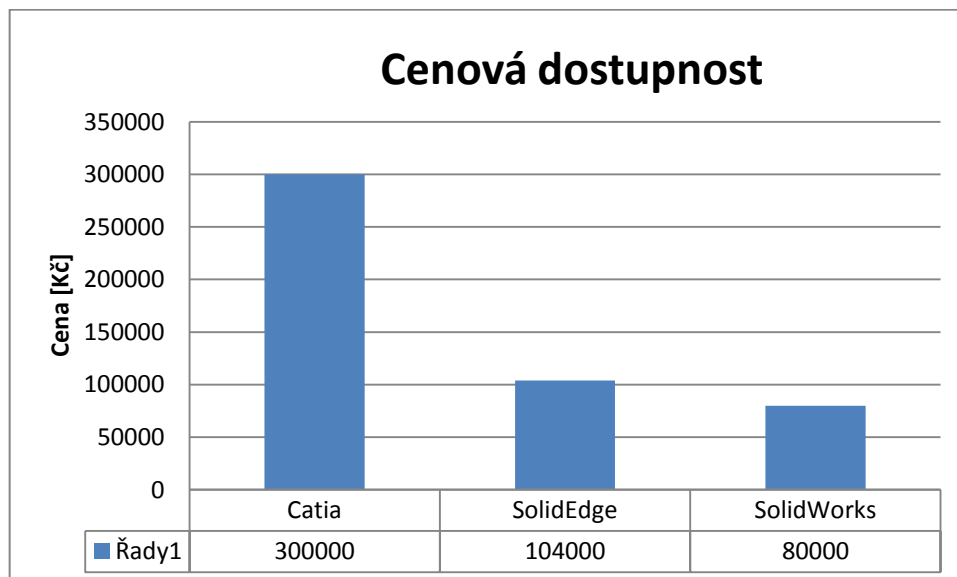
Nástroje, funkce a efekty			
Software	Catia	SolidEdge	SolidWorks
2D kreslení	✓	✓	✓
3D modelování	✓	✓	✓
Barevný rozsah	✓	✗	✓
Přihlašování	✓	✓	✓
Přizpůsobitelné nastavení rozsahu	✓	✓	✓
Designové prvky knihovny	✗	✗	✓
Drag - Drop Modelování	✓	✓	✓
Vysouvání 3D Modely z 2D vzorů	✓	✓	✓
Generování 2D výkresů z 3D vzorů	✓	✓	✓
Hatching editor	✓	✓	✓
Importovat existující vzory	✓	✓	✓
Průhlednost vrstvy	✗	✓	✓
Makro instrukce	✓	✓	✓
Číselný objekt nástroje	✓	✓	✓
Parametrické modelování	✓	✓	✓
Snap - Grip funkčnost	✓	✓	✓
Měřicí nástroj	✓	✓	✓
Textové pole	✓	✓	✓
Struktura knihovny	✓	✓	✓
Animace	✓	✓	✓
Osvětlení	✓	✓	✓
Fotorealistická vizualizace	✓	✓	✓
Návody skrz virtuální prohlídky	✗	✓	✗

Nástroje a funkce tvoří základ univerzálního a moderního 3D CAD systému. Patří také do podmínek pro výběr vhodného programu. Z poslední tab. 08 vyplývá, že žádná již z předem jmenovaných aplikací nezahrnuje všechny patřičné funkce a jsou proto neustále zdokonalovány.

## 7.1 Grafické znázornění



Z pěti předešlých tabulek byl sestrojen graf, ze kterého je jednoduché zjistit, který produkt si vedl nejlépe. Modrá barva označuje množství elementů, které software obsahuje nebo nabízí a červená naopak.

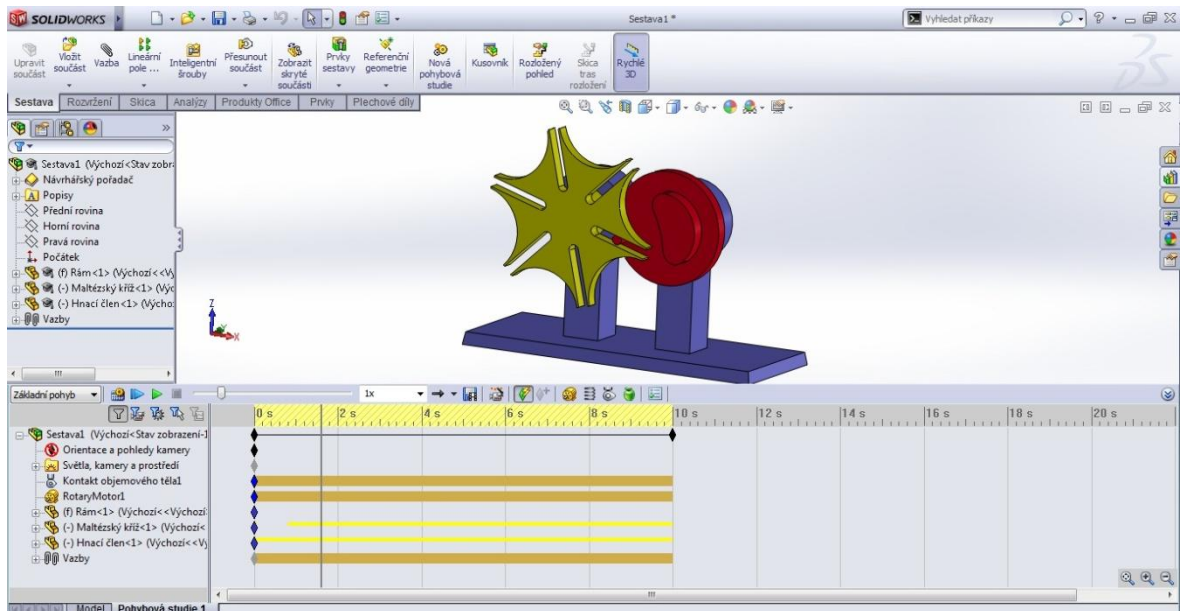


Poslední graf zobrazuje cenovou dostupnost daných sortimentů. Přesná cena prvního systému není zveřejněna, ale s celkovým množstvím doplňků se pohybuje mezi 300 000 – 600 000 Kč (s DPH).

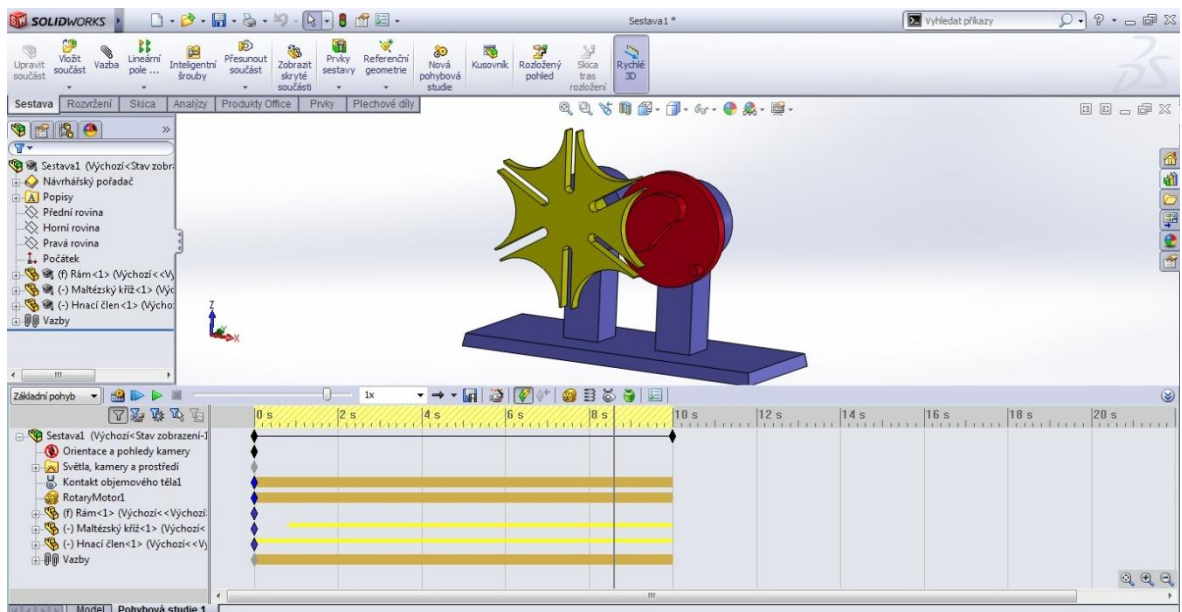


## 7.2 Animace maltézského kříže

V pohybové simulaci se počáteční podmínky skládají z počátečního uspořádání mechanismu. Animace ukazuje jeho konfiguraci v po sobě jdoucích časových rámcích. Poskytuje také celkový pohled na to, jak se zařízení chová. [28]



Obr. 40 – Animace maltézského kříže [25][26][27]

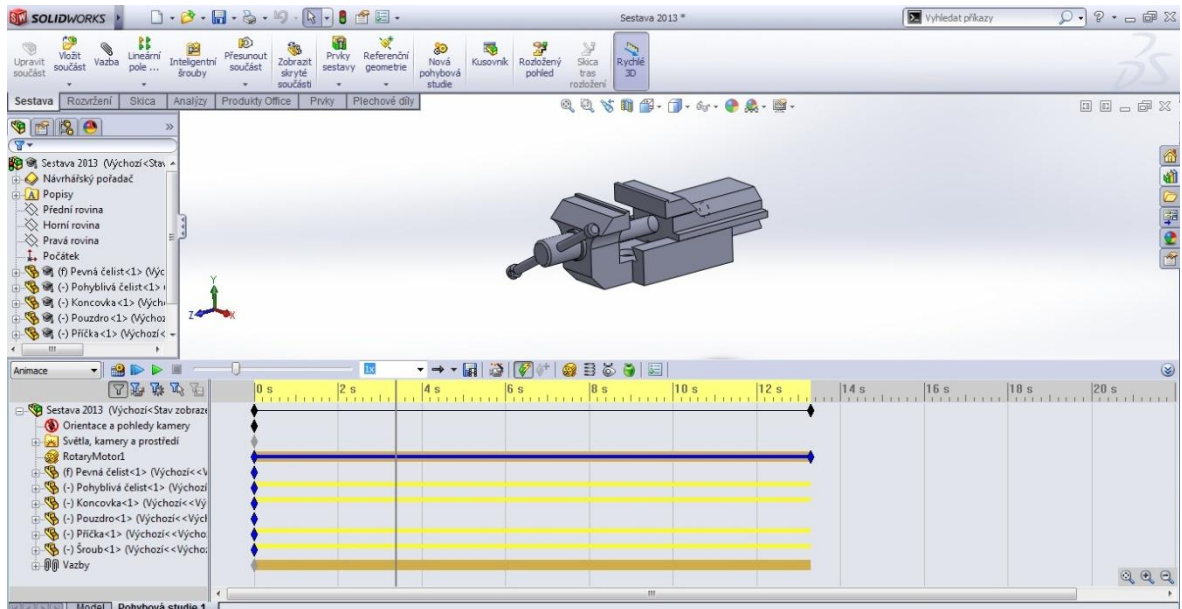


Obr. 41 – Animace maltézského kříže [25][26][27]

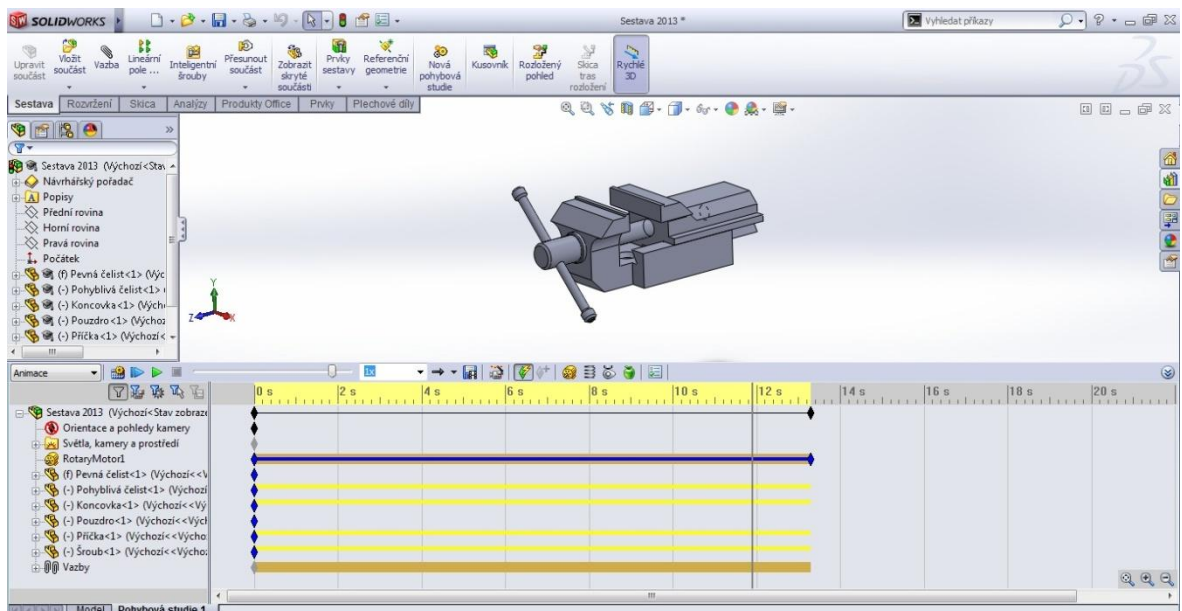


### 7.3 Animace svěráku

Stejně jako u předchozího příkladu simulace bylo počáteční uspořádání plně určeno pomocí vazeb (soustředně a sjednoceno).



Obr. 42 – Animace pohybu čelistí u svěráku [7]



Obr. 43 – Animace pohybu čelistí u svěráku [7]

## ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá základním popisem produktu SolidWorks, který umožňuje uživatelům využívat veškerých výhod a zároveň si zachovat komfort a návyky pro práci v operačních systémech Windows. Se samotným vznikem bylo popsáno rozdělení programu do několika obchodních skupin s popisem, jaké produkty jednotlivá sekce obsahuje a jaký druh operací lze s nimi provádět. V další části jsou podrobněji charakterizovány funkce od 2D tvorby skic, modelování 3D součástí, tvorby sestav až po výkresovou dokumentaci.

Jelikož má každá firma své konkrétní požadavky pro volbu CAD systému, cílem další části této práce byly mým způsobem popsány příbuzné 3D CAD aplikace stejného druhu a prodiskutovány jejich výhody a nevýhody. Pro objektivní posouzení byly zprostředkovány totožné způsoby vymodelování sestav a to v programech Catia, SolidEdge a SolidWorks.

Na základě mnou vytvořeného hodnocení bylo zjištěno, že základní požadavky splňují všechny systémy. Ačkoliv programy jsou svými dosavadními funkcemi téměř identické, tak se nejvhodnějším softwarem díky veškerým faktorům jeví produkt společnosti Dassault Systemes SolidWorks. Závěrem mé práce jsem vytvořil animace ve zmiňovaném programu, které jsou doloženy na příslušném CD.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Historie společnosti | 3D modelování a 3D CAD software | SolidWorks Corporation. *3D modelování a 3D CAD software | SolidWorks Corporation* [online]. 2011 [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: <http://www.solidworks.cz/o-spolecnosti/historie-spolecnosti/>
- [2] Archiv verzí | SolidVision. SolidVision [online]. 2010 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: [http://www.solidvision.cz/archiv-verzi/?search\\_vyraz\[0\]=n|historie&search\\_vyraz\[1\]=n|verzi&search\\_zvyrazni=true](http://www.solidvision.cz/archiv-verzi/?search_vyraz[0]=n|historie&search_vyraz[1]=n|verzi&search_zvyrazni=true)
- [3] SolidWorks | TOP TECH s.r.o. *Autorizovaný prodejce SolidWorks a SolidCAM | TOP TECH s.r.o.* [online]. 2007 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.top-tech.cz/SA531B1147C1147D0S0-solidworks.html>
- [4] Úrovně systému SolidWorks | SolidWorks. *3E Praha Engineering - dodávky a podpora CAD/CAM/PDM systémů* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.3epraha.cz/SolidWorks/produkty-solidworks/prehled-systemu-Solidworks/urovne-systemu-solidworks>
- [5] 2012 Nápověda SolidWorks - Skicování. *SolidWorks Web Help* [online]. 1995-2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: [http://help.solidworks.com/2012/Czech/solidworks/sldworks/c\\_sketching.htm](http://help.solidworks.com/2012/Czech/solidworks/sldworks/c_sketching.htm)
- [6] 2012 Nápověda SolidWorks - Přijímání prvků. *SolidWorks Web Help* [online]. 1995-2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: [http://help.solidworks.com/2012/Czech/solidworks/sldworks/accepting\\_features.htm](http://help.solidworks.com/2012/Czech/solidworks/sldworks/accepting_features.htm)
- [7] VLÁČILOVÁ, Hana, Milena VILÍMKOVÁ a Martin FREIBAUER. *Základy práce v CAD systému SolidWorks*. 2. vyd. Brno: Computer press, 2010, s. 328. ISBN 9788025125045
- [8] 2012 Nápověda SolidWorks - Přehled prvků. *SolidWorks Web Help* [online]. 1995-2013 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: [http://help.solidworks.com/2012/Czech/SolidWorks/sldworks/Features\\_Overview.htm?id=82782639a4d540519c2490a5c5963fc1#Pg0](http://help.solidworks.com/2012/Czech/SolidWorks/sldworks/Features_Overview.htm?id=82782639a4d540519c2490a5c5963fc1#Pg0)

- [9] 2012 Nápořveda SolidWorks - Ikony vazeb ve stromu FeatureManager. *SolidWorks Web Help* [online]. 1995-2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: [http://help.solidworks.com/2012/Czech/SolidWorks/sldworks/Mate\\_Icons\\_in\\_the\\_FeatureManager\\_Design\\_Tree.htm?id=e1548e9465824c3191b633bbd7c05bf1#Pg0](http://help.solidworks.com/2012/Czech/SolidWorks/sldworks/Mate_Icons_in_the_FeatureManager_Design_Tree.htm?id=e1548e9465824c3191b633bbd7c05bf1#Pg0)
- [10] DRASTÍK, František. *Technické kreslení I: pravidla tvorby výkresů*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a.s., 2005. ISBN 80-7225-195-3
- [11] Výhody systému | SolidWorks. *SolidWorks - CAD systém od 3E Praha Engineering* [online]. 2009 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.3epraha.cz/SolidWorks/proc-solidworks/vyhody-systemu-solidworks>
- [12] Simulation - Analýzy a simulace | SolidWorks. *SolidWorks - CAD systém od 3E Praha Engineering* [online]. 2009 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.3epraha.cz/SolidWorks/produkty-solidworks/simulation-overeni-navrhu>
- [13] CATIA. *CATIA Home* [online]. Liberec, 2011 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.catia.cz/CATIA.10.0.html>
- [14] Optimise CATIA Settings for Large Assemblies | CATIA reseller South Africa | CATIA CAD CAM | CAD CAM Software | CDC | PLM Solutions. *CATIA reseller South Africa | CATIA CAD CAM | CAD CAM Software | CDC | CNC Design Consultants* [online]. 2010 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: [http://www.cdcza.co.za/wp-content/uploads/2010/07/Cache\\_4.jpg](http://www.cdcza.co.za/wp-content/uploads/2010/07/Cache_4.jpg)
- [15] IBM PLM V6 System Requirements - 2011x, 2011, 2010x, 2010, 2009x, 2009 - United States. *IBM - United States* [online]. 2010 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg27012978&aid=1>
- [16] O Solid Edge: Siemens PLM Software. *Siemens Global Website* [online]. 1996 - 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/velocity/solidedge/overview/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/velocity/solidedge/overview/index.shtml)
- [17] Solid Edge with Synchronous Technology 3: Raising the Bar on Hybrid CAD | Virtual Desktop. *DE - Desktop Engineering - Technology for Design Engineering* [online]. 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: [http://www.deskeng.com/virtual\\_desktop/?p=2730](http://www.deskeng.com/virtual_desktop/?p=2730)

- [18] Solid Edge System Requirements: Siemens PLM Software - ČESKÁ REPUBLIKA. *Siemens Global Website* [online]. 1996 - 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/velocity/solidedge/overview/system\\_requirements.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/velocity/solidedge/overview/system_requirements.shtml)
- [19] CAT5Works Ready for 2012. *CCE - Engineering Software | Development Tools | Services* [online]. 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.cadcam-e.com/news/122/CAT5Works-SolidWorks-2012-CATIA-V5-R21.aspx>
- [20] SolidWorks | TOP TECH s.r.o. *Autorizovaný prodejce SolidWorks a SolidCAM | TOP TECH s.r.o.* [online]. 2007 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: [http://www.top-tech.cz/index\\_eshop.php?actmain=531&kod\\_a0=1147&kod\\_a=1147&kod\\_r=0&act=search&search=&razeni=0&zaznam\\_listu=20&c\\_listu=3&pocet\\_nalistu=10](http://www.top-tech.cz/index_eshop.php?actmain=531&kod_a0=1147&kod_a=1147&kod_r=0&act=search&search=&razeni=0&zaznam_listu=20&c_listu=3&pocet_nalistu=10)
- [21] CATIA Version 6 vs Solid Edge ST4 vs SolidWorks Premium 2012. *FindTheBest.com | Find. Compare. Decide.* [online]. 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://cad-software.findthebest.com/compare/12-21-24/CATIA-Version-6-vs-Solid-Edge-ST4-vs-SolidWorks-Premium-2012>
- [22] ENGINEERING.com CATIA Education Centre - CATIA V5. *ENGINEERING.com CATIA Education Centre* [online]. 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.catiastudent.com/Products/CATIA-V5.aspx>
- [23] Technofirm Solutions LLP: Solid Edge. *Technofirm Solutions LLP* [online]. 2010 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.technofirmsolutions.blogspot.cz/2012/06/solid-edge.html>
- [24] Solidworks Logo Updated | SWUGN-UK, The SolidWorks User Group Network for the UK. *SWUGN-UK, The SolidWorks User Group Network for the UK* [online]. 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.swugn-uk.co.uk/2011/04/solidworks-logo-updated/>
- [25] SolidWorks CZ » Blog Archive » Maltézský kříž #1: Hnací člen + rám. *CAXMIX.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: <http://solidworks.caxmix.cz/maltezsky-kriz-1-hnaci-clen-ram/>
- [26] SolidWorks CZ » Blog Archive » Maltézský kříž #2: Hnací člen – Maltézský kříž. *CAXMIX.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: <http://solidworks.caxmix.cz/maltezsky-kriz-2-hnaci-clen-maltezsky-kriz/>

- [27] SolidWorks CZ » Blog Archive » Maltézský kříž #3: Sestava. *CAXMIX.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: <http://solidworks.caxmix.cz/maltezsky-kriz-3-sestava/>
- [28] 2012 Nápověda SolidWorks - Přehled animace. *SolidWorks Web Help* [online]. 1995 - 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://help.solidworks.com/2012/Czech/solidworks/motionstudies/assembly\\_motion\\_overview.htm](http://help.solidworks.com/2012/Czech/solidworks/motionstudies/assembly_motion_overview.htm)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

2D	Dvoudimenzionální, dvourozměrný
3D	Trojdimenzionální, trojrozměrný
CD	Kompaktní disk
CAD	Computer Aided Design – Počítačem podporované projektování
CAM	Computer Aided Manufacturing – Přímé řízení výroby počítačem
CAE	Computer Aided Engineering – Počítačová podpora inženýrských prací
Catia	Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application
DPH	Daň z přidané hodnoty
LTM	Levé tlačítko myši
PTM	Pravé tlačítko myši
RTM	Rolovací tlačítko myši

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 - Hlavní dělicí roviny [5]</i> .....	16
<i>Obr. 2- Potvrzovací roh č.1 [6]</i> .....	17
<i>Obr. 3 - Potvrzovací roh č.2 [6]</i> .....	17
<i>Obr. 4 - Prvek načrtnutý [7]</i> .....	18
<i>Obr. 5 - Prvek aplikovaný [7]</i> .....	19
<i>Obr. 6 - Přidání vysunutím [7]</i> .....	20
<i>Obr. 7 - Hnaná část maltézského kříže [7]</i> .....	20
<i>Obr. 8 – Odebrání vysunutím [7]</i> .....	21
<i>Obr. 9 – Krychle [7]</i> .....	21
<i>Obr. 10 – Zrcadlení [7]</i> .....	22
<i>Obr. 11 - Model čínky [7]</i> .....	22
<i>Obr. 12 – Přidání rotací [7]</i> .....	23
<i>Obr. 13 - Model šachové figurky [7]</i> .....	23
<i>Obr. 14 – Odebrání rotací [7]</i> .....	24
<i>Obr. 15 - Kotouč klínového řemene [7]</i> .....	24
<i>Obr. 16 - Kruhový model [7]</i> .....	25
<i>Obr. 17 - Skica [7]</i> .....	25
<i>Obr. 18 – Vložit součást [7]</i> .....	26
<i>Obr. 19 - Odebrání vysunutím [7]</i> .....	28
<i>Obr. 20 - Šroub s maticí a knihovna návrhů [7]</i> .....	29
<i>Obr. 21 - Formát a velikost listu [7]</i> .....	30
<i>Obr. 22 - Způsob vkládání pohledu [7]</i> .....	31
<i>Obr. 23 – Rychlé umístění kóty [7]</i> .....	32
<i>Obr. 24 - Editace šipek [7]</i> .....	33
<i>Obr. 25 – Podrobnější nastavení kóty[7]</i> .....	33
<i>Obr. 26 - Podrobnější nastavení kóty [7]</i> .....	34
<i>Obr. 27 - Loga aplikací Catia, SolidEdge a SolidWorks [22][23][24]</i> .....	40
<i>Obr. 28 - Ukázka pracovního prostředí v aplikaci Catia [14]</i> .....	41
<i>Obr. 29 – Ukázka pracovního prostředí v aplikaci SolidEdge [17]</i> .....	42
<i>Obr. 30 – Ukázka pracovního prostředí v aplikaci SolidWorks [19]</i> .....	43
<i>Obr. 31 – Catia [7]</i> .....	44
<i>Obr. 32 – SolidEdge [7]</i> .....	45



---

<i>Obr. 33 – SolidWorks [7] .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 34 – Catia [7] .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 35 – SolidEdge [7] .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 36 – SolidWorks [7] .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 37 – Catia [25][26][27] .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 38 – SolidEdge [25][26][27] .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 39 – SolidWorks [25][26][27] .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 40 – Animace maltézského kříže [25][26][27] .....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 41 – Animace maltézského kříže [25][26][27] .....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 42 – Animace pohybu čelistí u svěráku [7] .....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 43 – Animace pohybu čelistí u svěráku [7] .....</i>	<i>56</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 – Úrovně funkcí v produktu SolidWorks [4]</i> .....	15
<i>Tab. 2 – Symboly ke skicování [5]</i> .....	17
<i>Tab. 3 – Symboly pro modelování [8]</i> .....	19
<i>Tab. 4 – Typy kót [7]</i> .....	32
<i>Tab. 5 – Počet výběru jazyků v jednotlivých softwarech [21]</i> .....	50
<i>Tab. 6 – Operační systémy pro požadující funkčnost [21]</i> .....	50
<i>Tab. 7 – Typy zapisovatelných a čitelných souborů [21]</i> .....	51
<i>Tab. 8 – Souhrn nástrojů, funkcí a efektů [21]</i> .....	53

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Animace maltéžského kříže ve formátu AVI

Příloha 2 Animace pohybu čelistí u svěráku ve formátu AVI

