

Modelování pomocí ploch v programu Solid Edge

Josef Zaduban

Bakalářská práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Josef Zaduban
Osobní číslo:	T18235
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Modelování pomocí ploch v programu Solid Edge

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Vypracujte průvodce modelováním v modulu surfacing.
3. Vypracujte příklady vhodné pro výuku.

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

Seznam doporučené literatury:

Solid Edge ST for designers. Schererville: CAD/CIM Technologies, [2009], xvi, 698s. různě číslovaných. ISBN 9781932709674.
LOMBARD, Matt. SolidWorks surfacing and complex shape modeling bible. Indianapolis: Wiley Publishing, [2008], xx, 460 s. ISBN 9780470258231.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: **Josef Zaduban**

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá modelováním pomocí ploch v programu Solid Edge. Cílem práce je vypracování průvodce plošným modelováním, který je věnován popisu uživatelského rozhraní i jednotlivým konkrétním příkazům pro modelování v modulu „Tvorba ploch“ v programu Solid Edge. Součástí praktické části bakalářské práce je také vzorový model s podrobným postupem modelování a dva příklady pro následné procvičování, které by měly studentům pomoci s pochopením tohoto druhu modelování, buď přímo ve výuce, nebo při samostudiu.

Klíčová slova: CAD, parametrické modelování, modelování pomocí ploch, Solid Edge

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with surface modeling in program Solid Edge. The aim of this thesis is to develop a guide to surface modeling. This guide deals with the description of the user interface and individual specific commands for modeling in the module "Surfacing" in program Solid Edge. The practical part of the bachelor's thesis also includes a sample model with a detailed modeling procedure and two examples for subsequent modeling practice. The sample model should help students to understand this type of modeling, either directly in teaching or self-study.

Keywords: CAD, parametric modeling, surface modeling, Solid Edge

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Adamu Škrobákovi, Ph.D., za jeho cenné připomínky a za čas, který mi během vypracování bakalářské práce věnoval, a také své rodině za jejich podporu během celého mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ	11
1.1 POČÍTAČEM PODPOROVANÁ VÝROBA (CIM)	11
1.2 SLOŽKY CIM.....	12
2 CAD MODELOVACÍ SYSTÉM	13
2.1 HISTORIE CAD SYSTÉMŮ	13
2.1.1 Historie CAD systémů v 50. letech 20. století	14
2.1.2 Historie CAD systémů v 60. letech 20. století	15
2.1.3 Historie CAD systémů v 70. letech 20. století	16
2.1.4 Historie CAD systémů v 80. letech 20. století	18
2.1.5 Historie CAD systémů v 90. letech 20. století	23
2.1.6 Historie CAD systémů od roku 2000 do současnosti.....	26
2.2 ROZDĚLENÍ CAD SYSTÉMŮ.....	28
2.2.1 Rozdělení podle obsahujících funkcí	28
2.2.2 Rozdělení podle způsobu projektování	29
2.2.3 Rozdělení podle přizpůsobivosti	29
2.3 PARAMETRICKÉ MODELOVÁNÍ.....	30
2.4 NEJROZŠÍŘENĚJŠÍ CAD SYSTÉMY SOUČASNOSTI.....	30
2.4.1 Autodesk Inventor	31
2.4.2 Autodesk AutoCAD	31
2.4.3 Autodesk Revit.....	31
2.4.4 SolidWorks.....	32
2.4.5 CATIA.....	32
2.4.6 Civil 3D	33
2.4.7 Další CAD softwary	33
3 MODELOVÁNÍ POMOCÍ PLOCH	34
3.1 PLOCHA.....	34
3.1.1 Přímková přechodová plocha	35
3.1.2 Plocha hyperbolického paraboloidu	35
3.1.3 Coonsova bilineární plocha	35
3.1.4 Rovná plocha.....	36
3.1.5 Fergusonova plocha.....	37
3.1.6 Bézierova plocha	37
3.1.7 B-spline plocha.....	37
3.1.8 Uniformní ukotvená bikubická B-spline plocha	38
3.1.9 NURBS plocha	38
4 SOLID EDGE	39
4.1 HISTORIE A VÝVOJ PROGRAMU SOLID EDGE.....	39
4.2 FUNKCE A MOŽNOSTI V PROGRAMU SOLID EDGE	40

4.3	SYNCHRONNÍ TECHNOLOGIE MODELOVÁNÍ	41
II	PRAKTICKÁ ČÁST	42
5	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	43
6	PRVNÍ KROKY S PROGRAMEM SOLID EDGE.....	44
6.1	SPUŠTĚNÍ PROGRAMU SOLID EDGE.....	44
6.2	NASTAVENÍ PROGRAMU SOLID EDGE	46
6.2.1	Nastavení modelovacího prostředí	46
6.3	VYTVÁŘENÍ NOVÉHO SOUBORU A MODELU	47
7	MODUL „TVORBA PLOCH“ V PROGRAMU SOLID EDGE.....	50
7.1	PŘEDSTAVENÍ JEDNOTLIVÝCH FUNKCÍ A PŘÍKAZŮ	50
7.1.1	Roviny	50
7.1.2	Křivky.....	51
7.1.3	Plochy.....	53
7.1.4	Upravit plochy.....	54
8	MODELOVÁNÍ VZOROVÉHO PŘÍKLADU	56
8.1	MODELOVÁNÍ DNA LÁHVE.....	57
8.2	MODELOVÁNÍ STŘEDNÍ ČÁSTI LÁHVE	62
8.3	MODELOVÁNÍ VRCHNÍ ČÁSTI LÁHVE	67
8.4	MODELOVÁNÍ HRDLA LÁHVE.....	79
8.5	PŘEVOD MODELU NA OBJEMOVÉ TĚLESO A POSLEDNÍ KROKY	95
9	MODELOVÉ PŘÍKLADY	101
9.1	1. PŘÍKLAD – HRNEK	101
9.2	2. PŘÍKLAD – KLADIVO	103
	ZÁVĚR	108
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	109
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	112
	SEZNAM OBRÁZKŮ	114

ÚVOD

Nároky na kvalitu a přesnost výrobků jsou vysoké, a proto donutily výrobce v oblasti techniky hledat nové kroky a cesty pro další růst a zvýšení efektivity výroby. V prvním kroku to bylo zavádění počítačových CAD systémů i systému CIM, které pomohly ke zrychlení a zefektivnění vývoje nových výrobků a vedly ke snížení nákladů pro vývoj i výrobu. Kreslení na rýsovacím prkně, jak tomu bylo na začátku minulého století, se postupně nahrazovalo počítačovými CAD systémy a v současnosti se již prakticky nevyužívá.

Později, jak se postupně zvyšovala složitost výrobků, například vývoj karoserie automobilů a křídel letadel, se zavedlo plošné modelování. Právě toto plošné modelování pomohlo zrychlit a zvýšit produktivitu vývoje i u složitějších výrobků, a proto je mnoho produktů navrženo pomocí technik plošného modelování kvůli požadavkům trhu na design a ergonomii. Estetika modelu mnohdy bývá zájmem číslo jedna a klíčovým prvkem v procesu návrhu. Funkčnost produktu se odsunuje a je již druhořadým zájmem. Proto byly do řady CAD softwarů zaváděny možnosti přímého modelování tvarových ploch za pomoci prostorových křivek nebo průniků dvou či více těles. Softwary pro objemové modelování dnes často disponují moduly pro tvorbu obecných ploch. V současnosti jsou tyto systémy natolik pokročilé, že se využívají zcela běžně a denně. Práce s plochami však vyžaduje určitou míru zkušeností a představivosti konstruktéra, díky čemuž plošné modelování bývá často obtížnější než běžné objemové.

Teoretická část bakalářské práce v úvodu poskytuje obecný přehled souboru CIM, představení CAD systémů, jejich historie i rozdělení. V dalších kapitolách je pozornost věnována parametrickému modelování, v současnosti nejrozšířenějším CAD systémům, modelování pomocí ploch a také softwaru Solid Edge, jeho historii, funkci i synchronní technologii.

Praktická část bakalářské práce představuje vypracovaného průvodce modelováním pomocí ploch v programu Solid Edge v rámci modulu „Tvorba ploch“. Seznamuje také s uživatelským rozhraním softwaru Solid Edge, popisem jednotlivých funkcí a příkazů s možnostmi jejich využití. Obsahuje také vzorový příklad (model PET láhve) s podrobným postupem modelování a dva příklady pro praktické procvičování.

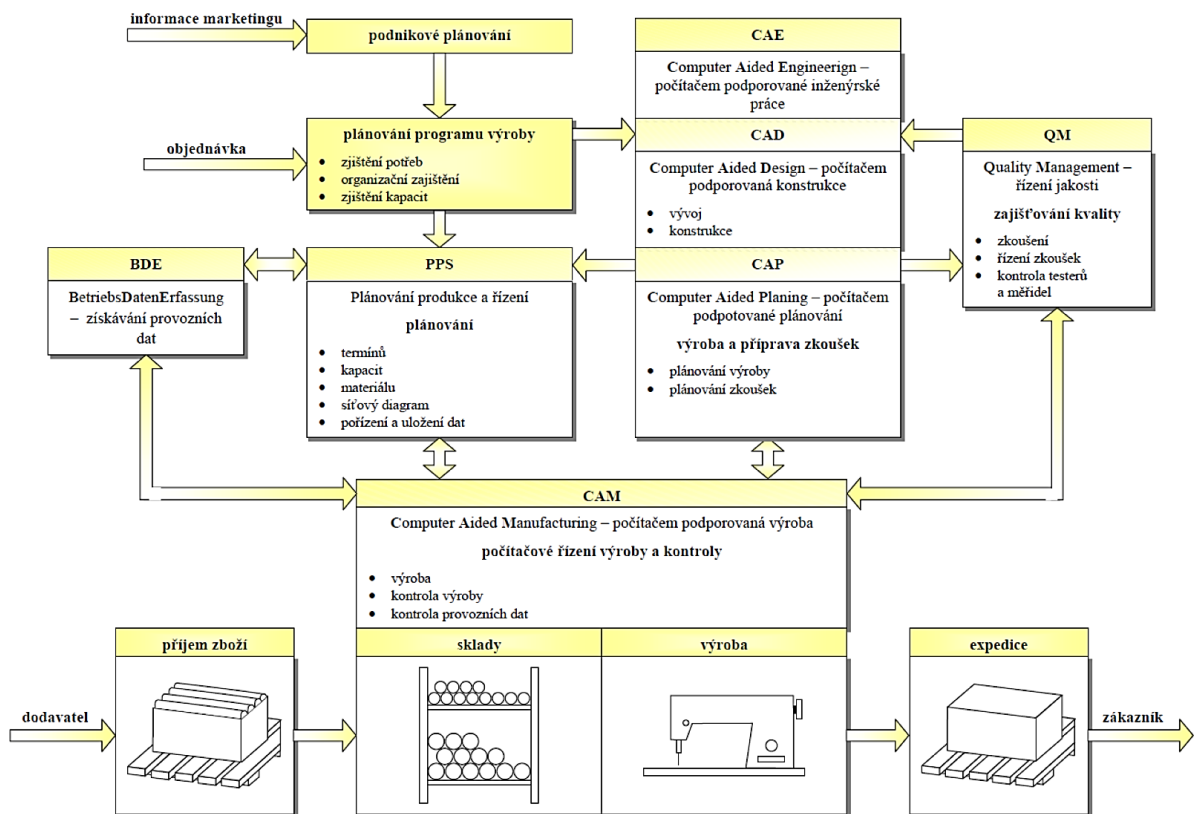
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ

Počítačové modelování prošlo dlouholetým vývojem, od ručního kreslení na rýsovacím prkně až po 3D počítačové konstruování, které umožňuje 3D zobrazení a vizualizace strojních součástí pomocí CAD počítačového softwaru. Na rozdíl od nejstaršího 2D zobrazení, 3D zobrazení umožňuje člověku vnímat objekt prostorově, což je mnohem jednodušší, zejména v případě zobrazení složitějších dílů a zařízení. [1], [2]

1.1 Počítačem podporovaná výroba (CIM)

CIM (z anglického Computer Integrated Manufacturing) představuje soubor činností výrobních fází od návrhu, marketingu, konstrukce, výroby až po expedici zákazníkovi. Jeho úkolem je propojení systémů mezi jednotlivými výrobními fázemi. Při zavedení systému dle CIM je výroba efektivnější, levnější a rychlejší. Firmám se snižují výrobní náklady a zvyšuje se jejich konkurenceschopnost. [1]



Obrázek 1: Fáze výroby dle CIM [1]

1.2 Složky CIM

Každá firma má vlastní organizační strukturu, přičemž si sama určuje rozdělení výrobních divizí, personální obsazení a také způsoby propojení a komunikace mezi jednotlivými divizemi.

Soubor fází CIM se dělí na CAE, CAM a CAQ.

CAE (Computer-Aided Engineering) je počítačová podpora inženýrských prací. Patří sem například systémy pro konstrukci (**CAD**) a pro technologii (**CAP** a **CAPE**).

CAM (Computer-Aided Manufacturing) je počítačová podpora výroby. Patří sem systémy pro organizaci plánování **CAPP** a také všechny systémy **CAE**.

CAQ (Computer-Aided Quality Check) je počítačová podpora kontroly kvality. [1]

Vzhledem k tomu, že se předkládaná bakalářská práce zabývá 3D modelováním, bude následující kapitola teoretické části věnována CAD systémům.

2 CAD MODELOVACÍ SYSTÉM

CAD modelovací systém představuje počítačový software pro technické kreslení, návrh, modelování a vytváření projektů, který lze v současnosti nainstalovat do všech výkonnějších zařízení jako jsou počítače, notebooky, tablety i mobily. V dnešní době je velmi rozšířený ve strojírenském, leteckém, automobilovém a elektrotechnickém průmyslu z důvodu usnadnění vývoje a výroby jednotlivých výrobků.

Mezi modelovací software patří v současné době například Solid Edge a NX od společnosti Siemens, CATIA (a nyní i SolidWorks) od společnosti Dassault Systèmes, AutoCAD a Inventor od společnosti Autodesk a program Creo od společnosti PTC. Za zmínku jistě stojí také nový modelovací software ZWCAD. Mezi společnostmi, které vyvíjejí modelovací programy, probíhá konkurenční boj. Neustále proto investují nemalé finanční prostředky do vývoje a do vzdělávání svých konstruktérů. [1]

2.1 Historie CAD systémů

Zavedení a rozvoji CAD systémů předcházelo období, kdy veškerý vývoj, návrh a konstrukce probíhal ručně na papíře na rýsovacím prkně, kdy konstruktér musel mít velmi dobrou představivost a musel vědět, jak chce zadaný projekt realizovat, aby své dílo dotáhl do úspěšného konce. V případě velkého a složitějšího projektu bylo obvykle velmi důležité spolupracovat a konzultovat projekt společně s dalšími kolegy. [3]



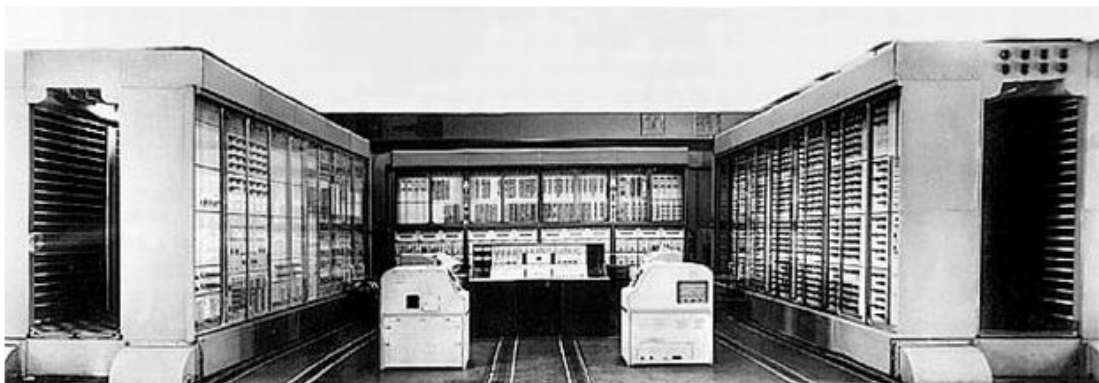
Obrázek 2: Pracoviště s rýsovacím prknem [1]

Po druhé světové válce, kdy požadavek na přesnost výroby mnohonásobně stoupl, bylo již nutné hledat nové cesty, které zvýší efektivitu a přesnost výroby. Technické výpočty se nedaly řešit ručně na papíře s pomocí logaritmického pravítka, protože již nebyly časově efektivní a také kontrola správnosti zabírala mnoho času.

Na konci 60. let a počátku 70. let 20. století velké firmy, především v automobilovém, elektrotechnickém a leteckém průmyslu, hledaly novou cestu pro svůj další rozvoj a pro zrychlení vývoje a výroby.

Shodly se, že budoucnost se bez počítačů neobejde, zejména pokud by chtěly udržet svoji pozici a posouvat svoji společnost dále, a začaly proto mohutně investovat do vývoje počítačů. Do vývoje a výzkumu CAD systémů se začaly zapojovat jednotlivé významné firmy jako třeba Ford, Boeing, General Motors a General Electric. V této době byly počítače velmi vzácné a v domácnostech se prakticky nevyskytovaly, pouze ve velkých firmách, kde zároveň také probíhal první vývoj CAD programů. Tyto sálové počítače byly obrovské a pro fungování potřebovaly velké prostory, většinou celou místnost. Také jejich pořizovací cena byla vysoká, a proto byl provoz nákladný.

Postupně vznikaly jednotlivé společnosti, které se zabývaly vývojem CAD programů na míru pro určité průmyslové odvětví a za jejich používání prodávaly dalším firmám licenci nebo tyto programy nabízely firmám pro jejich další rozšíření nebo vývoj. [1], [3]



Obrázek 3: Sálový počítač Strela [1]

2.1.1 Historie CAD systémů v 50. letech 20. století

V roce 1950 bylo vynalezeno světelné pero, které je považováno za prvopočátek CAD kreslení. Kreslení bylo založeno na principu elektrostatického výboje, kdy namalovaný obraz pomocí světelného pera byl zachycen na stínítku obrazovky. Tento vynález navržený armádou měl uplatnění u protivzdušné obrany – radarového systému SAGE (Semi-

Automatic Ground Environment). Byl nasazen na TX-2, nejvýkonnější počítače světa tehdejší doby, a pomocí dat nakreslených světelným perem dokázal vypočítat budoucí trajektorii letounu. [3]



Obrázek 4: Radarový systém SAGE na TX-2 [3]

Do roku 1965 nebyla počítačová myš známá, a proto se na obrazovku kreslilo světelným perem jako na digitální papír. Později bylo světelné pero nahrazeno grafickým tabletem. [1], [3]



Obrázek 5: Kreslení světelným perem [4]

2.1.2 Historie CAD systémů v 60. letech 20. století

V roce 1960 John McCarthy napsal programovací jazyk LISP (List Processing = zpracování seznamů), který je například v AutoCADu používaný dodnes.

V témž roce se mladý student Ivan Sutherland, pracující jako asistent v Massachusettském technologickém institutu (MIT), ve své disertační práci zaměřil na aplikaci počítačů v počítačové grafice a započal tak vývoj programu Sketchpad. Program byl dokončen roku 1962 a je považován za hlavní počátek CAD softwarů.

V roce 1964 společnost ITEK vynalezla systém, který se jmenoval The Electronic Drafting Machine a používal se na počítači PDP-1. Údaje se zadávaly pomocí světelného pera a velká kapacita diskového média se využívala na obnovení pracovní obrazovky.

V roce 1965 byl společností Lockheed představen CAD/CAM systém a FEM systém, který se jmenoval CADAM (Computer Augmented Drafting and Manufacturing). [3], [4]



Obrázek 6: Počítače se systémem CADAM [4]

V roce 1966 společnost McAuto (McDonnell Douglas Automation Company) uvedla na trh svůj patentovaný CAD software, který se nazýval CADD. Software běžel na velmi drahých sálových počítačích IBM a umožnil řešení různých geometrických problémů.

Ke konci 60. let 20. století bylo na trhu již více komerčních společností, které vydaly své první verze softwarů. Jednalo se například o společnosti Applicon, Computervision, MAGI, Auto-trol, Evans & Sutherland, McAuto, SDRC a United Computing (v dnešní době známá jako Solid Edge, předtím jako UGS). [4]

2.1.3 Historie CAD systémů v 70. letech 20. století

V těchto letech docházelo k dalšímu kroku ve vývoji počítačů. Modernější a výkonnější počítače umožnily snížit pořizovací náklady, což vedlo k jejich většímu rozšíření na trhu.

K tomuto kroku přispěla např. firma Tektronix, která uvedla minipočítače a přinesla hardwarové zlepšení svých zobrazovačů. Výsledkem tohoto přirozeného vývoje bylo vytváření dalších a dalších CAD programů.

Roku 1970 byl sestaven systém řady PDP-11, který se skládal z 16bitových počítačů a měl 8-16 kB hlavní paměti, úložiště 2,5-10 MB pro ukládání dat a 11“ obrazovku. Ze začátku kreslicí software umožňoval jenom jednoduché 2D kreslení a zobrazení bylo ve vektorové grafice. Rastrová grafika, která se používá v dnešní době, se objevila až ke konci roku 1978.

[1], [3]



Obrázek 7: CAD pracovní stanice IBM 6090 a displej s rastrovou grafikou [3]

Operační systém byl napsán buď výrobcí počítačů podle svého návrhu nebo se modifikoval konkurenční produkt. K vyšší pracovní produktivitě oproti klasickému rýsování zatím nedocházelo, protože když chtěl konstruktér např. smazat nějakou čáru, musel smazat celou obrazovku a dlouho trvalo, než systém postupně vykreslil čáry zpět na obrazovku. Cena takového systému činila až 600 tisíc dolarů a o systém se dělili až 4 pracovníci.

V roce 1972 společnost MCS vydala svoji první verzi CAD softwaru, který se jmenoval ADAM (Automated Drafting and Machining) a byl provozován na 16bitových počítačích. Součástí rozhraní softwaru bylo i ovládání a volba příkazů pomocí menu.

V roce 1973 byl uveden na trh systém UNI-GRAPHICS, který vydala společnost United Computing. Software umožňoval pouze základní 2D příkazy.

V roce 1975 byl francouzskou leteckou společností Avions Marcel Dassault (AMD) zakoupen zdrojový kód systému CADAM, který patřil společnosti Lockheed a za 3 roky, v roce 1978, začal vývoj systému CATIA, který je hojně používán dodnes.

V roce 1976 společnost MCS vyvinula systém zvaný AD-2000. Byl to první CAD software, který byl určen pro 32bitové počítače. Tento software je následníkem systému ADAM.

Ve stejném roce americká společnost McDonnell Douglas (McAuto) zakoupila společnost United Computing, jejíž součástí byl i produkt UNI-GRAPHICS.

V roce 1977 společnost Georga Nemetscheka uvedla na trh svůj software „Programmsystem Statik 97/77“, který se začal komerčně prodávat.

Téhož roku se začal také vyvíjet systém CATI od společnosti Avions Marcel Dassault, který byl předchůdcem současného systému CATIA a jeho největší výhodou byl vstup do skutečného 3D modelování oproti systému CADAM.

Roku 1979 byl společností Boeing, General Electric a NIST vyvinut a specifikován dodnes uznávaný 3D průmyslový standard pro výměnu dat mezi jednotlivými konstrukčními systémy zvaný jako IGES (Initial Graphic Exchange Specification).

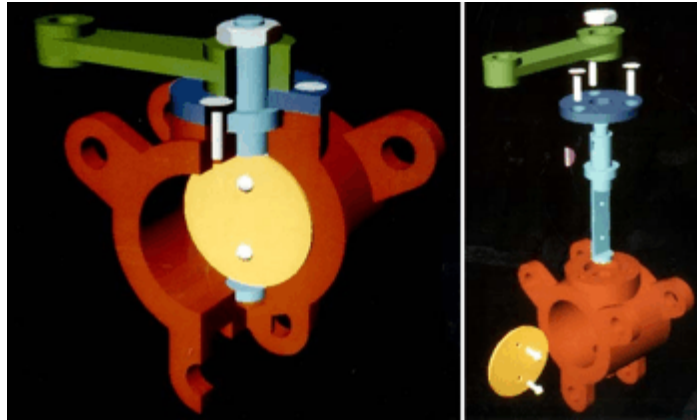
Ke konci 70. let 20. století byly pro CAD systémy typické 16bitové počítače, které měly maximálně 512 kB paměti a 20-300 MB místa na úložišti. Pořizovací cena takového počítače činila kolem 125 000 dolarů. Také se objevili první komerční prodejci CAD systémů. [1], [3], [4]

2.1.4 Historie CAD systémů v 80. letech 20. století

K největšímu pokroku ve vývoji počítačů docházelo v 80. a 90. letech 20. století.

Roku 1980 se objevil na trhu první software s 3D modelováním a renderováním těles v kreslicím programu typu ARCH MODEL. Do té doby programy umožňovaly pouze zobrazení jako s drátovým modelem (sítě čar vytvářely iluzi plochy modelu). V souvislosti s tímto pokrokem se začaly vyvíjet dosud nejvýkonnější pracovní stanice, které zvládaly novou náročnější grafiku a softwary. Ze začátku 3D modelování sloužilo jenom pro ověření a kontrolu myšlenky návrhu, nikoli pro konstruování, jako tomu je v dnešní době.

V roce 1981 společnost Unigraphics představila systém UniSolid, který byl postaven na objemovém jádře PADL-2 a umožnil objemové modelování. [1], [3], [4]



Obrázek 8: Objemový modelovací systém UniSolid [4]

V témže roku byla vytvořena sesterská společnost Dassault Systèmes, která patřila pod společnost Avions Marcel Dassault a představila první verzi systému CATIA verze 1. Jednalo se o komplexní produkt pro 3D návrh, plošné modelování a NC programování. [4]



Obrázek 9: Systém CATIA v1 [5]

V roce 1982 byla založena společnost Marin Software Partners, později přejmenována jako Autodesk. Založili ji John Walker společně s dalšími 15 spolupracovníky, kteří chtěli vytvořit CAD software s otevřenou architekturou určený pro PC a cenou kolem tisíc dolarů. První verze AutoCADu se jmenovala MicroCAD a byla postavena na CAD systému Mike Riddla. Později, v listopadu stejného roku, byl na výstavě COMDEX v Las Vegas v americkém státu Nevada odhalen systém AutoCAD-80. Současně byly představeny formáty DWG a DXF, které jsou dodnes používány v AutoCADu.

V roce 1983 byl modifikován software Unigraphic, spojením a přepracováním původního MCS ADAM a softwarem od United Computing i částečně od McAuto. Nový produkt po úpravě byl nazván jako Unigraphics II a původní software jako Unigraphics I. [4], [6]



Obrázek 10: Systém Unigraphic II [4]

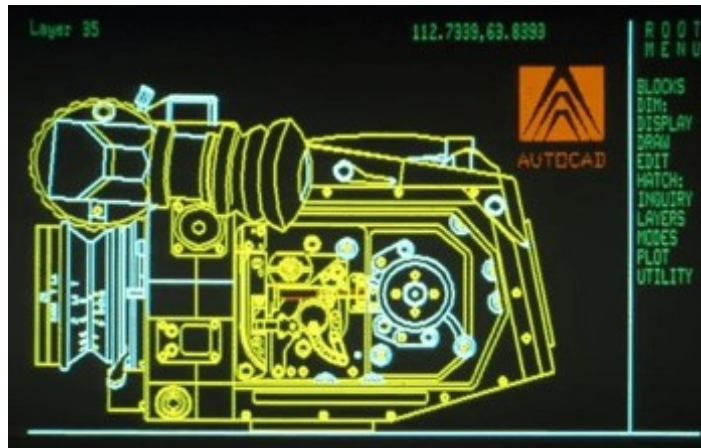
Ve stejném roce společnost T&W Systems přepracovala svůj software CADapple určený pro Apple i pro platformu PC, protože společnosti se zdálo, že má lepší software než AutoCAD. Software pro PC byl nazván jako VersaCAD.

Roku 1983 také začal vývoj na univerzálním formátu STEP, který byl roku 1991 představen a vydán společností EDS Unigraphics.

Roku 1984 společnost Dassault Systèmes vydala novou verzi CATIA verze 2, která byla hodně využívána pro navrhování a vývoj v leteckém průmyslu.

V roce 1985 byla založena společnost Diehl Graphsoft, která vyvinula a vydala CAD software MiniCAD určený pro Mac systémy. Brzy se stal nejprodávanějším CAD softwarem pro Mac.

Ve stejném roce byly také vydány první verze softwaru AutoSketch i AutoCAD verze 2.1, které již obsahovaly první 3D možnosti. [4]



Obrázek 11: Systém AutoCAD na jeho počátku [4]

V roce 1986 byl vydán software DesignCAD.

Ve stejném roce byla společnost T&W Systems přejmenována na Versacad Corporation.

Společnost MCS v roce 1986 představila systém ANVIL-5000, který byl tehdy nejvýkonnějším 3D strojírenským CADD/CAM/CAE systémem. Byl plně integrovaný a dal se provozovat na všech typech PC.

V roce 1987 společnost ISICAD zakoupila společnost CADVANCE a poté začal vývoj CAD systému, který byl jako první postavený na platformě Windows.

Tohoto roku také společnost Autodesk vydala AutoCAD R9, který byl určený pro DOS a jako první verze AutoCADu využíval 80x87 matematický procesor postavený na procesoru Intel 8086.

V roce 1988 byla vydána CATIA verze 3, která již obsahovala funkci pro AEC a byla hojně využívána v automobilovém průmyslu.

Stejného roku společnost Autodesk vydala AutoSolid a AutoCAD R10 (pro systémy DOS a Mac). Tyto softwary již měly plnohodnotné možnosti pro 3D modelování. [4]



Obrázek 12: 3D modelování vytvořené systémem AutoCAD R10 [4]

Roku 1988 byl také zahájen komerční prodej systému Pro/ENGINEER, který vyvíjela společnost PTC. Byl založen na parametrickém modelování a stejnou koncepcí později převzaly další společnosti, jako jsou např. Unigraphics, Solid Edge, SolidWorks atd.

Společnost Unigraphics v důsledku konkurenčního boje se společností Pro/ENGINEER v roce 1988 získala společnost Shape Data, jehož produktem byl objemový modelář Romulus. Vyřadila tak produkt PADL-2, který byl postaven na jádře UniSolids a místo toho vyvinula nový objemový modelovací software postavený na jádře Parasolid, který se jmenoval UG/Solids.

V roce 1989 byla vydána první verze objemového modelovacího jádra ACIS od společnosti Spatial Technology. Mezi další objemová modelovací jádra, která byla tehdy vydána, patřila Parasolid a Design Base. Jádro Parasolid vydal Ron Davidson. Poté začal velký konkurenční boj mezi objemovými modeláři ACIS, Design Base a Parasolid, který trval několik let.

Stejněho roku společnost IBM zakoupila systém CADAM, který dosud patřil společnosti Lockheed.

Dále byl v roce 1989 vydán software MicroCADAM od společnosti CSC, který se stal nejprodávanejším CAD/CAM systémem v Japonsku.

Stejněho roku v USA začal prodej systému ArchiCAD.

V roce 1989 začal vývoj CAD systémů i v Československu, kdy vznikl projekt zvaný AIP 2000. Ve zkratce to znamenalo 2 000 CAD pracovišť (počítač + AutoCAD) pro československé firmy, čímž začala práce s počítačovými CAD systémy, které postupně

pronikaly do tuzemských podniků. Tehdy u nás dominoval systém AutoCAD. Ostatní CAD softwary nebyly zatím běžné.

Obecně nejrozšířenějšími CAD systémy ke konci 80. let 20. století byly CATIA, Pro/Engineer, I-DEAS a MDC. [4]

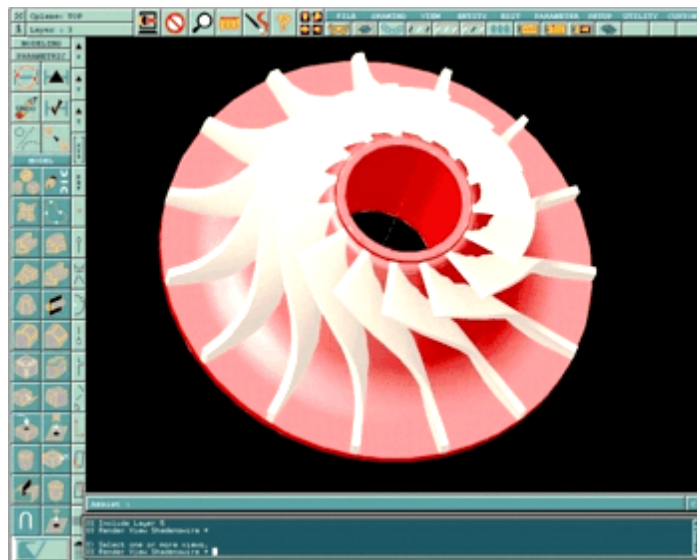
2.1.5 Historie CAD systémů v 90. letech 20. století

Po roce 1990 dochází k dalšímu pokroku a výraznější změně konstrukčního přístupu. Nastává vývoj uživatelského rozhraní, kdy je zjednodušeno ovládání a interakce konstruktéra se systémem. Softwary nově umožňují on-line propojení mezi jednotlivými programy. V polovině 90. let 20. století se postupně přecházelo na systém Windows, což znamenalo revoluci uživatelského rozhraní. Ovládání systému bylo mnohem jednodušší, což přispělo k výraznějšímu rozšíření počítačů na trhu. Do té doby počítače fungovaly převážně na platformě UNIX.

V roce 1990 byla vydána nová verze AutoCADu R11, která byla určena pro systémy DOS, Mac a UNIX a obsahovala nové funkce, například 3D modul AME a Výkresový prostor. Společnost Autodesk také vydala první verzi 3D Studio.

V roce 1991 společnost Dassault Systèmes zakoupila systém CADAM od společnosti IBM.

V témže roce společnost EDS zakoupila společnost UGS, která patřila McDonnell Douglas. Společnost Computervision zakoupila společnost Premise, jehož software DesignView byl použit jako základ systému CADD5. [1], [4]



Obrázek 13: Systém CADD5 [4]

V roce 1992 byl vydán velmi populární software AutoCAD R12 pro systémy DOS a Mac, který obsahoval 3D moduly AME a AVE. Pro účely vizualizace byl vydán software 3D Studio 2.

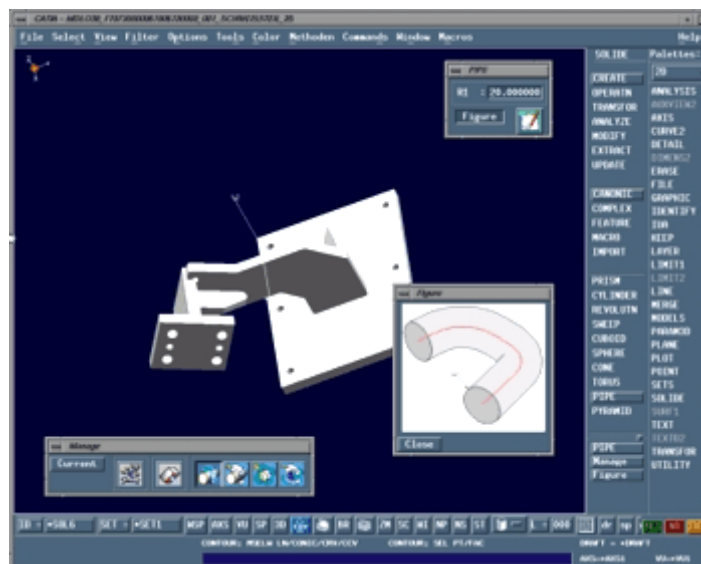
Ve stejném roce byl uveden na trh software Phoenix, který je v dnešní době známý jako IntelliCAD.

V roce 1993 došlo k vydání softwaru ArchiCAD 4.16. Jednalo se o první verzi, kterou podporoval systém Windows 3.1. Do té doby byl software podporován a určený jenom pro Apple.

Téhož roku byla vydána první odlehčená verze AutoCAD LT 1.0 pro systém Windows 3.1. Společnost Autodesk také vydala 3D Studio 3.

V roce 1993 byla také založena CAD společnost SolidWorks Inc., kterou založil John Hirschtick z Computervision.

Společnost Dassault Systèmes roku 1993 vydala novou verzi CATIE, která se jmenovala CATIA v4. [4]



Obrázek 14: Systém CATIA v4 [4]

Od tohoto roku začíná více CAD systémů pracovat na platformě Windows NT. Do té doby byla většina CAD systémů provozována na platformě UNIX, která v předchozích letech dominovala. Později se o CAD systémy začal zajímat i osobně Bill Gates, protože trh CAD systémů byl již rozšířený a zajímavý.

V roce 1994 společnost Autodesk vydala 3D Studio 4 a AutoCAD R13 pro Windows 3.1 a DOS, který nově obsahoval ACIS 3D modelář a jako první verze AutoCADu podporoval export do formátu DWF.

Stejného roku přichází do firmy SolidWorks Inc. Michael Payne a stává se jejím prezidentem, což představuje pro firmu klíčový okamžik. Je také vydán první prototyp softwaru SolidWorks.

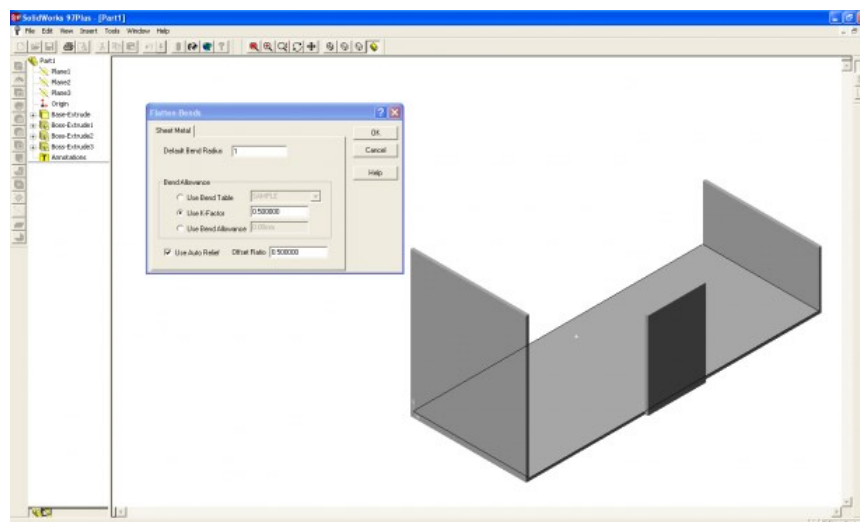
Dále roku 1994 byla společnost Phoenix zakoupena společností Softdesk, čímž získala software IntelliCAD. Společnost Softdesk také patřila v tomto období mezi největší vývojáře aplikací pro AutoCAD.

V roce 1995 společnost Dassault Systèmes vydala systém ProCADAM, který představoval „odlehčenou“ verzi CATIE určenou pro systém Windows NT.

V roce 1996 byl představen software Solid Edge, který vyvinula společnost Intergraph. Další historie týkající se softwaru Solid Edge bude uvedena v samostatné kapitole 4.1.

Stejného roku společnost Autodesk zakoupila společnost Softdesk, která vyvíjela různé doplňky právě pro AutoCAD, například AutoArchitect, CAD Overlay atd.

Poté, co společnost Dassault Systèmes zakoupila společnost SolidWorks, byl v roce 1997 vydán systém SolidWorks 97. [4]



Obrázek 15: Systém SolidWorks 97 [7]

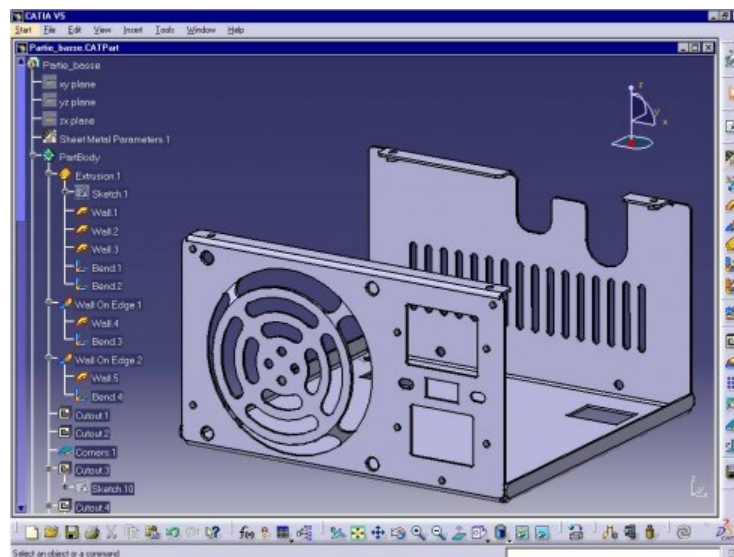
Téhož roku se musela společnost Autodesk vzdát softwaru IntelliCAD, protože podle Federální obchodní komise existovalo podezření na monopol AutoCADu. Zakázala jim nakupovat společnosti a přebírat zaměstnance, kteří se zabývali IntelliCADem. Proto byla

založena společnost Boomerang Technology, která se věnovala právě IntelliCADu a později tohoto roku byla odkoupena společností Visio.

Roku 1998 byl uveden na trh software AutoCAD Architectural Desktop, který byl první AEC software od společnosti Autodesk a určen pro systémy Windows.

Stejného roku začal prodej softwaru IntelliCAD 98, který byl klonem AutoCADu. Společnost Visio za první 3 měsíce prodala 12 000 licencí IntelliCADu a úspěšný byl také prodej jejich vlastního softwaru Visio Technical.

V tomto roce také vycházejí nové verze dalších CAD systémů, například CATIA v5, Solid Edge 3, ArchiCAD 6.0 atd. [4]



Obrázek 16: Systém CATIA v5 [8]

V roce 1999 byl představen bezplatný software eDrawings od společnosti SolidWorks, který umožňoval bezplatné prohlížení a vytváření CAD.

V tomto roce vstupuje na CAD trh i společnost Microsoft, když si koupila společnost Visio, která se tak stává součástí divize Microsoft. Poté Microsoft z důvodu možných antimonopolních problémů oddělila software IntelliCAD, který se začal nabízet bezplatně prostřednictvím nově založené firmy ITC (IntelliCAD Technology Consortium). [4]

2.1.6 Historie CAD systémů od roku 2000 do současnosti

V roce 2000 byl společností Autodesk oznámen nový software Inventor a zároveň společnost uvedla na trh nový software Actrix Technical, který konkuroval softwaru Visio Technical.

Stejného roku byl uveden na trh software IntelliCAD, který byl klonem AutoCADu.

Společnost Nemetschek AG zakoupila v roce 2000 společnost Diehl Graphsoft a představila svůj nový software VectorWorks ARCHITECT. Tohoto roku také společnost Dassault Systèmes zakoupila společnost Spatial Technology.

V roce 2001 pravděpodobně došlo k dohodě mezi společnostmi Autodesk a Microsoft. Dohodly se, že Microsoft se vzdá IntelliCADu a Autodesk softwaru Actrix Technical. Proto se IntelliCAD osamostatnil od Microsoftu a poté společnost ITC vydala IntelliCAD 2001 a společnost Microsoft uvedla na trh Visio 2002.

Ve stejném roce se společnost Unigraphics Solutions přejmenovala na UGS a poté zakoupila společnost SDRC.

V roce 2002 byla společnost Revit Inc. zakoupena společností Autodesk, která byla známá svým jedinečným přístupem k 3D AEC parametrickému modelování a měla také umělou inteligenci. Později společnost Autodesk vydala první verzi softwaru Autodesk Revit a v roce 2005 získala společnost Alias.

V roce 2007 společnost Graphisoft SE zakoupila společnost Nemetschek AG a stala se jejím 100% vlastníkem. Tohoto roku také společnost PTC zakoupila společnost CoCreate a společnost Siemens AG zakoupila UGS.

V roce 2008 společnost Dassault Systèmes vydala novou verzi CATIA v6.

Dále se neustále vydávají nové verze všech starých CAD systémů a softwarů, jejichž počet neustále roste tím, jak se každoročně postupně zlepšují počítače a roste jejich podíl nejen ve firmách, ale i v domácnostech. Vznikají nové CAD produkty. Velké CAD společnosti nadále kupují menší společnosti za účelem zlepšení svého produktu nebo získání know-how, které jsou cenné pro jejich další rozvoj. Některé společnosti nakupují za účelem zničení své možné konkurence.

V současné době je vývoj CAD softwarů zaměřen hlavně na růst pracovní produktivity, zjednodušení a zlepšení uživatelského prostředí a optimalizaci výkonu pro vyšší stabilitu. Počítače jsou dnes také velmi rozšířené po celém světě i v domácnostech a jsou již tak výkonné, že pro provoz CAD programů stačí i běžný kancelářský počítač běžící na systému Windows s dostatkem paměti RAM, rychlým procesorem a adekvátně výkonnou grafickou kartou. [1], [4], [8], [9], [10]

2.2 Rozdělení CAD systémů

CAD systémy lze rozdělit do tří kategorií:

- podle obsahujících funkcí v tzv. nastavbách či modulech
- podle způsobu projektování
- podle přizpůsobivosti [1]

2.2.1 Rozdělení podle obsahujících funkcí

- **Malé CAD systémy**

Mají velmi omezené množství funkcí a slouží pouze pro 2D kreslení. Jsou vhodné například pro náčrty a menší výkresy. Obvykle také mívají omezené programovací možnosti nebo rozšíření. Patří sem software typu Autodesk AutoCAD LT. [11]

- **Střední CAD systémy**

Jsou pokročilejší než malé CAD systémy a slouží například pro kvalitní 2D kreslení, případně pro 3D návrh. Tyto softwary mají obvykle i otevřenou architekturu a umožňují doprogramování (např. jazyk AutoLISP). Spolupracují také s ostatními softwary. V současnosti je v této oblasti nejrozšířenější Autodesk AutoCAD, patří sem i SolidWorks. [1], [11]

- **Velké CAD systémy**

Jsou to velmi výkonné systémy, které v současné době nabývají na popularitě a postupně se rozšiřují na trhu na úkor středního CADu. Nabízejí velké množství funkcí a možností, ale zároveň jsou také nejdražší. V minulosti tyto softwary vyžadovaly specifické výkonné počítače, pracující výhradně na platformě UNIX (např. pracovní stanice Silicon Graphics, HP, SUN atd.), které byly velmi spolehlivé. V dnešní době pro provoz těchto systémů vystačí i běžná platforma, například operační systém Windows. Obsahují řadu modulů, např. pracuje se zde postupně tvorbou parametrického modelu, zkontroluje se analýzou FEM (napětíové analýzy metodou konečných prvků, tečení plastů, vibrační analýzy) a nakonec se z 3D modelu vytvoří 2D výkresové dokumentace. V současné době je v této oblasti nejrozšířenější software CATIA (od francouzského Dassault Systèmes), která je zároveň i nejpokročilejší. Dalšími zástupci jsou například Autodesk Inventor, Pro/Engineer a Unigraphics Master Series. [11]

- **Freeware CAD systémy**

Tyto CAD softwary jsou považovány za alternativu výše uvedených komerčních softwarů a jsou obvykle bezplatné a dostupné volně ke stažení. Jejich nevýhodou je podpora omezeného počtu funkcí a omezený počet dílů v sestavě. Často tyto softwary nejsou kompatibilní s jinými CAD systémy a jejich souborovými formáty. Patří sem například DesignSpark Mechanical a Albatross 3D. [1]

2.2.2 Rozdělení podle způsobu projektování

- **2D CAD systémy**

U 2D CAD systémů je zobrazení v jedné rovině a základním konstrukčním prvkem je zobecněná lomená čára a jednoduché geometrické tvary (např. křivka, trojúhelník apod.). [1]

- **2,5D CAD systémy**

Jedná se o trojrozměrné modelování, které je složeno z dvourozměrné reprodukce a jeho základním konstrukčním prvkem je těleso, na které lze použít Booleanovské operace jako jsou průnik, sjednocení, rozdíl apod., a plocha. [1]

- **3D CAD systémy**

3D CAD systémy využívají plnohodnotné trojrozměrné modelování a jednotlivé prvky při modelování tělesa jsou vytvářeny prostorově. Konstrukteři mohou součástku otáčet libovolně a dívat se na ni z různých úhlů, podle toho, jak to potřebují. 3D modelování lze dále rozdělit na parametrické a neparametrické, respektive přímé. Podrobněji je popsáno v kapitole 2.3. [1]

2.2.3 Rozdělení podle přizpůsobivosti

Rozdělení podle přizpůsobivosti znamená zaměření CAD systémů na určité odvětví a konkrétní určení. Dělí se na obecné a specializované. Specializované CAD systémy obvykle obsahují další moduly a nastavby, díky čemuž je software zaměřen na určitou oblast, například strojírenství, stavebnictví a elektrotechniku. [1]

2.3 Parametrické modelování

Parametrické modelování je vytváření 3D modelu pomocí definice parametrů, které popisují vztahy a geometrické vazby mezi 3D součásti. Jednotlivé kroky a příkazy jsou ukládány do historie a do takzvaného stromu. Změnou některých parametrů se obvykle aktualizují nové sestavy i výkresy. Při modelování se může, ale také se nemusí, postupovat stejným způsobem, jako při výrobě skutečných součástí, kde je nutné dodržovat konkrétní výrobní postupy. Modelování pomocí parametrů je možné využít pro jednoduchý návrh různých 3D prvků, například díry, závity apod., které lze později libovolně upravovat, např. jejich délku a průměr. Je možné si vymodelovat součástku buď samostatně, nebo ji vložit do nějaké větší sestavy, např. převodovky, motoru nebo konkrétního zařízení.

Parametrické modelování je výhodné při vytváření sestavy, kde dochází ke spojování jednotlivých dílů a k vytvoření komplexního modelu. Jednotlivé prvky, například spojovací, je možné analyzovat po mechanické stránce, jako je pohyb závitu, ložisek, ozubeného kola, a dále je vylepšovat a optimalizovat na požadovaný mechanický výkon.

Mezi parametrické CAD softwary patří například SolidWorks, AutoCAD, Inventor a také Solid Edge.

Opak parametrického modelování je neparametrické či přímé modelování. [12], [13]

2.4 Nejrozšířenější CAD systémy současnosti

V současnosti je na trhu mnoho CAD softwarů, které mezi sebou obvykle konkurují. Ne všechny CAD softwary jsou stejné, každý je zaměřen na určitou výrobní oblast. Některý software je lepší pro 2D konstruování, jiný pro modelování pomocí ploch a některý pro 3D parametrické modelování. Například jednoduchou součástku je možné nakreslit ve většině CAD systémů. V některém softwaru to půjde rychleji a některém složitěji. Níže je uveden přehled a příklad vybraných CAD systémů, kromě softwaru Solid Edge, o kterém je podrobněji popsáno v samostatné kapitole 4. [14]

2.4.1 Autodesk Inventor

Jedná se o 3D software, který je hodně využíván ve strojírenství, pro vývoj a návrh jednotlivých výrobků. Není však příliš vhodný pro modelování pomocí ploch. Jeho hlavním konkurentem je SolidWorks.

Hlavními funkcemi tohoto softwaru jsou:

- parametrické modelování pro 3D modely
- řízení výrobných dat (Product Data Management)
- 3D modelování součástí
- simulace
- vizualizace [14]

2.4.2 Autodesk AutoCAD

Jedná se o jeden z nejstarších a nejpoužívanějších CAD software pro 2D/3D kreslení a návrh. Umožňuje vytvoření diazotypie (blueprints), rozvržení zařízení, výkresové dokumentace modelů atd.

Hlavními funkcemi tohoto softwaru jsou:

- 2D kreslení, výkresové dokumentace a anotace
- rozšířené pracovní postupy
- externí reference a blokové palety
- dynamické bloky
- 3D modelování sítí, těles a modelování pomocí ploch [14]

2.4.3 Autodesk Revit

Jedná se o software, který je zaměřen na BIM (Informační model budovy), používaný pro stavební projekty včetně nástroje pro vytváření 3D modelů budov. Tento software také podporuje všechny potřebné prvky týkající se budov, například prvky architektonické, konstrukční, mechanické a elektrické.

Hlavními funkcemi tohoto softwaru jsou:

- 3D modelování a vizualizace
- MEP modelování a konstruování
- modelování ocelových konstrukcí
- stavební dokumentace projektů
- součástky a modely pro stavebnictví a výrobu [14]

2.4.4 SolidWorks

Jedná se o 3D software, který je v současnosti na trhu velmi rozšířený a hojně využíván ve strojírenství a v konstrukci pro vývoj a návrh strojírenských a elektrotechnických součástek. Je také považován za průmyslový standard pro návrh a vývoj produktů.

Hlavními funkcemi tohoto softwaru jsou:

- simulace návrhu produktu
- 3D modelování těles
- řízení výrobních dat (Product Data Management)
- modul pro odhad výrobních nákladů a kontroly vyrobiteľnosti
- snadné a intuitivní ovládání [14]

2.4.5 CATIA

Jedná se o komplexní CAD software pro 3D modelování a kreslení, modelování pomocí ploch a vizualizaci. Rozšířený je zejména v automobilovém a leteckém průmyslu.

Hlavními funkcemi tohoto softwaru jsou:

- 3D modelování a výkresy
- digitální prototypování (Digital Prototyping)
- vysoce kvalitní modelování pomocí ploch a manipulace s tvarem
- vizualizace a analýza produktu během vývoje [14]

2.4.6 Civil 3D

Produkt společnosti Autodesk, který byl původně vytvořen jako doplněk do AutoCADu. V současnosti je to samostatný produkt zaměřený na stavebnictví pro plánování, navrhování a řízení stavebních projektů, například v dopravě a územním rozvoji.

Hlavními funkcemi tohoto softwaru jsou:

- modelování koridoru
- nástroj pro plánování
- vytváření a modifikace terénu
- podpora pro BIM
- nástroj pro vytváření povrchů [14]

2.4.7 Další CAD softwary

- MicroStation
- Creo
- Siemens NX
- Fusion 360
- Alibre Design [14], [15]

3 MODELOVÁNÍ POMOCÍ PLOCH

Modelování pomocí ploch je 3D modelování, pomocí kterého lze vytvářet plochy a povrchy jednotlivých součástí. Využívá se například pro vývoj a modelování geometrie karoserií dopravních prostředků a ke složitějším tvarům výrobků z hlediska designu nebo ergonomie.

Za počátek modelování pomocí ploch jsou považována 40. léta 20. století, kdy k jeho rozvoji došlo zejména během druhé světové války z důvodu sílícího tlaku na průmyslovou výrobu, zejména v leteckém průmyslu. V roce 1956 N. Lidbro představil systém pro plošné modelování, který byl používán švédskou společností Saab-Scania.

Modelování pomocí ploch má větší možnosti matematického popisu obecného tvaru než u modelování křivek, protože plochy lze popsat i křivkami, které leží na ploše a jsou-li splněny geometrické podmínky, které jsou v zadaných bodech nebo podél křivky určeny.

Jsou-li plochy určeny body, jedná se o síť bodů. Při aproximaci se jedná o síť řídicích systémů nebo o řídicí síť. Při interpolaci se jedná o síť definičních bodů neboli o definiční síť. Jsou-li plochy určeny křivkami, které leží na ploše, jedná se o systém definičních křivek a jsou tím vytvářeny interpolační plochy. U složitějších tvarů jsou plochy určeny systémem mnoha křivek neboli sítí mnoha bodů. [16], [17], [18]

Rozdíl mezi interpolací a aproximací:

- **Interpolace** je přístup pro vytváření křivek, při kterém se zadají opěrné body, které nejsou jednoznačně určeny a obvykle se zadávají tečné vektory v bodech, aby všemi zadanými body procházela výsledná hladká křivka. [19]
- **Aproximace** je druhý přístup pro vytváření křivek, při kterém se zadají řídicí body neboli řídicí polygon a vytvoří se taková hladká křivka, která neprochází žádnými řídicími body nebo prochází pouze některými. [19]

3.1 Plocha

Plochy lze popsat následující definicí: „*Plocha je dvouparametrická množina bodů v prostoru R^3 , které jsou funkčními hodnotami bodové funkce dvou proměnných, místo nichž, stejně jako u křivky, budeme uvažovat koncové body jejich polohových vektorů, které jsou funkčními hodnotami vektorové funkce dvou proměnných. Z následujících definic tedy*

vynecháme bodovou funkci dvou proměnných.“ [Linkeová, Ivana. Základy počítačového modelování křivek a ploch, str. 21]

Základní plochy jsou tedy popsány jednoduchým matematickým popisem, například implicitní, explicitní a parametrickou rovnicí, a je možné tak vytvořit plochy přímkové, kuželové, válcové, rotační, translační a šroubové.

Obecnější plochy se popisují složitěji, kdy se rozdělují na vhodné části, takzvané pláty – pláty jako interpolační plocha, u kterých jsou dány podmínky vzhledu (body nebo křivkami) nebo pláty jako aproximační plocha (prostorovou sítí bodů).

Bodem plochy se považuje koncový bod polohového vektoru.

Plátem plochy se považují plochy, které jsou skládány z jednotlivých vhodně napojených plátů. Kvalita napojení mezi jednotlivými pláty je určena podle dosaženého řádu geometrické nebo parametrické spojitosti podél okraje mezi pláty. [16], [17], [18]

3.1.1 Přímková přechodová plocha

U přímkových přechodových ploch jsou dva protilehlé okraje (křivky) interpolovány. Jsou popsány analyticky vektorovými funkcemi o dvou proměnných, které lze získat lineární interpolací mezi zadanými okraji. Znamená to, že body okrajů, odpovídajících stejné hodnotě parametrů, jsou určeny a spojeny úsečkami. Množina všech těchto úseček je považována za přímkovou přechodovou plochu. [16]

3.1.2 Plocha hyperbolického paraboloidu

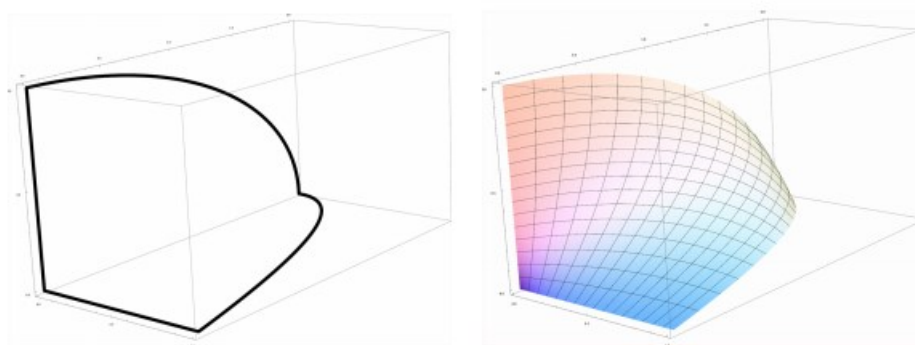
Jedná se o interpolační plochu, která je tvořena jediným plátem. Takové plochy jsou lineární interpolací mezi čtyřmi určenými body neboli rohy plátu. [16]

3.1.3 Coonsova bilineární plocha

Coonsova bilineární plocha je dalším příkladem interpolační plochy tvořené jediným plátem. Pláty Coonsovy interpolační plochy jsou interpolovány čtyřmi určenými okraji, které mají společné krajní body v rozích plátu. Na základě této podmínky jsou rohy plátu považovány za součást zadání, jejich souřadnice jsou obvykle vypočítány dosazením krajních hodnot oboru parametrizace do okrajových křivek určených vektorových rovnic. [16]

Typy Coonsových plátů:

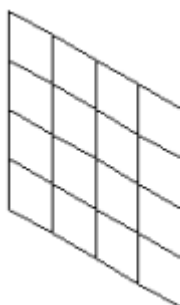
- přechodová plocha
- bilineární Coonsův plát
- bikubický Coonsův plát
- dvanáctivektorový Coonsův plát
- šestnáctivektorový Coonsův plát
- obecný Coonsův plát [20]



Obrázek 17: Coonsův bilineární plát [20]

3.1.4 Rovná plocha

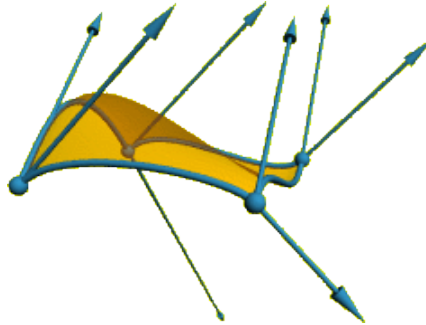
Rovné plochy jsou nejjednodušší. Skládají se alespoň ze 3 bodů pro definování nekonečné roviny. Rovné plochy slouží například pro generování řezů a průřezů. [18]



Obrázek 18: Rovná plocha [18]

3.1.5 Fergusonova plocha

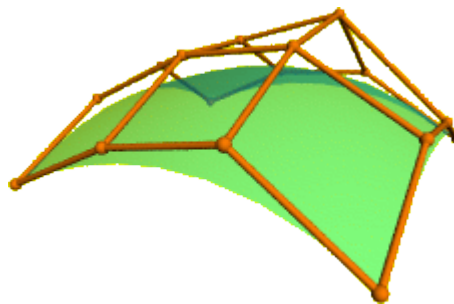
Fergusonovy plochy znamenají, že interpolační plochy jsou určeny čtyřmi krajními Fergusonovými kubikami a plát je zobrazen pomocí čtyř rohových bodů a tečných vektorů v nich. [17]



Obrázek 19: Fergusonova plocha [17]

3.1.6 Bézierova plocha

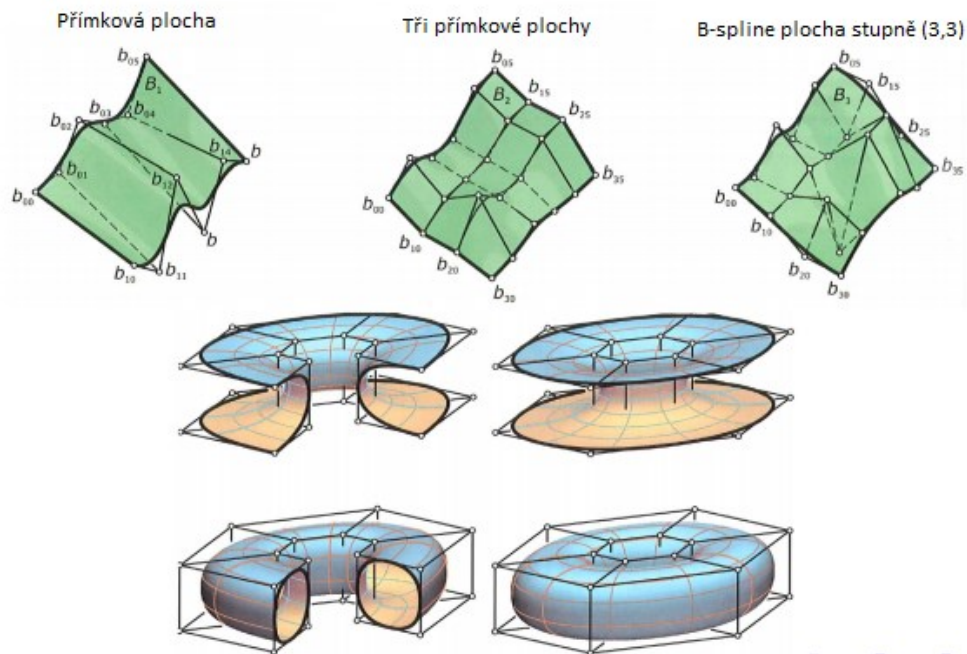
Bézierovy plochy jsou vymodelovány pomocí prostorové sítě bodů. Jsou určeny sítí $(m + 1) \cdot (n + 1)$ řídicích bodů $V_{i,j}$; $i = 0, 1, \dots, m$; $j = 0, 1, \dots, n$, které jsou uspořádány do mapy plochy a všechny plochy prochází čtyřmi rohy sítě. Okrajové křivky se nazývají Bézierovy křivky stupně m nebo stupně n . Nejvíce se používá Bézierův bikubický plát, který má sítě 4×4 bodů a Bézierovy kubiky jsou na okrajové křivce. Složitější plochy skládáme pomocí bikubických plátů a jednotlivé pláty obvykle převádíme na síť trojúhelníků. [16], [17]



Obrázek 20: Bézierova plocha [17]

3.1.7 B-spline plocha

B-spline plochy jsou zobecněné B-spline křivky umožňující lokální změny. B-spline plocha se určuje dvěma uzlovými vektory U a V , čtyřúhelníkovou sítí řídicích bodů a stupni u a v . Jako bikubické B-spline plochy se nazývají Coonsovy pláty. [17], [20]



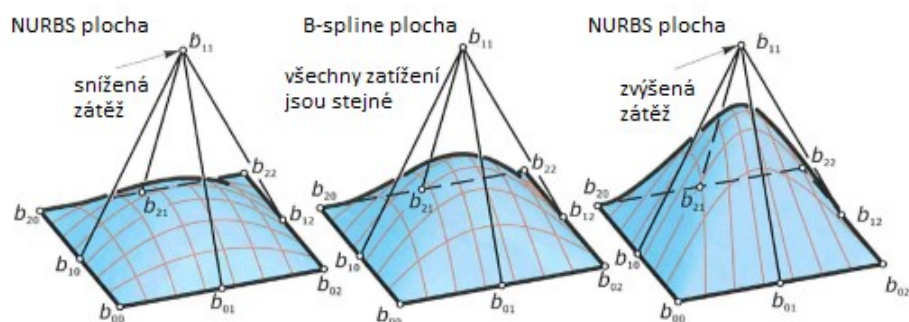
Obrázek 21: B-spline plochy [20]

3.1.8 Uniformní ukotvená bikubická B-spline plocha

Jedná se o ukotvenou plochu, která je určena sítí $(m + 1) \cdot (n + 1)$; $m, n > 4$ řídicích bodů $V_{i,j}$; $j = 0, 1, \dots, n$, které jsou uspořádány do mapy plochy. Ukotvená plocha prochází čtyřmi interpolujícími rohy sítě a ostatními řídicími body již neprochází. [16]

3.1.9 NURBS plocha

NURBS plochy jsou zobecněné B-spline plochy, které jsou poměrně složitě matematicky popsány. V dnešní době je tento způsob popisu plochy velmi rozšířený a považuje se za průmyslový standard v modelování pomocí ploch. NURBS plochy mají univerzální a jednotný algoritmus popisu ploch, například výpočetní úkony pro řešení množinových operací, průsečíků se světelnými paprsky a podobně. [17]



Obrázek 22: NURBS plochy [20]

4 SOLID EDGE

Solid Edge je pokročilý 2D/3D CAD software vyvíjený společností Siemens. Je určen především pro komplexní konstrukci strojírenských výrobků.

Solid Edge je nabízen ve 4 komerčních edicích, které se liší nabízenými funkcemi a cenou, od základní nejlevnější „Solid Edge Design and Drafting“, dále „Solid Edge Foundation“, „Solid Edge Classic“, až po nejdražší komplexní edici „Solid Edge Premium“. V současné době jsou všechny edice k dispozici v podobě měsíčního předplatného od 66 euro až po 302 euro za měsíc (k květnu roku 2021). Pro zájemce je k dispozici bezplatná 30 denní zkušební doba – trial verze.

Od září roku 2006 existuje pro všechny zájemce bezplatná verze 2D konstruování „Solid Edge 2D Drafting“, která obsahuje základní funkce a umožňuje kreslení 2D výkresů. Dále existuje bezplatná licence pro určité okruhy uživatelů – pro studenty, učitele a startupy. Bezplatná studentská licence platí po neomezenou dobu, avšak pouze pro studijní účely. Další, bezplatná edice „Prohlížeč Solid Edge“ (Solid Edge Free Viewer) umožňuje interaktivní prohlížení 2D výkresů a 3D modelů Solid Edge. Je k dispozici nejen pro systém Windows, ale i pro mobilní zařízení (ke stažení na Google Play, Apple Store a Windows Store).

Solid Edge je ve střední třídě CAD systémů přímým konkurentem systému SolidWorks, Autodesk Inventor, Creo, IRONCAD atd. [21], [22], [23], [24]

4.1 Historie a vývoj programu Solid Edge

První verze Solid Edge 1 byla vyvíjena a vydána roku 1995 společností Intergraph Corporation. Software běžel na jádře geometrického modelování ASIC.

Společnost Intergraph v průběhu vývoje roku 1996 a 1997 vydala další 4 verze Solid Edge. Solid Edge 2 a Solid Edge 3 v roce 1996, Solid Edge 3.5 a Solid Edge 4 v roce 1997.

V roce 1998 společnost Intergraph Corporation prodala svůj software společnosti UGS Corporation. Software byl tedy dále vyvíjen společností UGS, která změnila modelovací jádro programu z ASIC na Parasolid a vydala svoji první verzi Solid Edge 5 a poté pravidelně vydávala další nové verze až do roku 2007.

V roce 2007 společnost UGS Corporation prodala svůj software divizi automatizace a řízení (Automation & Drives Division) společnosti Siemens. Společnost UGS byla 1. října 2007 přejmenována na Siemens PLM Software.

V roce 2008 společnost Siemens PLM Software vydala novou revoluční verzi Solid Edge ST. Tato verze přinesla novou funkci – synchronní technologii modelování.

O rok později, v roce 2009, byla vydána další verze Solid Edge ST2, která přinesla vylepšenou verzi synchronního modelování.

Od té doby společnost Siemens software spíše doladřovala, vylepřovala stabilitu a uživatelské rozhraní. Vydávala každoročně nové verze, které přinesly menší změny.

Nejnovější vydání programu Solid Edge je v současnosti Solid Edge 2021. [21], [25], [26], [27]

4.2 Funkce a možnosti v programu Solid Edge

Hlavní předností softwaru Solid Edge je jeho jedinečný systém – synchronní technologie modelování, kterému se věnuje kapitola 4.3.

Solid Edge umožňuje i standardní parametrické modelování založené na historii, takže konstruktéři si mohou sami vybrat, jaký způsob modelování bude pro ně nejvhodnější.

Dostupné moduly v programu Solid Edge:

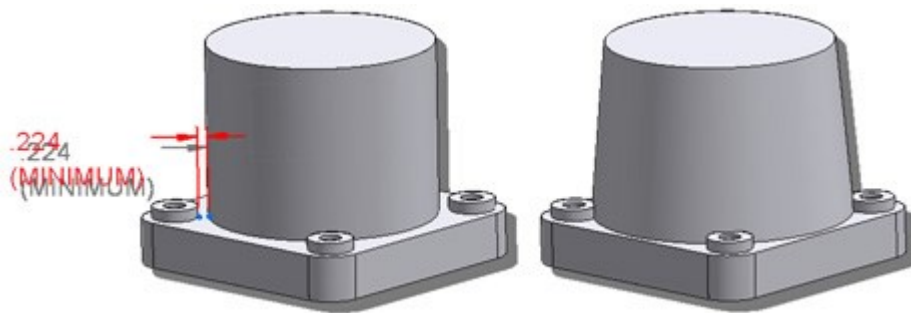
- Objemová součást (Part)
- Plechová součást (Sheetmetal)
- Sestava (Assembly)
- Konstrukce potrubí (XpresRoute)
- Konstrukce kabeláže (Wire Harness)
- Konstrukce rámu (Structural Frames)
- Svařenec (Weldment)
- Výkres (Draft)

Dále Solid Edge umožňuje modelování pomocí ploch přes modul „Tvorba ploch“ (Surfacing). Jsou také podporovány velké sestavy s více než 100 tisícem součástí. [21], [28]

4.3 Synchronní technologie modelování

Synchronní technologie je nejnovější způsob modelování. Byla vyvinuta v roce 2008 a patentována společností Siemens PLM. První verze Solid Edge, která obsahovala tuto synchronní technologii, byla Solid Edge ST. Její vydání v roce 2008 znamenalo revoluci v modelování, která umožnila konstruktérům zrychlit práci a vývoj.

Oproti parametrickému modelování je synchronní technologie modelování založena na principu, při kterém se nevytváří historie modelu, ale jenom pojmenované množiny ploch nebo stěn, podle toho, jak vznikly. Modelování je proto pružnější, bez historie parametrů, protože konstruktér provede přesně to, co potřebuje a co chce upravit. U synchronní technologie není důležité, jak konkrétní model vznikl, ale jen to, jak má vypadat před změnou a po změně. Například pokud konstruktér chtěl vytvořit díru, tak přímo vytvoří díru a všechno, co bylo předtím, už není tak důležité. [29], [30]



Obrázek 23: Úprava modelu pomocí synchronní technologie [30]

Synchronní technologie přináší velkou výhodu u úprav složitějších modelů, protože když konstruktér chtěl u parametrického systému modelování provést nějaké větší úpravy nebo přehodit příkazy, obvykle se zneplatnily některé parametry. Z tohoto důvodu se zobrazovala chyba, kterou bylo nutné opravit. Zvláště u složitějších součástek byla taková oprava velmi komplikovaná. U synchronní technologie podobná chyba nehrozí. Význam pojmu synchronní technologie vznikl kombinací synchronizace pravidel, logiky a geometrie modelu. Vzhledem k tomu, že synchronní technologie neobsahuje historii parametrů modelu, je proto velmi snadné importovat modely z jiných CAD softwarů a jsou umožněny také jakékoliv úpravy modelu. V současné době společnosti velmi ocení, když mohou sdílet a prezentovat své 3D modely další straně, například zákazníkovi nebo dodavateli, protože na trhu jsou desítky CAD systémů, parametrických i neparametrických, a všechny firmy nemají stejný CAD software. Díky synchronní technologii je možné otevřít i upravovat jakýkoliv 3D model od různých CAD softwarů. [30]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce je vypracovat manuál pro modelování pomocí ploch přes modul „Tvorba ploch“ (Surfacing) v programu Solid Edge. Tento manuál bude sloužit i pro výuku CAD modelování, zejména pro studenty Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, kteří již znají základy modelování v programu Solid Edge, a chtějí si své znalosti rozšířit o plošné modelování.

Teoretická část bakalářské práce se věnuje historii CAD systémů, obecně modelování a modelovacím softwarům, dále modelování pomocí ploch a softwaru Solid Edge.

Praktická část bakalářské práce seznamuje s jednotlivými prvky v modulu „Tvorba ploch“ a jeho možnostmi. V další části je uveden vzorový příklad – model PET láhve s podrobným postupem modelování, který by měl být přínosem této bakalářské práce.

V souvislosti s výše uvedenými důvody byly stanoveny následující cíle:

- Vypracování literární rešerše na dané téma.
- Představení prostředí modulu „Tvorba ploch“ v programu Solid Edge.
- Vytvoření konkrétního příkladu s uvedením postupu modelování.
- Tvorba dvou modelových příkladů.

6 PRVNÍ KROKY S PROGRAMEM SOLID EDGE

Před samotnou prací se systémem Solid Edge a modelováním je nutné nejdříve program spustit, poté přenastavit modelovací prostředí ze synchronního na sekvenční. Stačí jednou, program si pak nastavení pamatuje. V dalším kroku je potřeba zvolit prostředí tvorby objemové součásti dle ISO šablony „Metrická součást ISO“, čímž se vytvoří nový soubor jako „Part“ (součást).

Manuál, který je cílem předkládané práce, je založen na verzi Solid Edge 2020 a je platný i pro současnou verzi 2021.

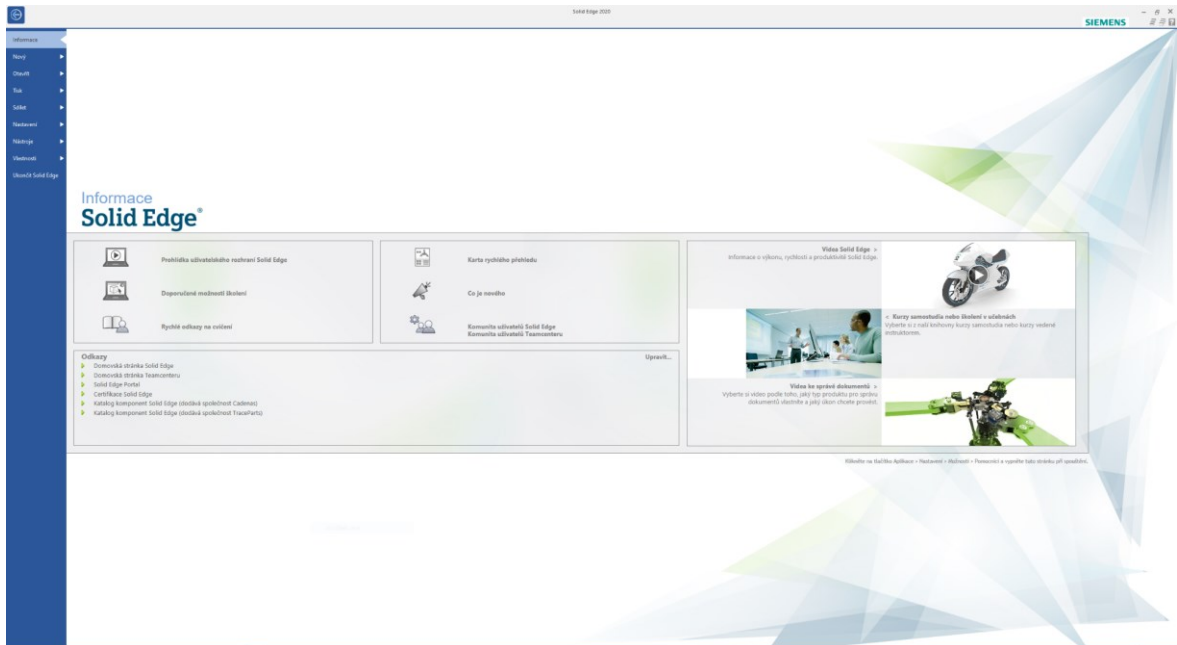
6.1 Spuštění programu Solid Edge

Program Solid Edge se spouští přes ikonu „Solid Edge 2020“, která se nachází na pracovní ploše Windows 10, případně zadáním „Solid Edge“ do vyhledávače u nabídky „Start“ ve systému Windows 10.



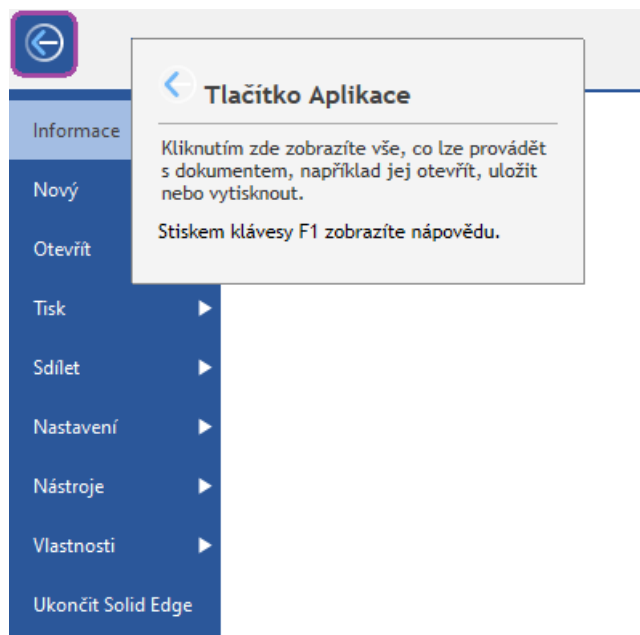
Obrázek 24: Ikona Solid Edge 2020

Po spuštění programu Solid Edge se zobrazí úvodní stránka Solid Edge – záložka „Informace“, která vypadá následovně.



Obrázek 25: Úvodní stránka Solid Edge

V levém horním rohu okna je k dispozici „Tlačítko Aplikace“, které zobrazuje nabídku dalších možností, pomocí kterých lze vytvořit novou součástku, sestavu, případně otevřít již vytvořenou součástku, sestavu. Je také možné se tímto způsobem dostat do nastavení nebo ukončit Solid Edge.



Obrázek 26: Tlačítko Aplikace na úvodní stránce Solid Edge

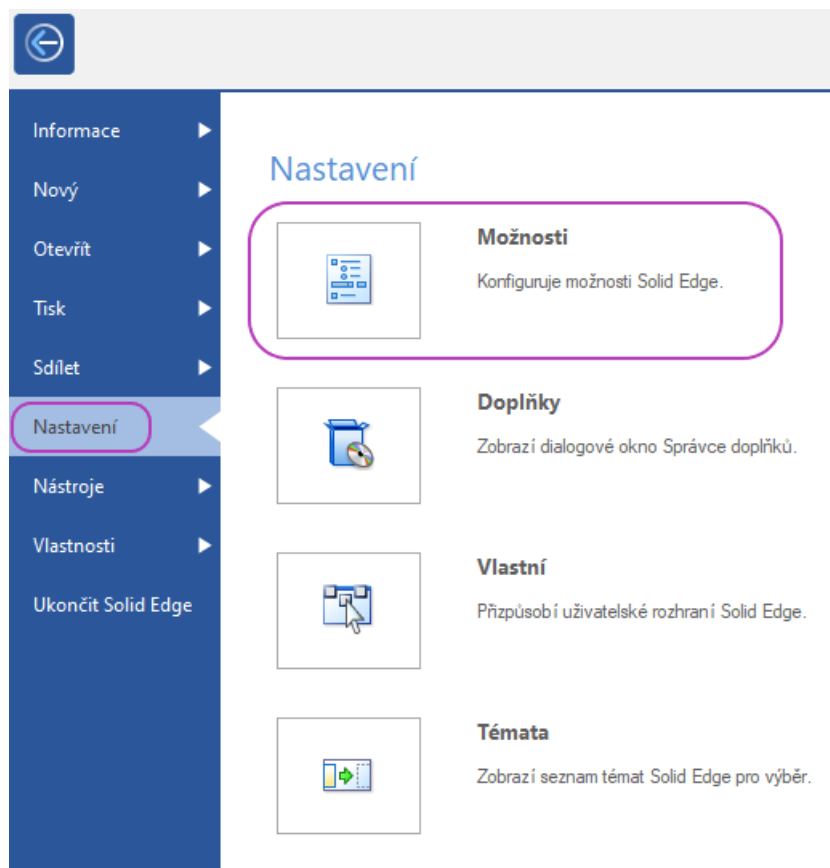
6.2 Nastavení programu Solid Edge

6.2.1 Nastavení modelovacího prostředí

První krok před samotným modelováním, který je nutný provést, je změna nastavení výchozího modelovacího prostředí na „Sekvenční“, protože ve výchozím stavu je prostředí nastaveno jako „Synchronní“.

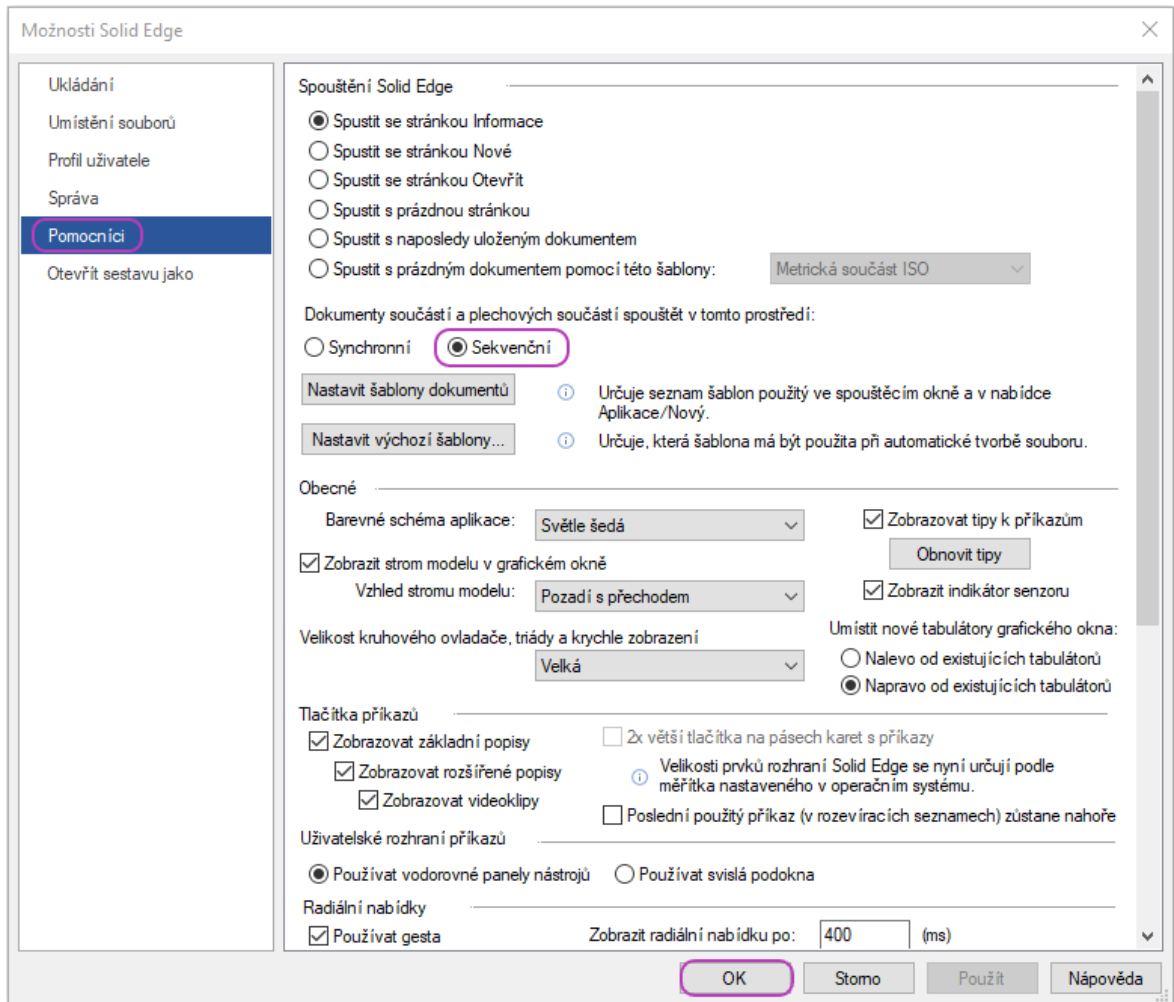
V „Tlačítku Aplikace“ se klikne na záložku „Nastavení“, čímž se objeví další možnosti.

V rozbalené záložce „Nastavení“ se klikne na „Možnosti“. Zobrazí se následující okno, kde je možné provést nastavení prostředí Solid Edge.



Obrázek 27: Vstup do nastavení programu Solid Edge

V „Možnosti Solid Edge“ se na levé straně okna klikne na „Pomocníci“ a v okně u nastavení „Dokumenty součástí a plechových součástí spouštět v tomto prostředí:“ se zvolí „Sekvenční“ místo výchozího „Synchronní“. Pro potvrzení nastavení se klikne na „OK“.



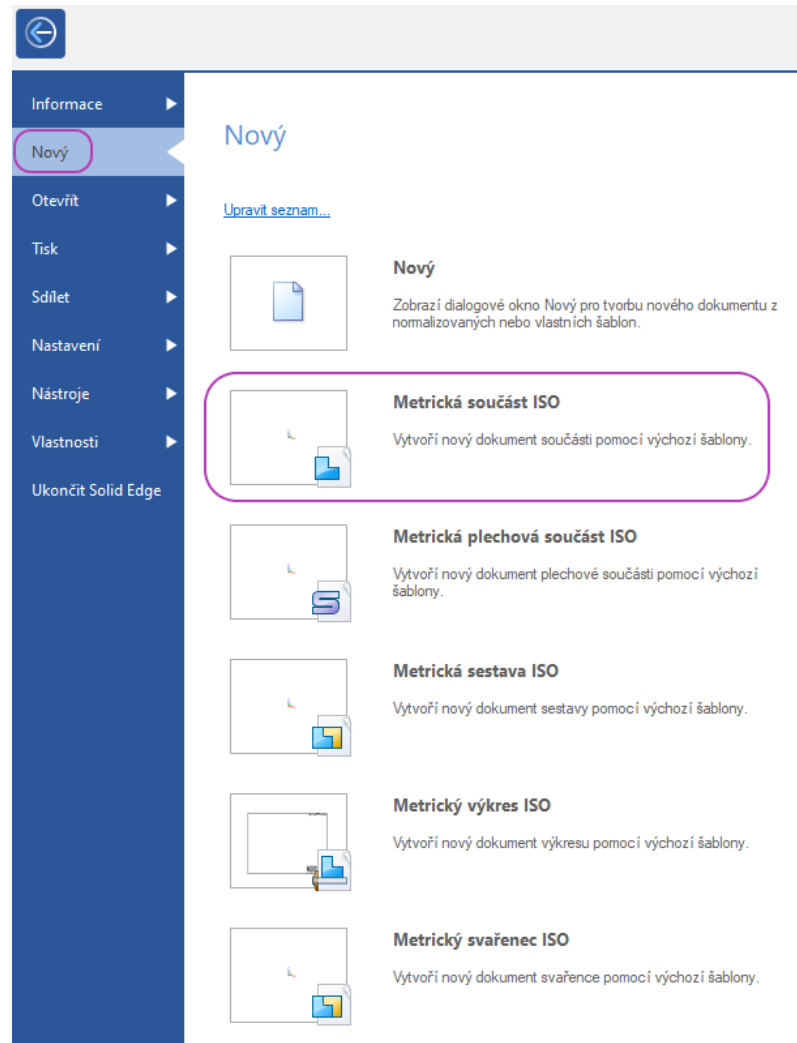
Obrázek 28: Možnosti Solid Edge

6.3 Vytváření nového souboru a modelu

Aby bylo možné začít modelovat, je nutné nejdříve vytvořit nový soubor a zvolit objemové těleso podle ISO šablony „Metrická součást ISO“.

V „Tlačítku Aplikace“ se klikne na záložku „Nový“, čímž se objeví další možnosti.

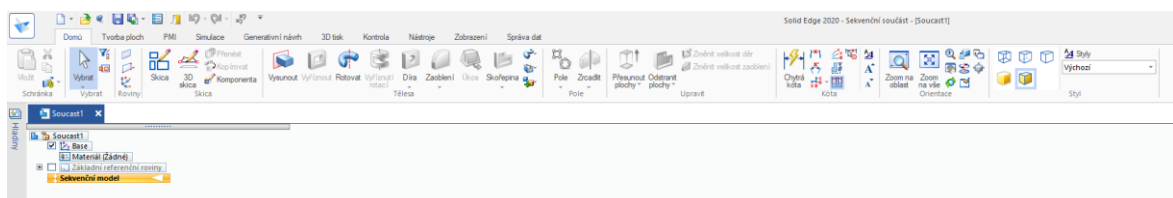
V rozbalené záložce „Nový“ se klikne na „Metrická součást ISO“. Rozměry a zobrazování tak budou nastaveny dle požadavků ISO standardů. Vytvoří se nový soubor, který má koncovku „.par“ jako „Part“ (součást).



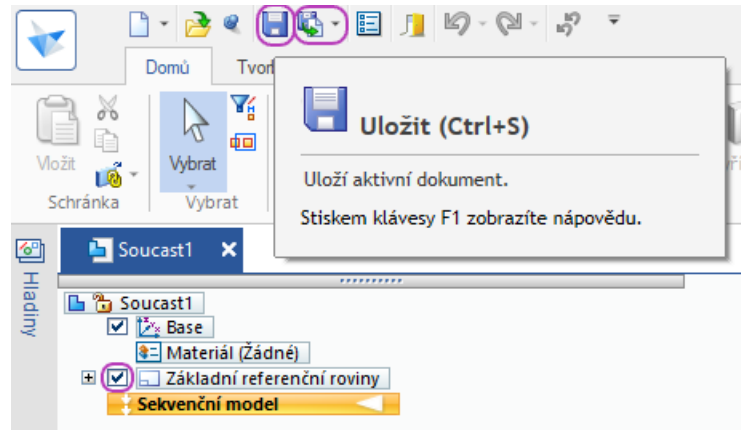
Obrázek 29: Vytváření nového souboru

Druhou variantou pro vytváření nového souboru je postup přes rozbalenou záložku „Nový“, kde se po kliknutí zobrazí další okno. Zde jsou všechny šablony, buď předem připravené dle příslušných standardů, nebo je možné definovat vlastní.

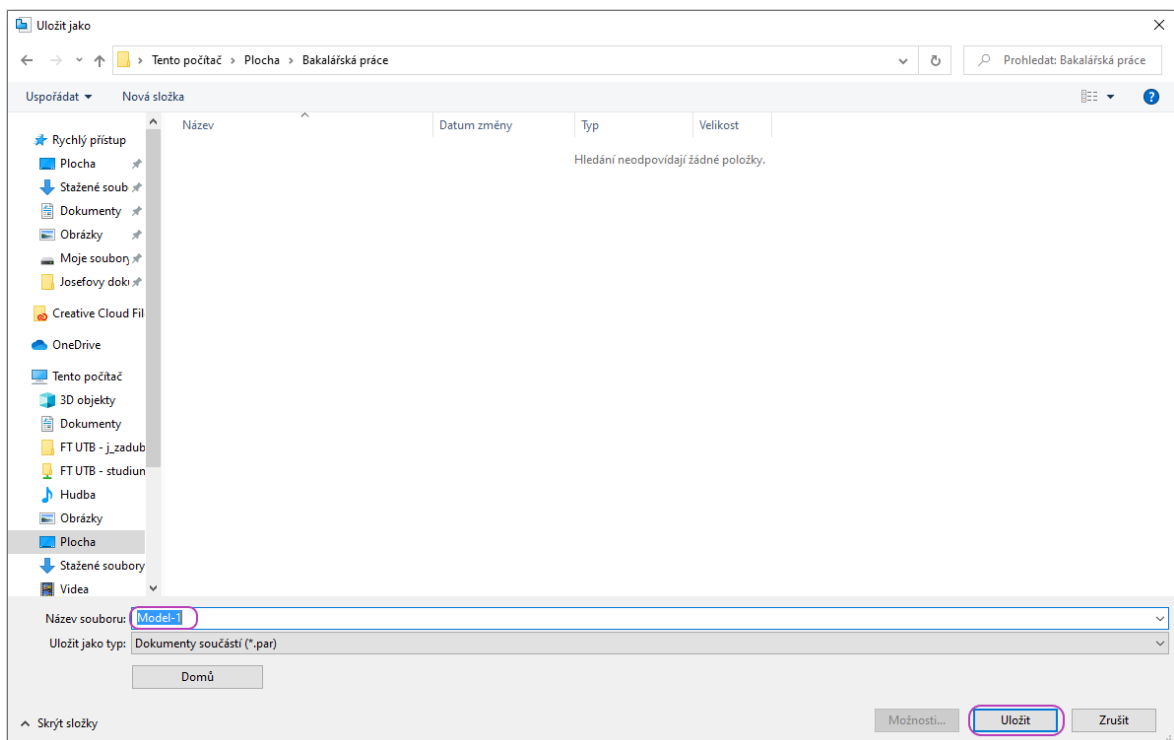
Po vytvoření nového souboru je vhodné zapnout základní referenční roviny a také soubor uložit, aby nedošlo k případnému problému, ke ztrátě dat. Uložení souboru se provede kliknutím na ikonu „Uložit“ nebo „Uložit jako“ v pásu karet, který se nachází v horní části programu. Zobrazí se dialogové okno, u kterého lze zadat umístění, kam se soubor uloží.



Obrázek 30: Pás karet „Domů“ po vytvoření souboru



Obrázek 31: Ikony pro uložení souboru a zapnutí základních referenčních rovin



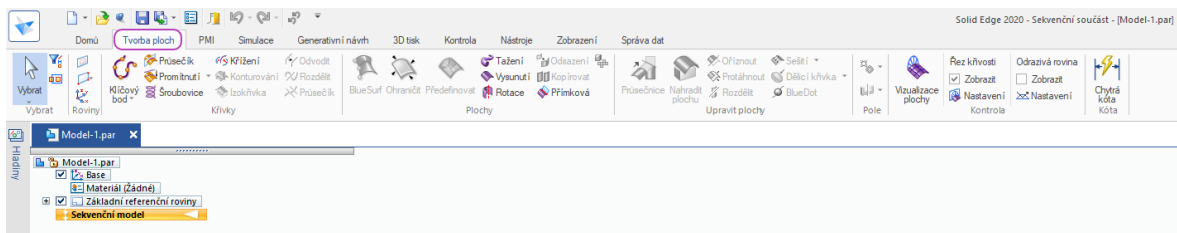
Obrázek 32: Dialogové okno ukládání souboru

7 MODUL „TVORBA PLOCH“ V PROGRAMU SOLID EDGE

Tato kapitola se věnuje konkrétnímu modulu „Tvorba ploch“, ve kterém jsou popsány jednotlivé funkce a příkazy.

Pro vstup do tohoto modulu se v pásu karet zvolí „Tvorba ploch“, čímž dojde k přepnutí panelu s příkazy pro objemové na plošné modelování.

Vzhledem k tomu, že aktuálně není nakreslená žádná skica ani vytvořená plocha, jsou v níže uvedeném obrázku některá tlačítka zašedlá – deaktivovaná, protože tyto příkazy není možné provést. Po nakreslení nějaké skici se zpřístupní další příkazy.



Obrázek 33: Pás karet v modulu „Tvorba ploch“

7.1 Představení jednotlivých funkcí a příkazů


Následující kapitola se věnuje popisu jednotlivých příkazů v modulu „Tvorba ploch“. Příkazy jsou rozděleny do skupin podle funkcí, k čemu slouží, například „Roviny“, „Křivky“, „Plochy“ a „Upravit plochy“.


7.1.1 Roviny

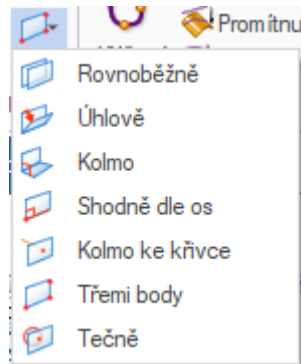
V této části panelu se nacházejí příkazy pro vytváření rovin a vlastního souřadnicového systému.




Obrázek 34: Tlačítka – část „Roviny“

 **Shodná rovina** – Slouží pro vytvoření nové roviny, která je na stejné pozici jako vybraná rovina.

 **Další roviny** – Slouží pro vytvoření roviny podle jiného parametru. Po kliknutí na toto tlačítko se zobrazí další možnosti zadání parametrů pro vytvoření roviny, například rovnoběžně, úhlově, kolmo, shodně dle os, kolmo ke křivce, třemi body a tečně od vybrané roviny.

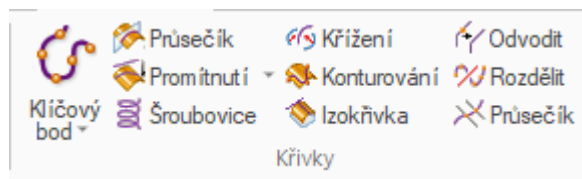


Obrázek 35: Další možnosti pro tlačítko „Další roviny“

 **Souřadnicový systém** – Slouží pro vytvoření vlastního souřadnicového systému.

7.1.2 Křivky

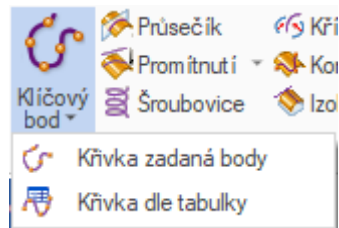
V této části panelu se nacházejí příkazy pro vytváření křivek a úpravu pomocí křivky.



Obrázek 36: Tlačítka – část „Křivky“

Křivka zadaná body (tlačítko „Klíčový bod“) – Slouží pro vytvoření křivky, která prochází klíčovými body podle zadání.

Křivka dle tabulky – Lze ji najít kliknutím na šipku dolů u tlačítka „Klíčový bod“ a slouží pro vytvoření křivky, která prochází body podle hodnot zadaných v tabulkách v aplikaci Microsoft Excel.

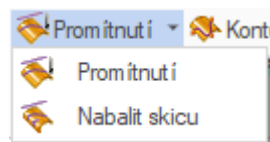


Obrázek 37: Další možnosti pro tlačítko „Klíčový bod“

Průsečík – Slouží pro vytvoření křivky pomocí průsečíku jedné plochy a vybrané referenční roviny. V místě, kde se plocha protíná s referenční rovinou, vznikne křivka.

Promítnutí – Slouží pro vytvoření křivky promítnutím na vybranou plochu. Na ploše se objeví křivka nakreslená v jiné rovině, ze které se promítne na plochu. Kliknutím na šipku dolů vedle tlačítka „Promítnutí“ je možné vybrat jinou možnost „Nabalit skicu“.

Nabalit skicu – Slouží pro nabalení nakreslené křivky v rovině na rotační plochu v měřítku 1:1. Křivka se tím ohne, ale rovina nakreslené křivky musí být tečně k ploše, na kterou se nabalí.



Obrázek 38: Další možnosti pro tlačítko „Promítnutí“

Šroubovice – Slouží pro vytvoření křivky šroubovice nebo spirály podle zadaných parametrů. Vybere se určitý bod, čára, kružnice, tři body, válcová stěna nebo stěna kuželu. Dále počáteční bod a podle určitých parametrů, jako je průměr, délka, stoupání, směr vinutí šroubovice a počet otáček, se vytvoří křivka šroubovice nebo spirály.

Křížení – Slouží pro vytvoření křivky, která je promítnutá v průniku ze dvou vybraných křivek. Vyberou se dvě křivky a vytvoří se křivka, která je jejich průnikem.

Konturování – Slouží pro vytvoření křivky, která se kreslí přímo na ploše. Příkaz lze využít například pro definování hranic pro oříznutí.

Izokřivka – Slouží pro vytvoření křivky na vybrané ploše, kde normála křivky má k zadanému vektoru konstantní úhel.

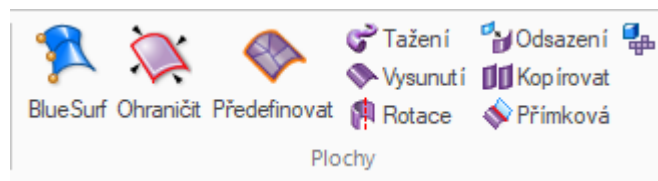
Odvodit – Slouží pro vytvoření křivky, která kopíruje hrany mezi jednotlivými plochami. Využívá se například pro označení hrany mezi plochou a závitem, aby bylo možné oříznout tuto konkrétní plochu.

Rozdělit – Slouží pro vytvoření křivky na ploše podle parametrů rozdělení, obvykle roviny. V místě, kde se plocha protíná s rovinou, se vytvoří křivka.

Průsečík (poslední tlačítko v části „Křivky“) – Slouží pro vytvoření bodů mezi jednotlivými křivkami. V místě, kde se protínají dvě křivky, se vytvoří bod. Pokud je křivek více, vytvoří se více bodů, to znamená bod na každém průsečíku.

7.1.3 Plochy

V této části panelu se nacházejí příkazy pro vytváření plochy.



Obrázek 39: Tlačítka – část „Plochy“

BlueSurf – Slouží pro vytvoření plochy pomocí jednotlivých skic nebo hran ploch. Je možné také přidat vodící křivky a plocha bude vytažena skrz tyto křivky. Pokud je to nutné, lze v obou koncích plochy nastavit tečnost nebo kolmost k druhé ploše.

Ohraničit – Slouží pro vytvoření plochy pomocí zadání hranice. Aby bylo možné vytvořit plochu, je nutné, aby hranice zadané křivkami byly uzavřené. Poté se vytvoří plocha. Je možné také přidat vodící křivku nebo nastavit tečnost a kolmost.

Předefinovat – Slouží pro spojení a předefinování existujících ploch. Pomocí tohoto příkazu se na vybrané ploše nastaví nové hranice, které je možné definovat například pomocí křivky.

Tažení – Slouží pro vytvoření konstrukční plochy, která vede skrz zadané křivky. Lze vytáhnout i více řezů pomocí tří trajektorií. Nejčastěji se pro vytažení používá jeden řez a jedna trajektorie. Řez plochy může být uzavřený i otevřený.

Vysunutí – Slouží pro vytvoření konstrukční plochy, která je vytažena kolmo od roviny pomocí zadané křivky nebo skici. Vytažený profil může být uzavřený i otevřený.

Rotace – Slouží pro vytvoření konstrukční plochy, která vznikne rotací nakreslených profilů a křivek kolem zadané osy. Profil může být uzavřený i otevřený.

Odsazení – Slouží pro vytvoření další plochy, která je odsazena rovnoměrně o určitou vzdálenost, buď dovnitř nebo ven. Nově vytvořená plocha je i nadále asociativní s původní plochou.

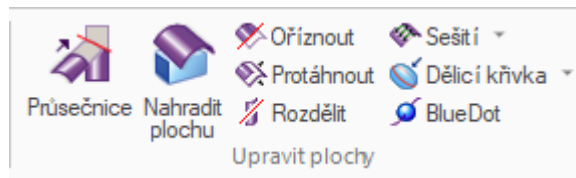
Kopírovat – Slouží pro vytvoření nové, rozměrově i tvarově stejné plochy, a to zvolením a zkopírováním určitých ploch na původní ploše. Je možné si vybrat, zda bude původní plocha zachována nebo odstraněna.

Přímková – Slouží k protažení existující plochy od vybrané hrany. Je možné si zvolit, jakou vazbu bude mít přímková plocha, například tečně spojitou, kolmou na stěnu, kuželovou k rovině, přirozenou nebo podél osy.

Rozvinutá plocha – Nachází se na posledním tlačítku v části „Plochy“ (bez názvu) a slouží pro vytvoření rozvinuté plochy. Vybere se určitá stěna modelu, která se rozvine do jedné plochy.

7.1.4 Upravit plochy

V této části panelu se nacházejí příkazy pro úpravu ploch.



Obrázek 40: Tlačítka – část „Upravit plochy“

Průsečnice – Slouží k protažení nebo oříznutí dvou a více ploch vzhledem k jejich průsečnici. Vyberou se dvě nebo více ploch a kliknutím na určitou oblast plochy se tato konkrétní oblast ořízne.

Nahradit plochu – Slouží k nahrazení vybrané plochy jinou plochou. Používá se například pro protažení jedné nebo více ploch k určité ploše.

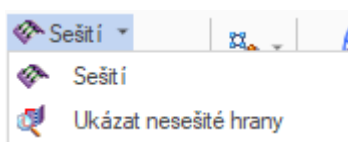
Oříznout – Slouží pro oříznutí vybrané plochy pomocí křivky, plochy nebo roviny. Vybere se plocha, která bude oříznuta, poté křivka, plocha nebo rovina, která bude elementem pro oříznutí a v dalším kroku se klikne na konkrétní část plochy, která se ořízne.

Protáhnout – Slouží k protažení plochy podél vybrané hrany. Klikne se na zvolenou hranu a celá plocha bude podél ní protažena do určité vzdálenosti podle zadání.

Rozdělit – Slouží pro rozdělení plochy pomocí zadané roviny, plochy, křivky nebo skici. Rozdělením jedné plochy vzniknou dvě nebo více samostatných ploch.

Sešítí – Slouží pro spojení jednotlivých ploch do jedné společné plochy. V případě spojení ploch do jednoho uzavřeného objemu je možné ze sešité plochy vytvořit přímo objemové těleso. Kliknutím na šipku dolů vedle tlačítka „Sešítí“ a poté na „Ukázat nesešité hrany“ je možné zkontrolovat úplnost sešítí ploch.

Ukázat nesešité hrany – Slouží pro kontrolu úplnosti sešítí ploch. Zvýraznění nějakých hran znamená, že dané plochy nejsou úplně sešité a je nutná oprava.

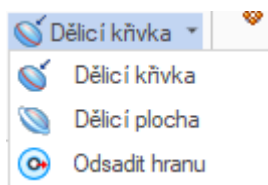


Obrázek 41: Další možnosti pro tlačítko „Sešítí“

Dělicí křivka – Slouží pro rozdělení plochy podél obrysových hran. Kliknutím na šipku dolů vedle tlačítka „Dělicí křivka“ je možné vybrat další možnosti úpravy ploch.

Dělicí plocha – Slouží pro vytvoření plochy v místě obrysových hran.

Odsadit hranu – Slouží pro odsazení stěny a k rozdělení plochy od obrysových hran.



Obrázek 42: Další možnosti pro tlačítko „Dělicí křivka“

BlueDot – Slouží pro obousměrné propojení bodů mezi dvěma zadanými křivkami. Tyto propojené body je možné libovolně manipulovat a změnit souřadnici, protože je asociativní.

8 MODELOVÁNÍ VZOROVÉHO PŘÍKLADU

V této kapitole je podrobným postupem popsáno samotné modelování vzorového příkladu.

Jako vzorový příklad byl vybrán model PET láhve, který je vymodelován pomocí ploch díky modulu „Tvorba ploch“ a dále přidáním tloušťky 0,5 mm převeden na objemové těleso. Manuál postupu modelování byl rozdělen do více částí.

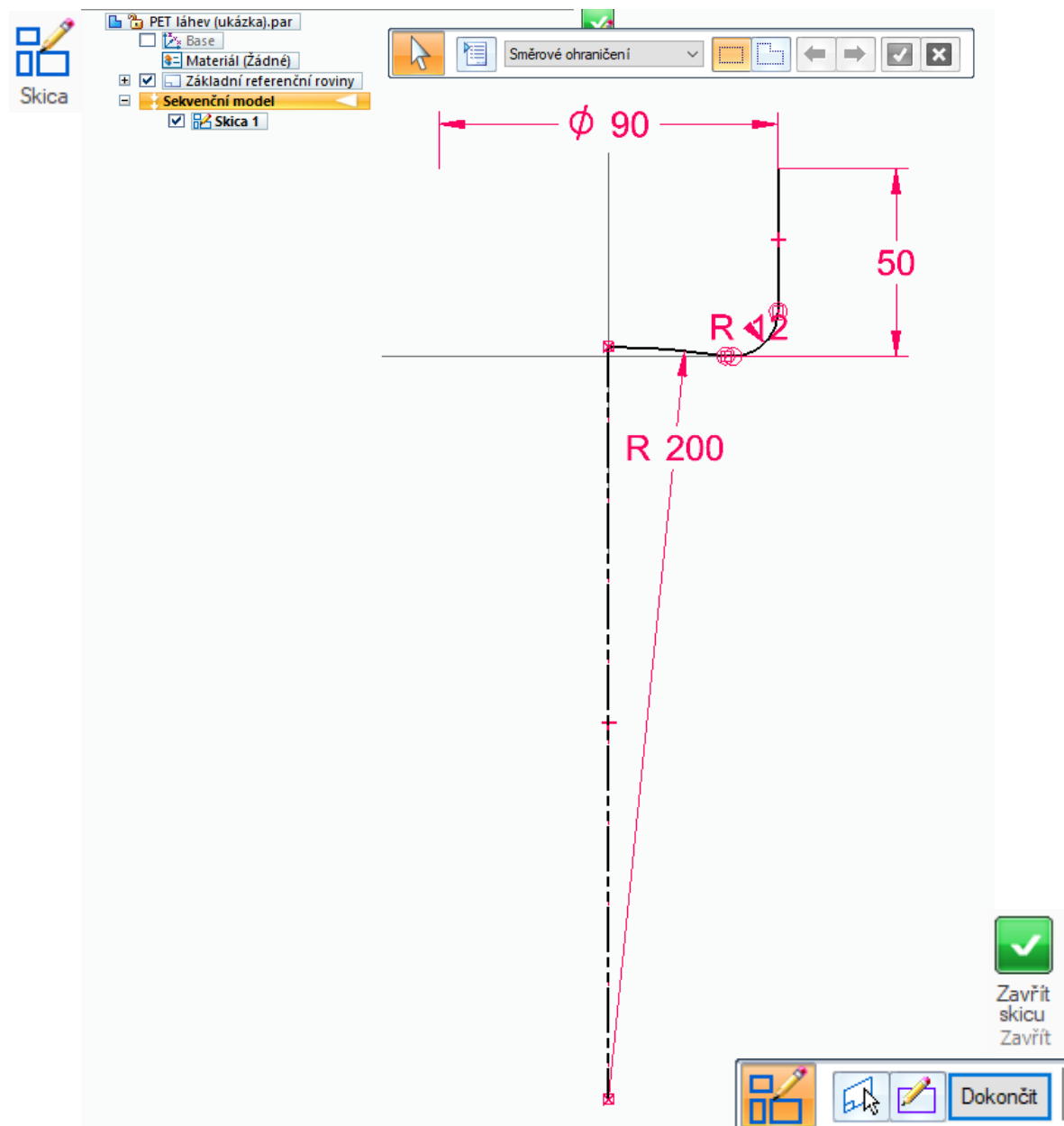


Obrázek 43: Finální model – PET láhev plošně vymodelovaná a převedená na objem

8.1 Modelování dna láhve

V prvním kroku vytvoříme dno láhve, které vznikne rotací nakreslené křivky.

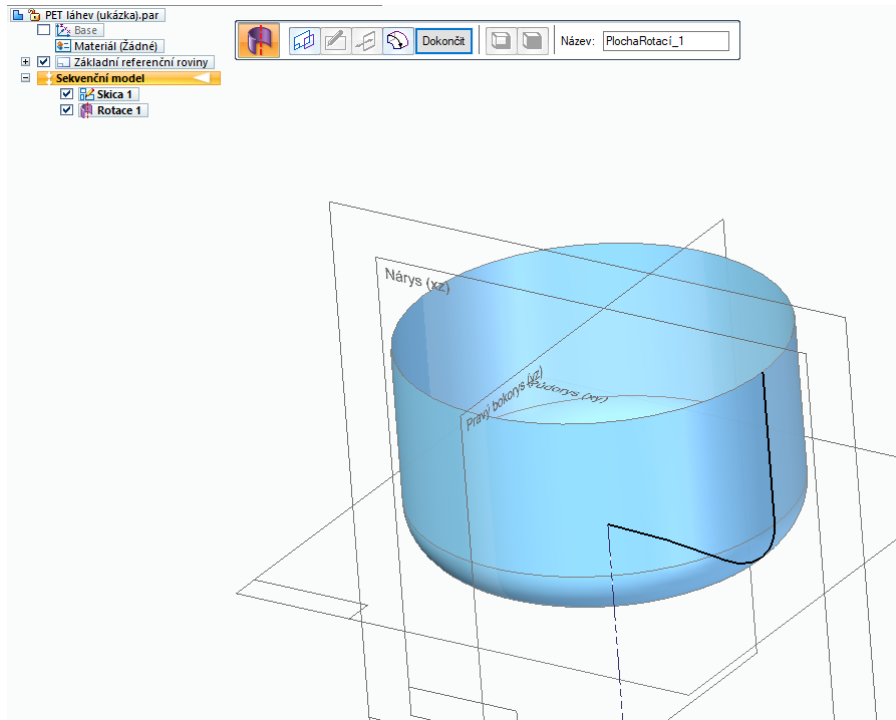
Zapneme si základní referenční roviny, vytvoříme novou skicu kliknutím na tlačítko „Skica“ v pásu karet a poté klikneme na „Nárys (rovina xz)“. Nakreslíme křivku podle obrázku níže. U rádiusu 12 mm zadáme tečnou vazbu k ose x . Osa rotace je ve středu (přímo v ose z), tuto nakreslenou přímku označíme jako konstrukční.



Obrázek 44: Skica 1

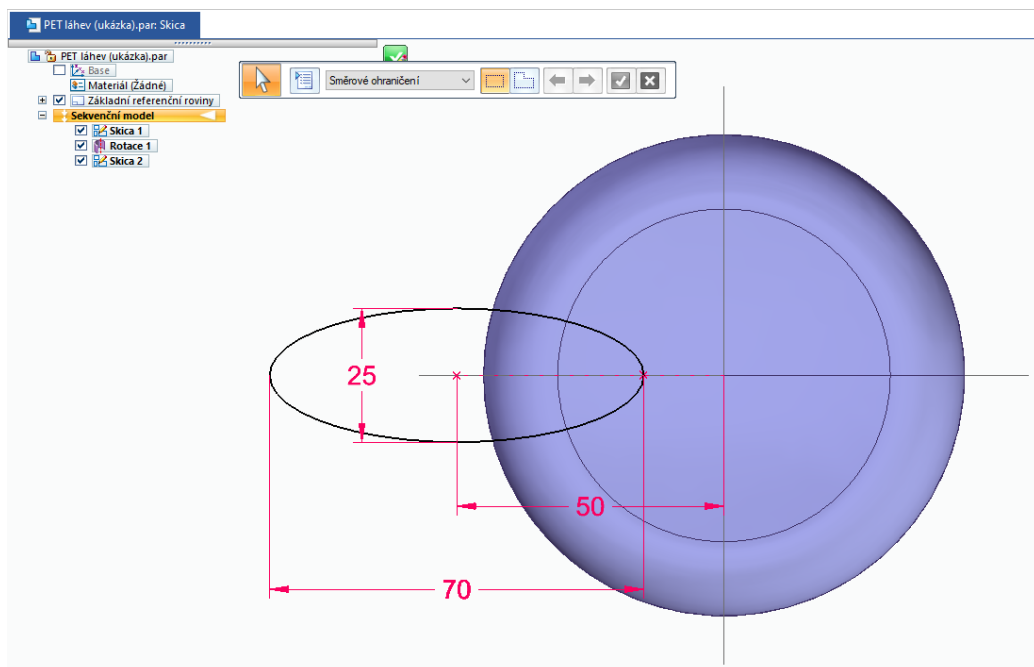
Po nakreslení skici klikneme na „Zavřít skicu“ a poté na „Dokončit“.

V modulu „Tvorba ploch“ zadáme v pásu karet příkaz „Rotace“. U výběru profilu zvolíme „Vybrat ze skici“, klikneme na „Skica 1“ a u rozsahu zvolíme „Otočit o 360°“, čímž dojde k plné rotaci. Poté klikneme na „Dokončit“.



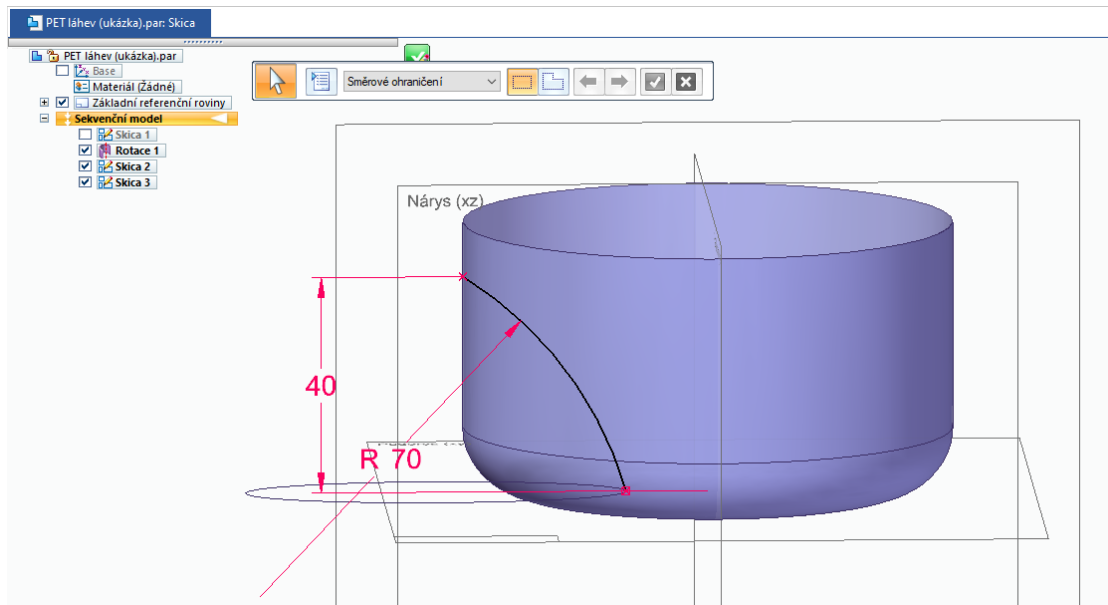
Obrázek 45: Rotace 1

Vytvoříme si novou skicu 2, která leží shodně s půdorysnou (xy). Nakreslíme si elipsu podle obrázku níže a poté klikneme na „Zavřít skicu“ a následně „Dokončit“.



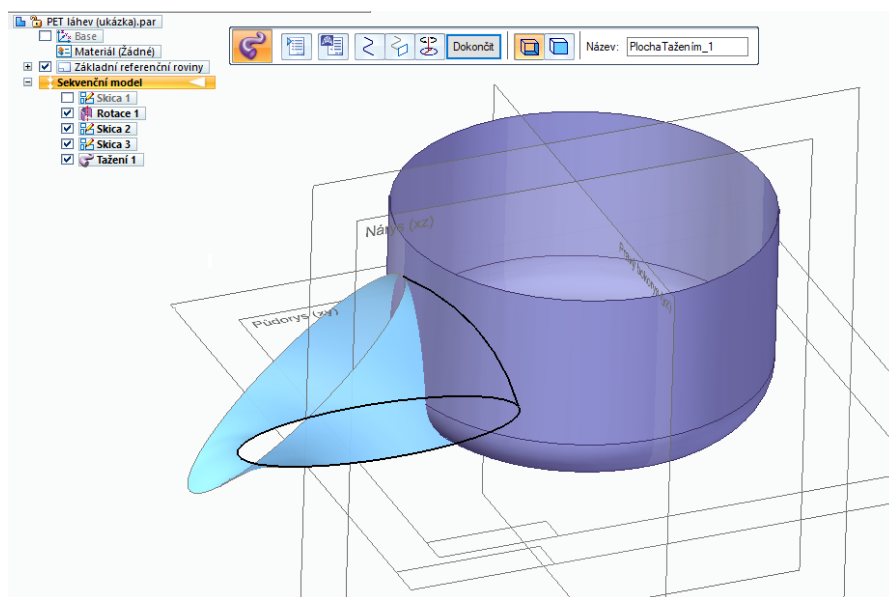
Obrázek 46: Skica 2

Vytvoříme si další skicu 3, která leží shodně s nárysnou (xz). Nakreslíme si křivku podle obrázku níže a pak zavřeme a dokončíme skicu.



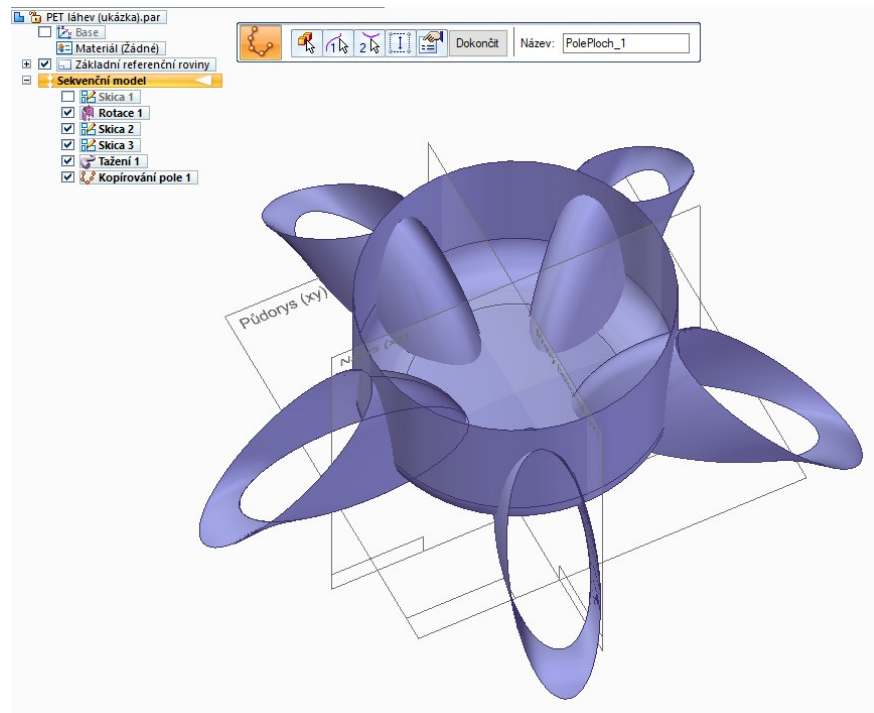
Obrázek 47: Skica 3

Nyní, když máme dvě na sebe kolmé skici, použijeme funkci „Tažení“. Jako trajektorii zvolíme křivku nakreslenou ve skici 3 a průřez zvolíme jako elipsu ze skici 2.



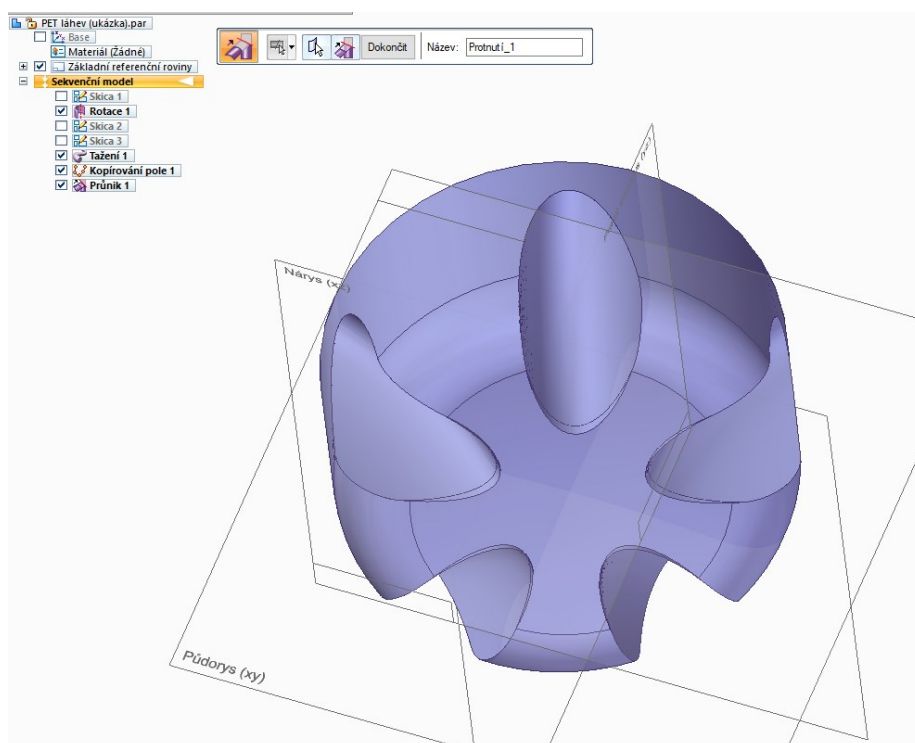
Obrázek 48: Tažení 1

V dalším kroku vytvoříme kruhové pole pěti elementů kliknutím na šipku u příkazu „Pole“ na pásu karet a poté zvolíme příkaz „Podél křivky“. U výběru křivky pro kruhové pole zvolíme horní kruhovou hranu plochy „Rotace 1“. Následně potvrdíme kotvicí bod a směr pole. U kroku rozteče zadáme počet „5“. Poté klikneme na „Další“, „Náhled“ a „Dokončit“.



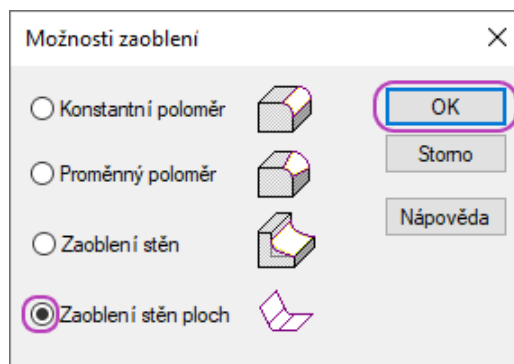
Obrázek 49: Kopírování pole 1

Nyní je nutné nadbytečné plochy oříznout. K tomu použijeme příkaz „Průsečnice“. U kroku výběru klikneme na plochy „Rotace 1“, „Tažení 1“ a „Kopírování pole 1“ a v druhém kroku vybereme plochy, které chceme oříznout. V tomto případě se jedná o všechny plochy, které vyčnívají ven od plochy „Rotace 1“.

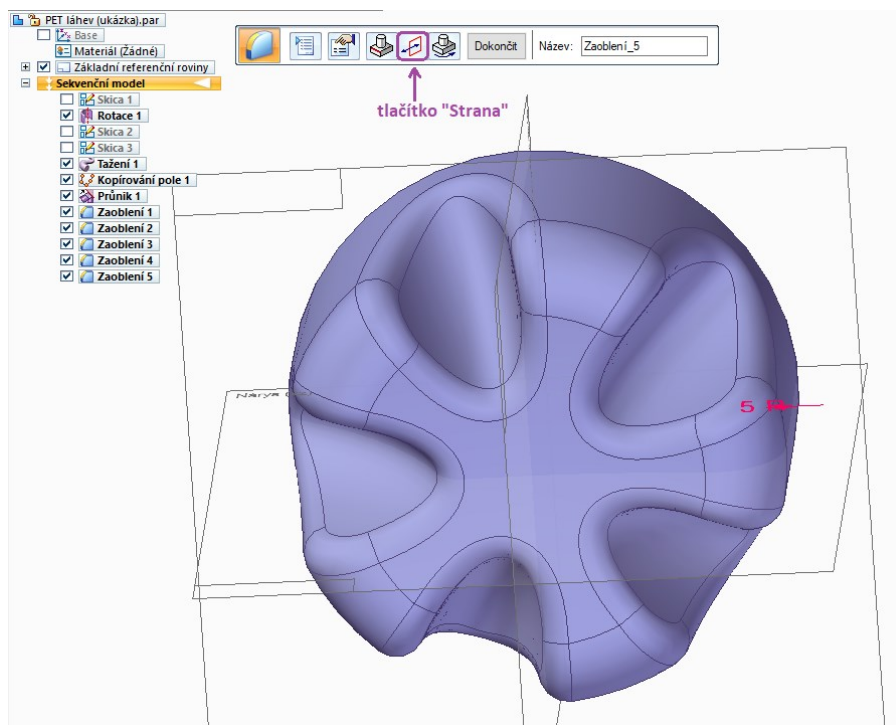


Obrázek 50: Průnik 1

Na závěr vytváření dna láhve zaoblíme všechny plochy rádiusem 5 mm, čímž dojde i k automatickému sešití navzájem souvisejících ploch. K úspěšnému výběru plochy pro zaoblění je nutné přepnout nastavení v „Možnosti zaoblění“ na „Zaoblění stěn ploch“ podle obrázku níže. Výběr hran přes výchozí nastavení „Konstantní poloměr“ nelze provést, protože plochy nejsou sešité. Tento postup je nutné zopakovat pro všech pět zaoblění. Zaoblění provedeme kliknutím na obě plochy a poté je nutné zvolit správný směr zaoblění (změnu směru zaoblění lze provést tlačítkem „Strana“). V tomto případě se jedná vždy o plochu „Rotace 1“ a jako druhá plocha je postupně v jednotlivém kroku zvolena „Tažení 1“ a čtyři plochy „Kopírování pole 1“ pro každé pět zaoblění.



Obrázek 51: Možnosti zaoblění



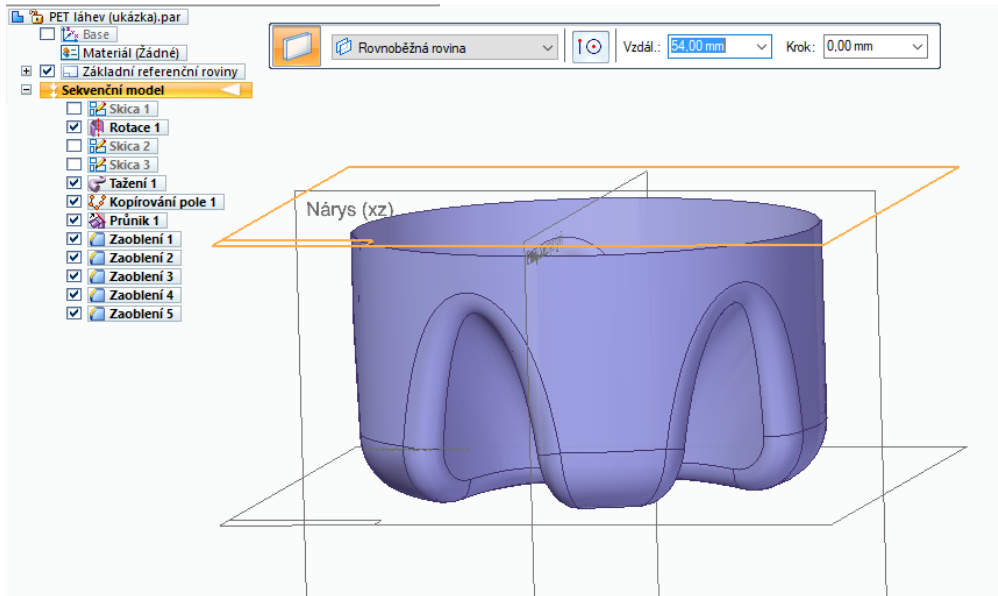
Obrázek 52: Zaoblění 1, 2, 3, 4 a 5

Nyní je modelování dna láhve dokončeno.

8.2 Modelování střední části láhve

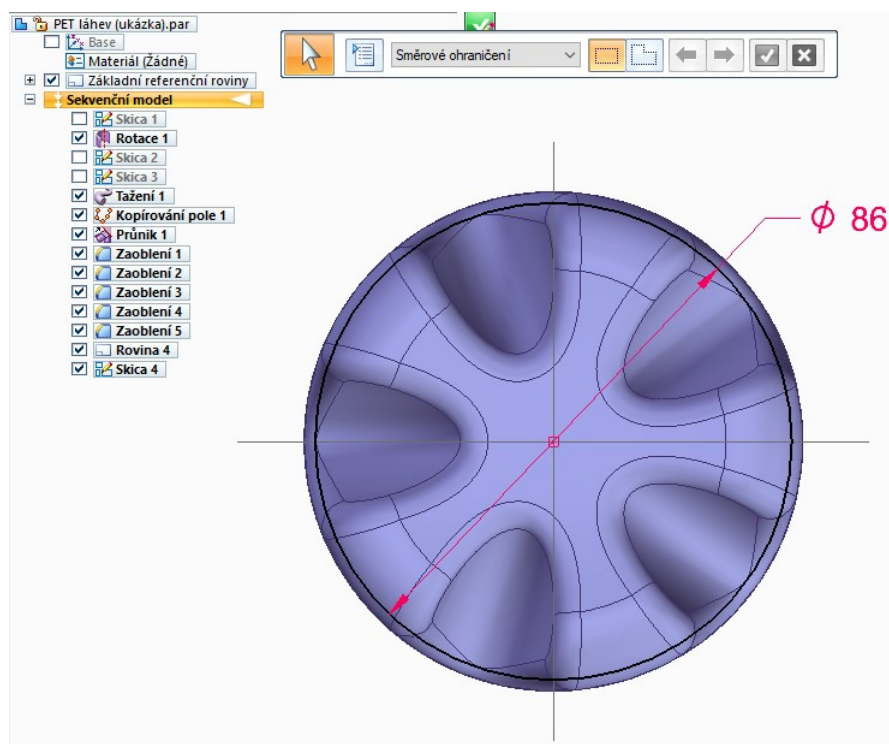
V této části vytvoříme střední část láhve.

Vytvoříme si novou pracovní rovinu 4, která je rovnoběžná s půdorysnou (xy) ve vzdálenosti 54 mm (kliknutím na tlačítko „Další roviny“ a poté „Rovnoběžně“).



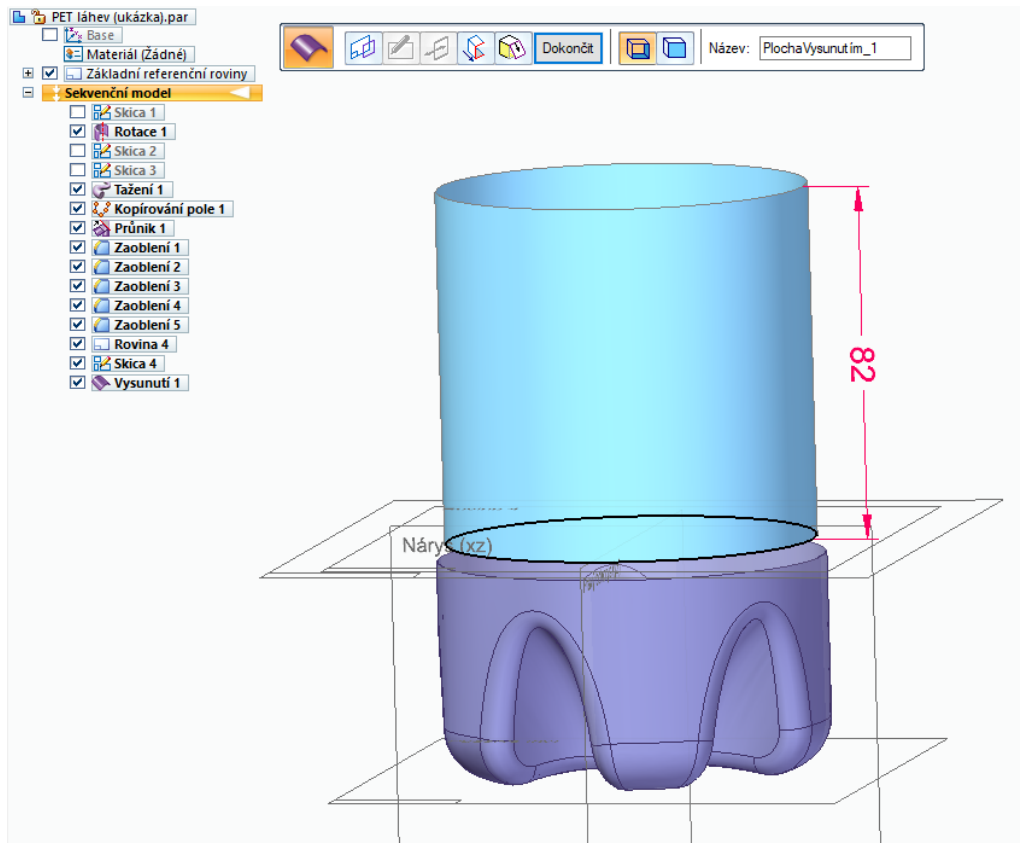
Obrázek 53: Rovina 4

Na rovině 4 vytvoříme novou skicu 4, ve které nakreslíme kruh o průměru 86 mm.



Obrázek 54: Skica 4

Nyní zadáme příkaz „Vysunutí“ a vytáhneme plochu od kruhové křivky ze skici 4 do délky 82 mm podle obrázku. Vysunutou plochu necháme otevřenou.



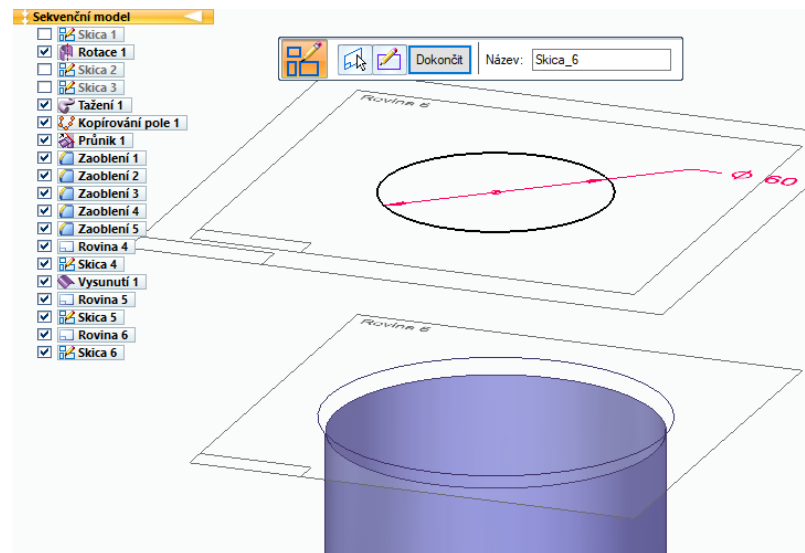
Obrázek 55: Vysunutí 1

Vytvoříme si novou pracovní rovinu 5, která je rovnoběžná s půdorysnou (xy) ve vzdálenosti 140 mm. Postupujeme podobně jako podle obrázku 53 v předchozím kroku.

Na rovině 5 vytvoříme novou skicu 5, ve které nakreslíme kruh o průměru 90 mm. Postupujeme podobně jako podle obrázku 54 v předchozím kroku.

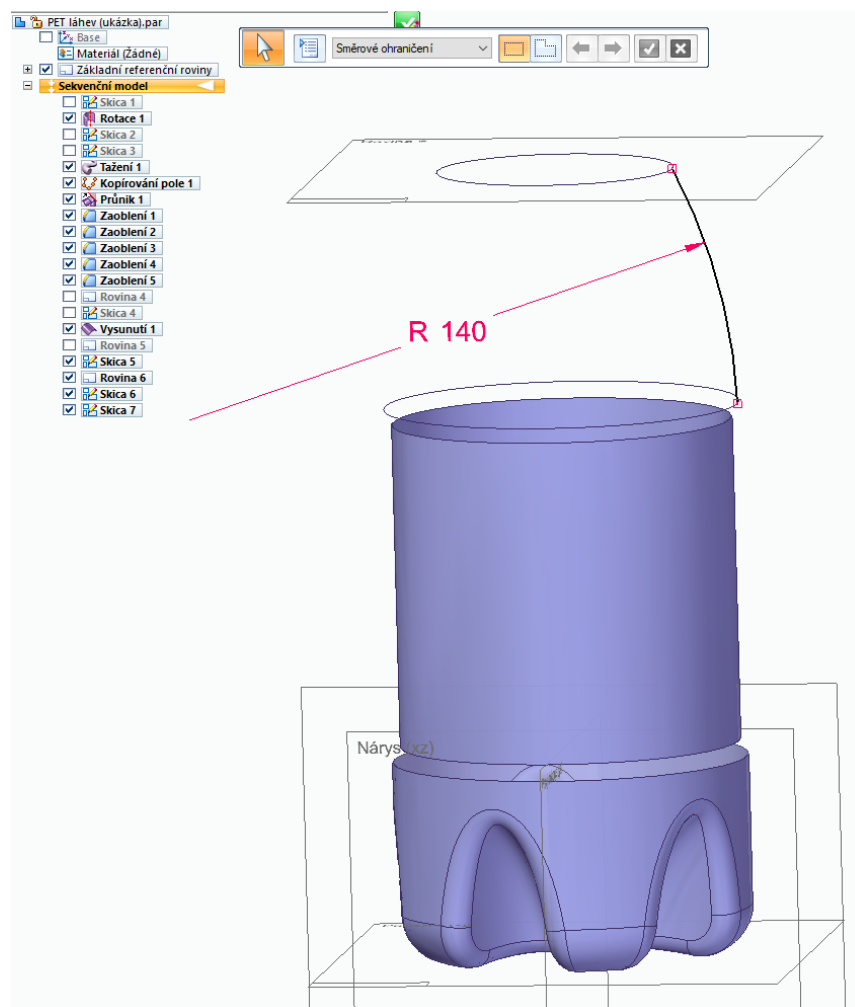
Vytvoříme si novou pracovní rovinu 6, která je rovnoběžná s půdorysnou (xy) ve vzdálenosti 200 mm. Postupujeme podobně jako podle obrázku 53 v předchozím kroku.

Na rovině 6 vytvoříme novou skicu 6, ve které nakreslíme kruh o průměru 60 mm. Postupujeme podobně jako podle obrázku 54 v předchozím kroku.



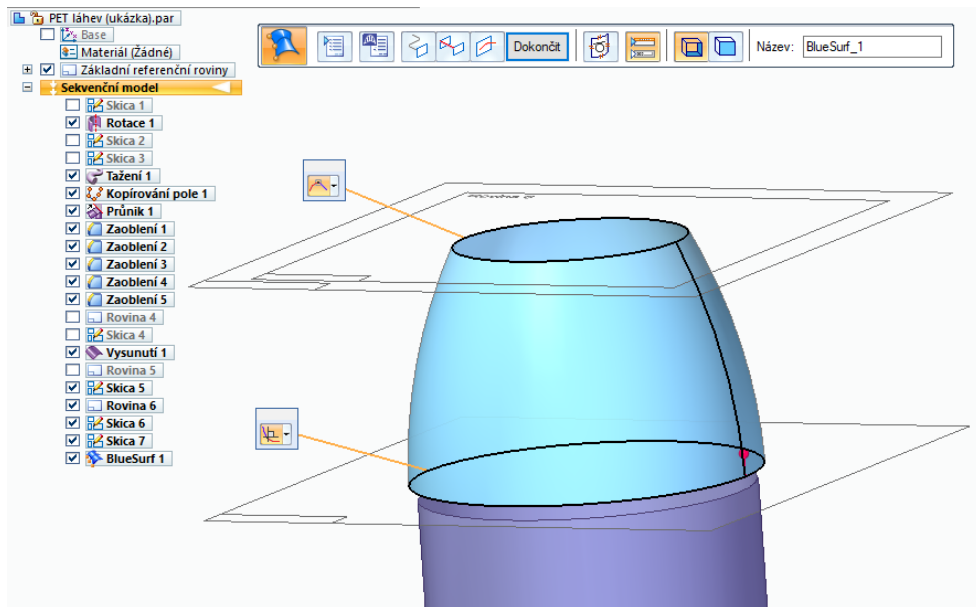
Obrázek 56: Skica 6

V nárysně (xz) vytvoříme novou skicu 7, ve které nakreslíme křivku s rádiusem 140 mm podle obrázku. Na obou koncích křivky použijeme vazbu „Připojit“ ke skici 6 a 7.



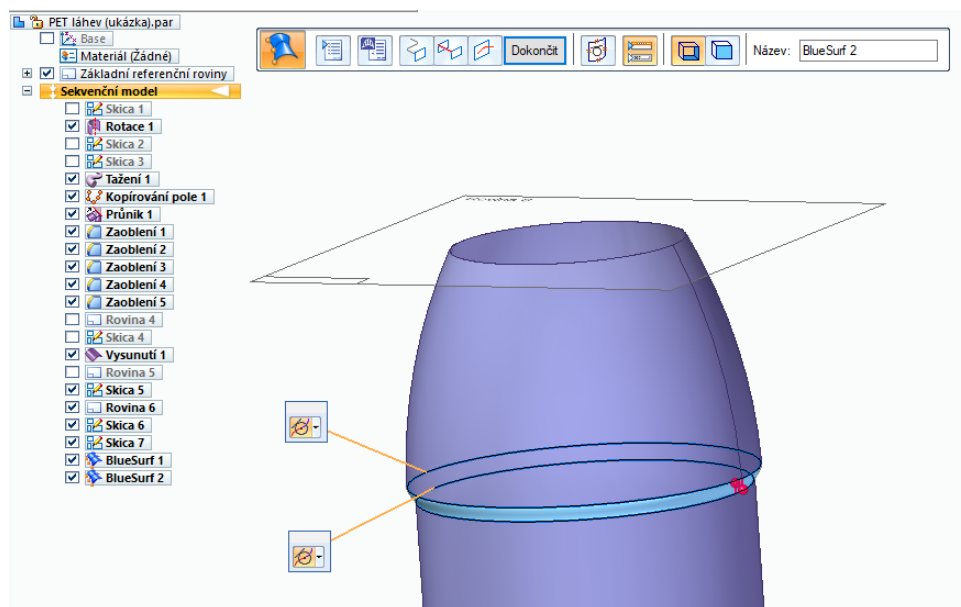
Obrázek 57: Skica 7

Nyní použijeme příkaz „BlueSurf“ pro vytvoření plochy mezi dvěma křivkami skici přes křivku trajektorie. Na liště „BlueSurf 1“ u výběru řezu klikneme na skici 5 a 6 a u výběru vodící křivky klikneme na skicu 7, čímž dojde k vytvoření plochy skrz trajektorii vodící křivky. Nastavíme tečnost plochy k další ploše. Na spodní hraně u tlačítka „Ovládání tečnosti“ místo „Přirozeně“ zvolíme „Kolmý k profilu“ a u horní hrany nastavení tečnosti zůstane zvoleno „Přirozeně“.



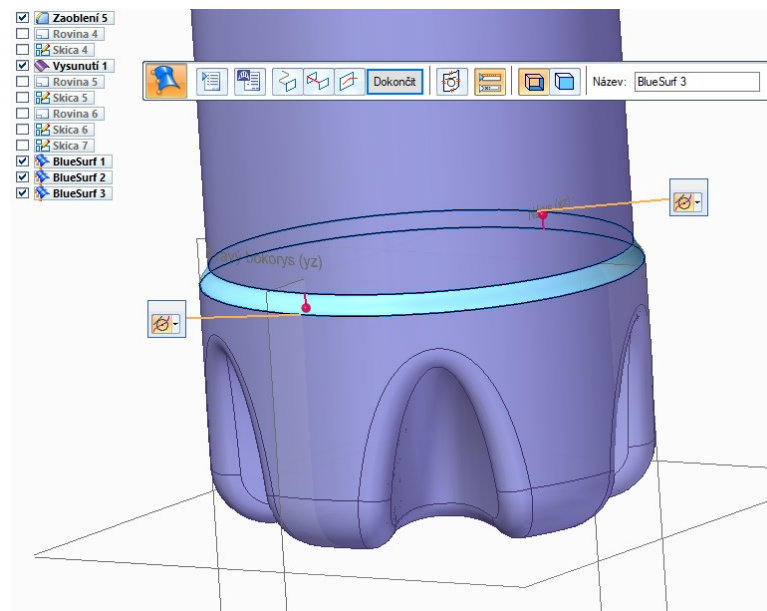
Obrázek 58: BlueSurf 1

V dalším kroku připojíme opět pomocí funkce „BlueSurf“ plochy mezi „Vysunutí 1“ a „BlueSurf 1“. V obou koncích u nastavení tečnosti zvolíme „Tečný průběžně“.



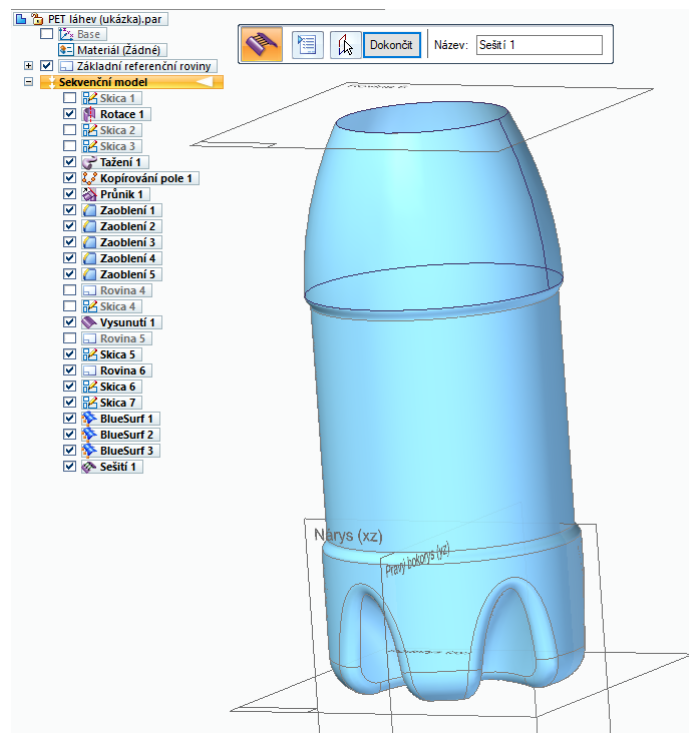
Obrázek 59: BlueSurf 2

Podobným způsobem také připojíme pomocí funkce „BlueSurf“ plochy mezi „Vysunutí 1“ a dno láhve „Zaoblení 5“. V obou koncích u nastavení tečnosti zvolíme „Tečný průběžně“.



Obrázek 60: BlueSurf 3

Na závěr vytváření střední části láhve je nutné všechny plochy spojit pomocí funkce „Sešítí“. Označíme všechny plochy a kliknutím na „Dokončit“ je spojíme.



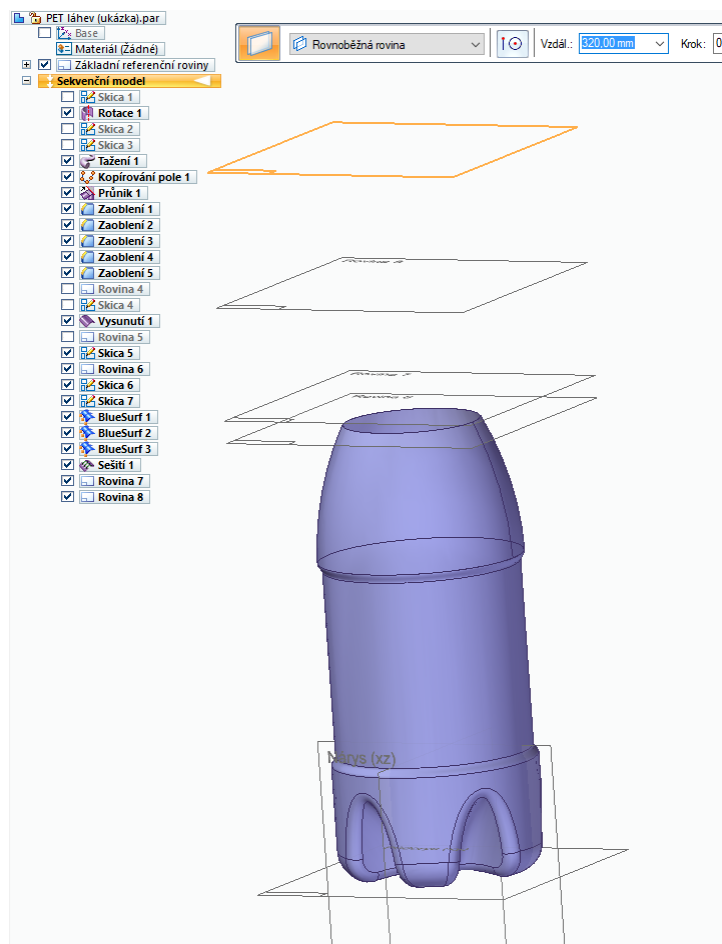
Obrázek 61: Sešítí 1

Nyní je modelování střední části láhve dokončeno.

8.3 Modelování vrchní části láhve

V této části vytvoříme vrchní část láhve.

Vytvoříme si tři nové pracovní roviny podle obrázku níže, které jsou rovnoběžné s půdorysnou (xy). Rovina 7 leží ve vzdálenosti 210 mm od půdorysny (xy), rovina 8 leží ve vzdálenosti 260 mm od půdorysny (xy) a rovina 9 leží ve vzdálenosti 320 mm od půdorysny (xy).



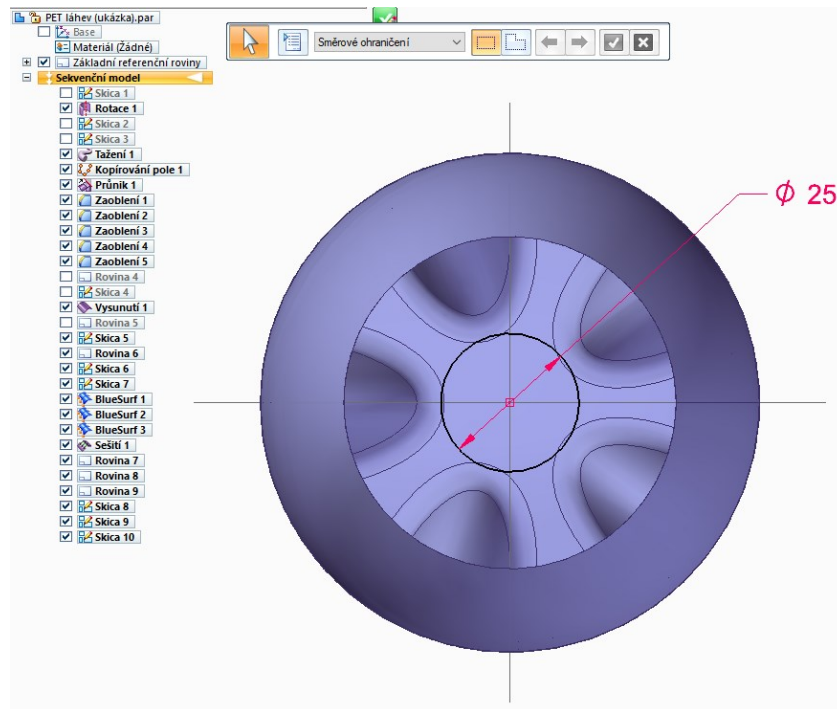
Obrázek 62: Roviny 7, 8 a 9

Na všech třech nově vytvořených pracovních rovinách vytvoříme novou skicu.

Na rovině 7 vytvoříme novou skicu 8, ve které nakreslíme kruh o průměru 60 mm. Postupujeme podobně jako podle obrázku 63.

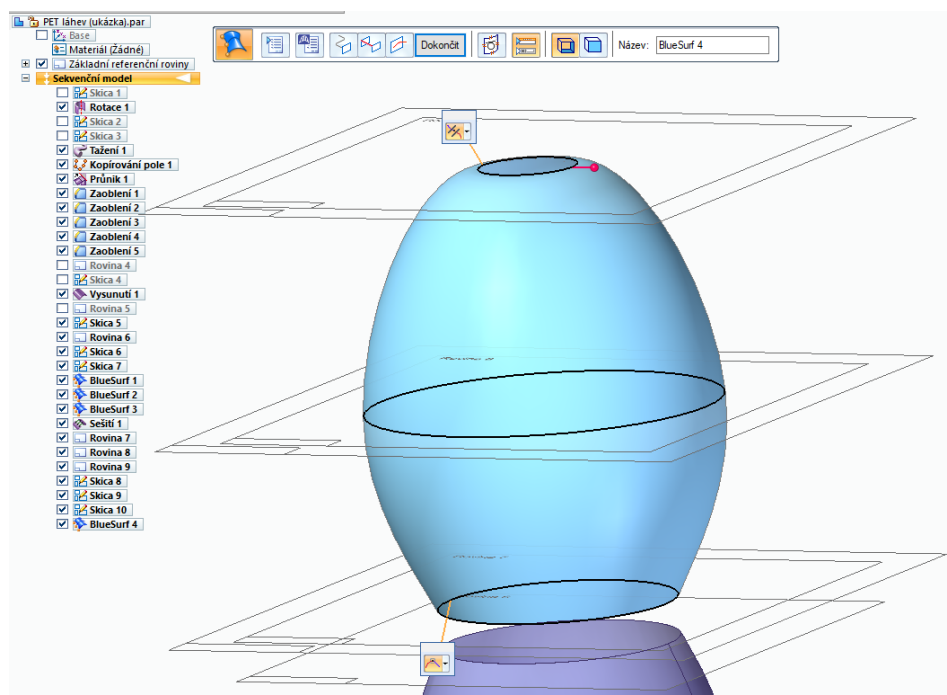
Na rovině 8 vytvoříme novou skicu 9, ve které nakreslíme kruh o průměru 90 mm. Postupujeme podobně jako podle obrázku 63.

Na rovině 9 vytvoříme novou skicu 10, ve které nakreslíme kruh o průměru 25 mm podle obrázku 63.



Obrázek 63: Skica 10

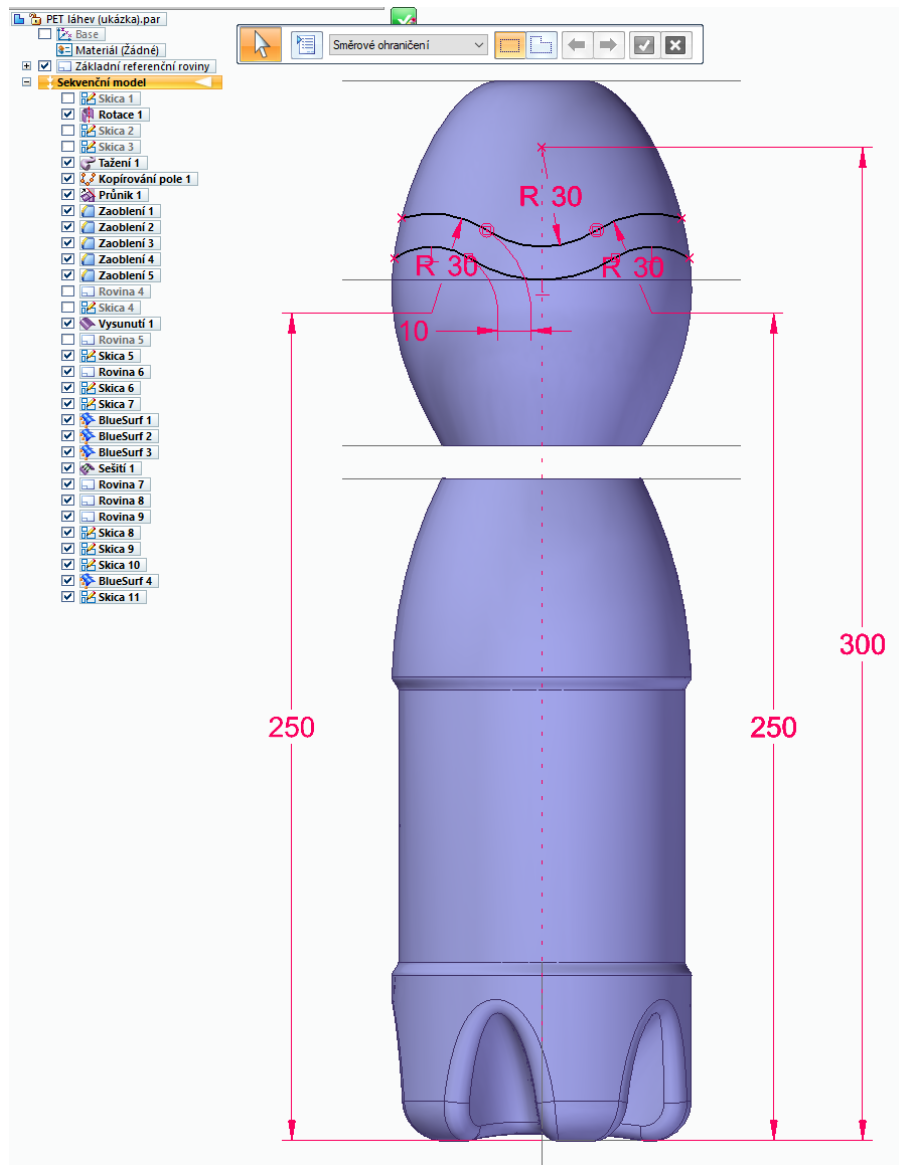
Nyní opět použijeme příkaz „BlueSurf“ pro vytvoření plochy mezi třemi křivkami skici 8, 9 a 10. Na liště „BlueSurf 4“ u výběru řezu klikneme na skici 8, 9 a 10, čímž dojde k vytvoření plochy vedoucí třemi řezy – křivkami. Nastavíme tečnost plochy k další ploše. Na horní hraně místo „Přirozeně“ zvolíme „Rovnoběžný k profilu“ a u spodní hrany nastavení tečnosti zůstane zvoleno „Přirozeně“.



Obrázek 64: BlueSurf 4

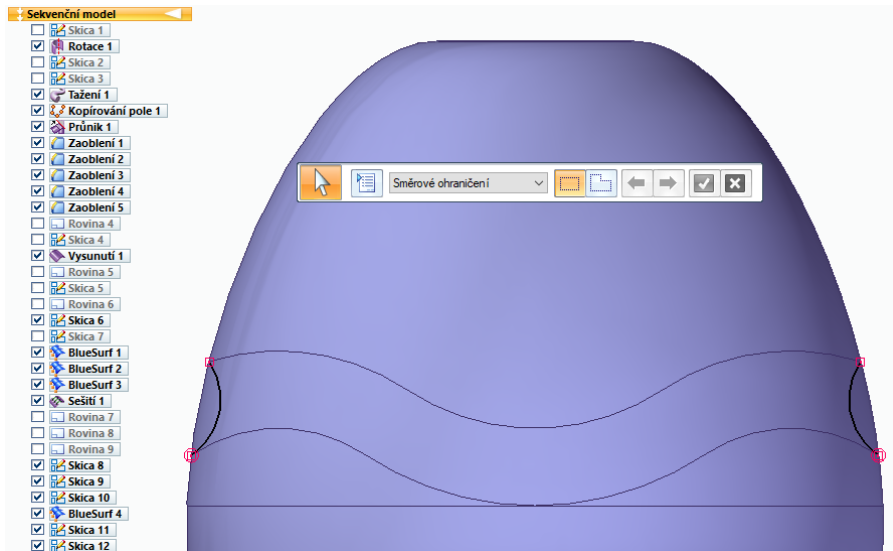
Další krokem v modelování je vytváření tvaru profilu promítnutím na plochu.

Vytvoříme si novou skicu 11, která leží shodně s nárysnou (xz). Nakreslíme si dvě křivky, které jsou odsazené pomocí příkazu „Odsazení“ ve směru dolů ve vzdálenosti 10 mm podle obrázku. Na obou koncích dvou křivek nastavíme k obrysu vytvořené plochy „BlueSurf 4“ vazbu „Připojit“. Stejnou vazbu použijeme i pro prostřední oblouk křivky k ose z a následně zavřeme a dokončíme skicu.



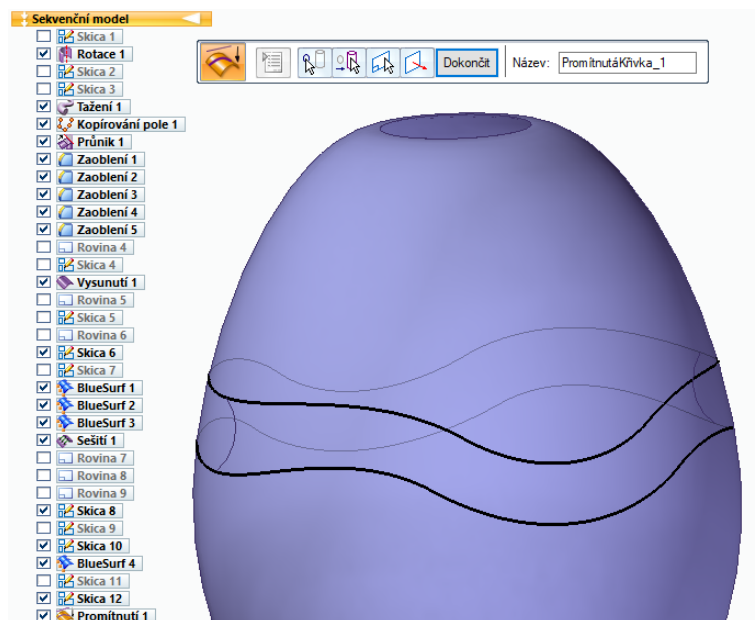
Obrázek 65: Skica 11

Nyní si vytvoříme další skicu 12, která také leží shodně s nárysnou (xz). Nakreslíme si dvě křivky podle obrázku. Oba jejich konce připojíme vazbou „Připojit“ ke konci dvou křivek ze skici 11. Na obou křivkách ještě nastavíme tečnost ke spodní křivce ze skici 11 a poté zavřeme a dokončíme skicu.



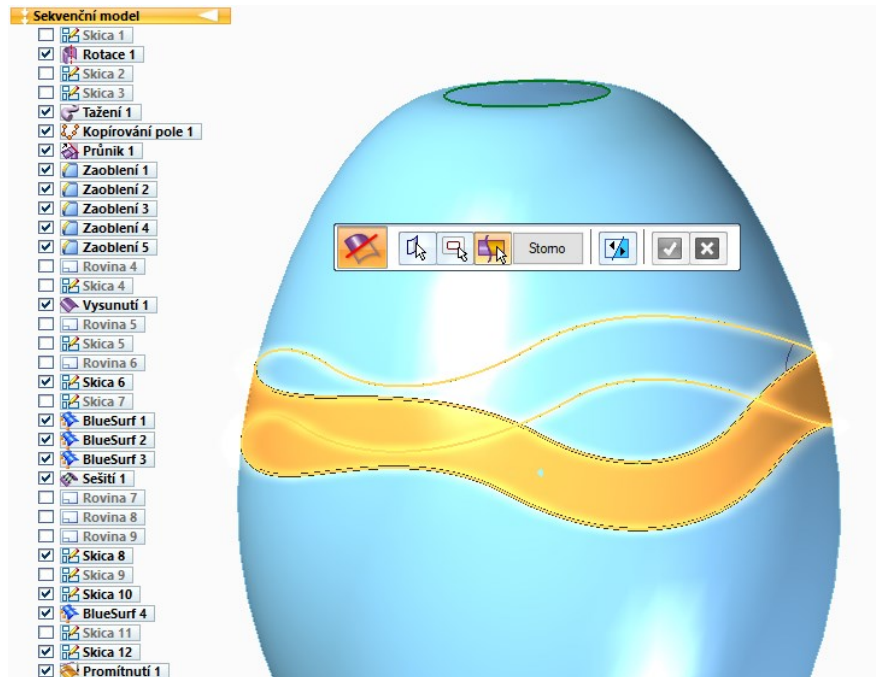
Obrázek 66: Skica 12

Nyní promítneme obě křivky ze skici 11 na plochu pomocí příkazu „Promítnutí“. Při výběru křivky vybereme dvě křivky ze skici 11, v dalším kroku vybereme plochu „BlueSurf 4“ a v posledním kroku při výběru směru klikneme na žlutou tečku šipky, aby se šipka směru promítnutí zobrazila na obě strany.

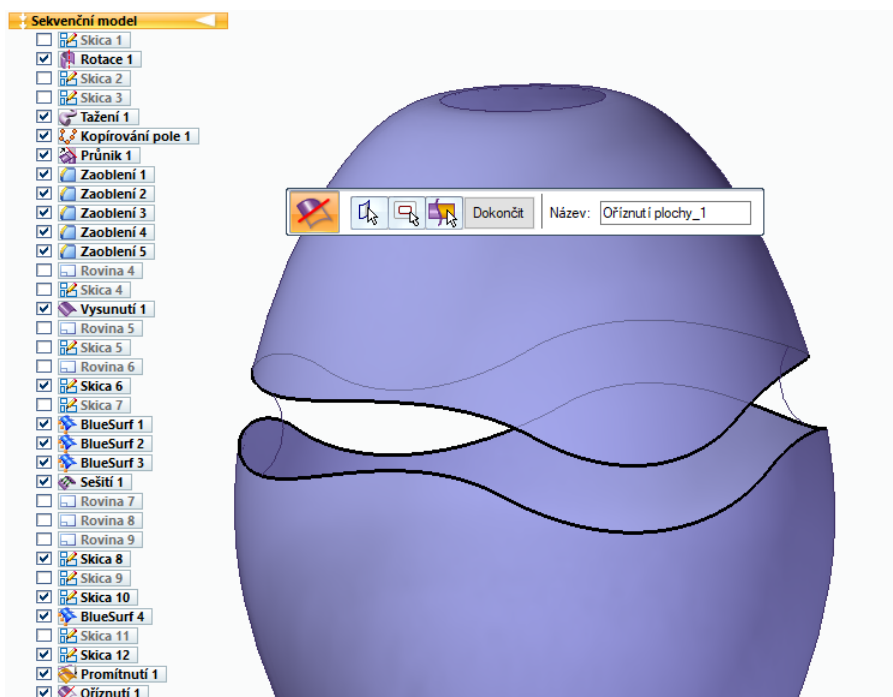


Obrázek 67: Promítnutí 1

Ořízneme plochu mezi dvěma promítnutými křivkami pomocí příkazu „Oříznout“. U výběru plochy vybereme plochu „BlueSurf 4“, u kroku výběru nástroje zvolíme dvě křivky „Promítnutí 1“ a u kroku výběru oblasti klikneme na plochu „BlueSurf 4“ mezi dvěma křivkami „Promítnutí 1“ podle obrázku níže, čímž dojde k oříznutí této části plochy.

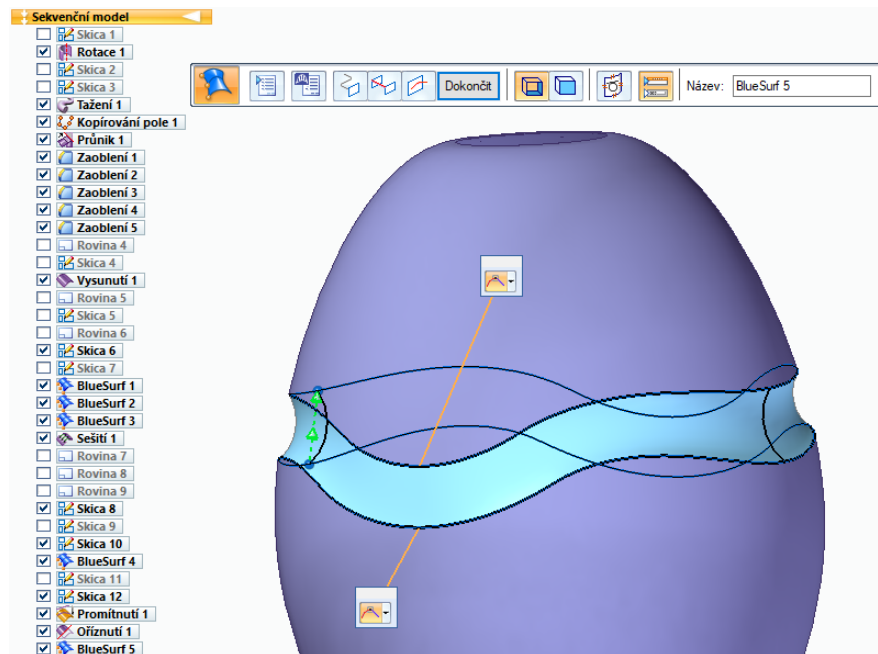


Obrázek 68: Oříznutí 1 – výběr plochy pro oříznutí



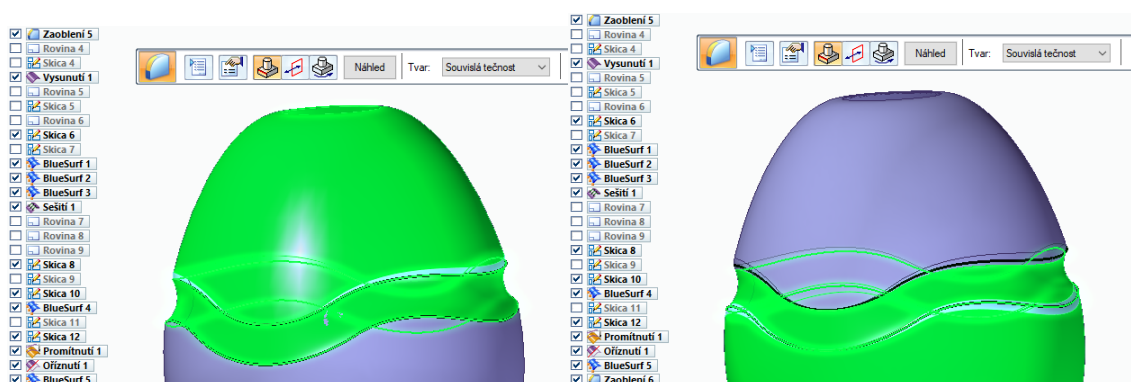
Obrázek 69: Oříznutí 1 – po provedení příkazu

Nyní použijeme příkaz „BlueSurf“ pro vytvoření plochy mezi dvěma křivkami přes trajektorie vodící křivky. U výběru řezu klikneme na dvě křivky „Promítnutí 1“ a u výběru vodící křivky klikneme na skicu 12, čímž dojde k vytvoření plochy skrz dvěma trajektorie vodící křivky. Nastavení tečnosti ploch u obou hran zůstane zvoleno „Přirozeně“.



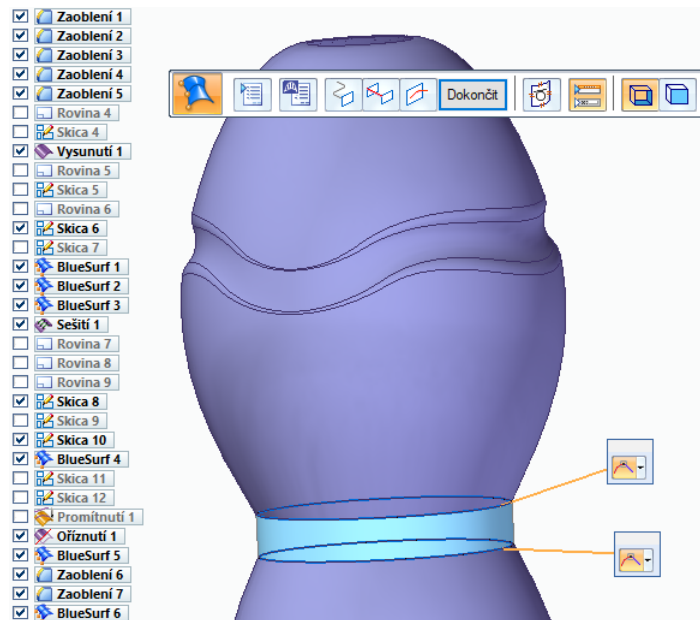
Obrázek 70: BlueSurf 5

Nově vytvořenou plochu „BlueSurf 5“ zaoblíme poloměrem 5 mm na obou stranách k ploše „BlueSurf 4“, čímž dojde i k automatickému sešití ploch vrchní části láhve. K úspěšnému výběru plochy pro zaoblění je nutné přepnout nastavení v „Možnosti zaoblění“ na „Zaoblění stěn ploch“ stejným způsobem jako při zaoblění dna láhve. Tento krok provedeme samostatně pro každá dvě zaoblění kliknutím na obě plochy a zvolením správného směru zaoblění. U prvního zaoblění se jedná o plochy „BlueSurf 5“ a horní část plochy „BlueSurf 4“ a u druhého zaoblění o plochy „BlueSurf 5“ a dolní část plochy „BlueSurf 4“.



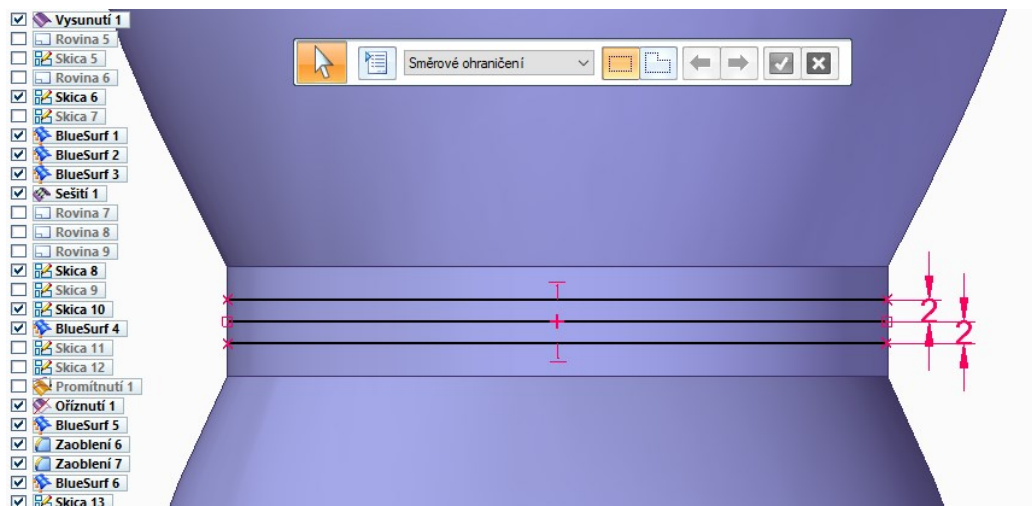
Obrázek 71: Výběr ploch pro zaoblění 6 (vlevo) a zaoblění 7 (vpravo)

V dalším kroku spojíme plochy střední části a vrchní části láhve opět pomocí příkazu „BlueSurf“. U výběru řezu klikneme na křivku ze skici 6 a 8, čímž dojde k vytvoření plochy mezi dvěma skicami. Nastavení tečnosti ploch u obou hran zůstane zvoleno „Přirozeně“.



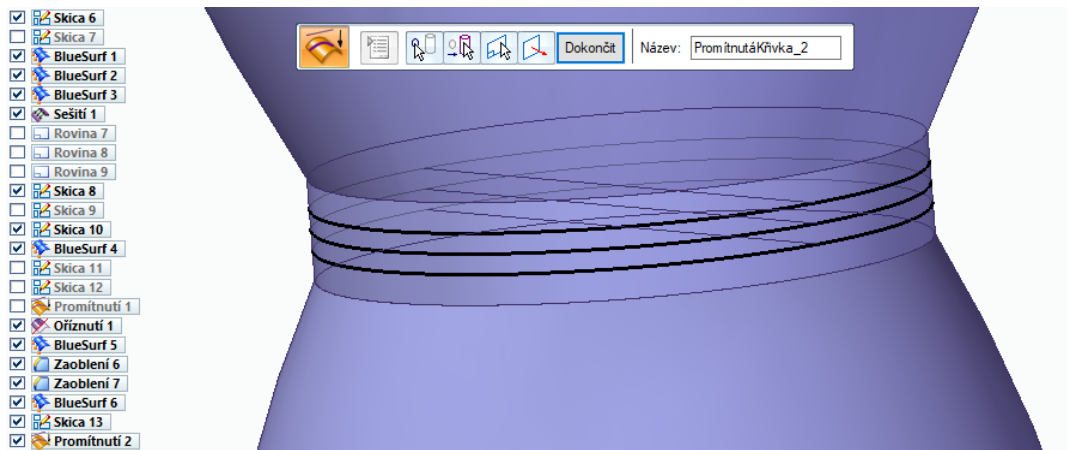
Obrázek 72: BlueSurf 6

Vytvoříme si novou skicu 13, která leží shodně s nárýsnou (xz). Nakreslíme si první křivku (prostřední na obrázku níže), jejíž počátek leží na polovině obrysu plochy „BlueSurf 6“. Poté použijeme příkaz „Odsazení“ ve skici pro odsazení zbývajících dvou křivek ve směru nahoru i dolů a zadáme vzdálenost 2 mm. Na obou koncích u všech křivek nastavíme k obrysu plochy „BlueSurf 6“ vazbu „Připojit“ a následně zavřeme a dokončíme skicu.



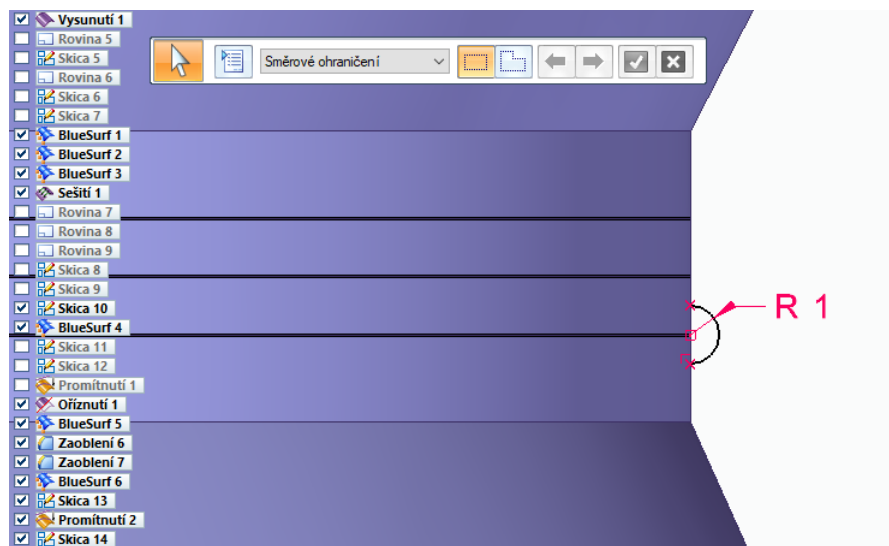
Obrázek 73: Skica 13

Nyní promítneme všechny křivky ze skici 13 na plochu pomocí příkazu „Promítnutí“. Při výběru křivky vybereme tři křivky ze skici 13, v dalším kroku vybereme plochu „BlueSurf 6“ a v posledním kroku při výběru směru klikneme na žlutou tečku šipky, aby se šipka směru promítnutí zobrazila na obě strany.



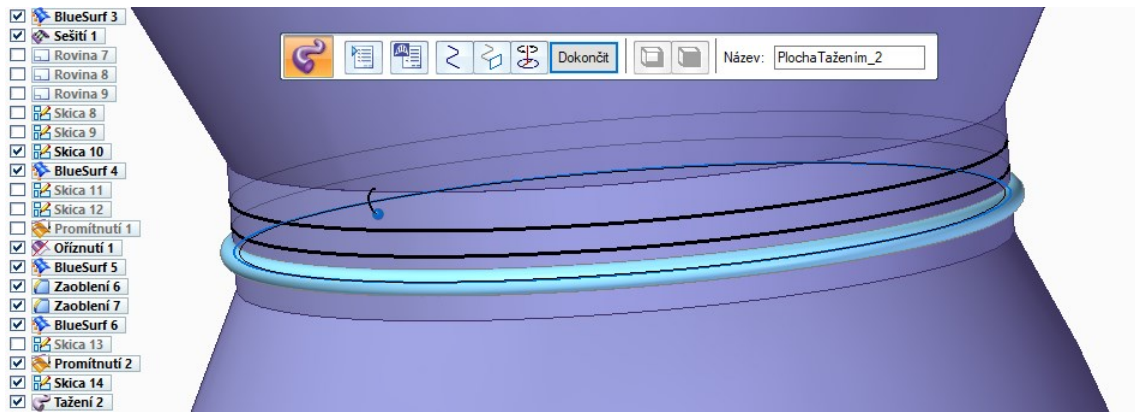
Obrázek 74: Promítnutí 2

Vytvoříme si další novou skicu 14, která leží shodně s nárysnou (xz). Nakreslíme si půlkruh s rádiusem 1 mm podle obrázku, jehož střed leží na pravém konci spodní křivky ze skici 13. Na obou koncích půlkruhu nastavíme k obrysu plochy „BlueSurf 6“ vazbu „Připojit“ a následně zavřeme a dokončíme skicu.



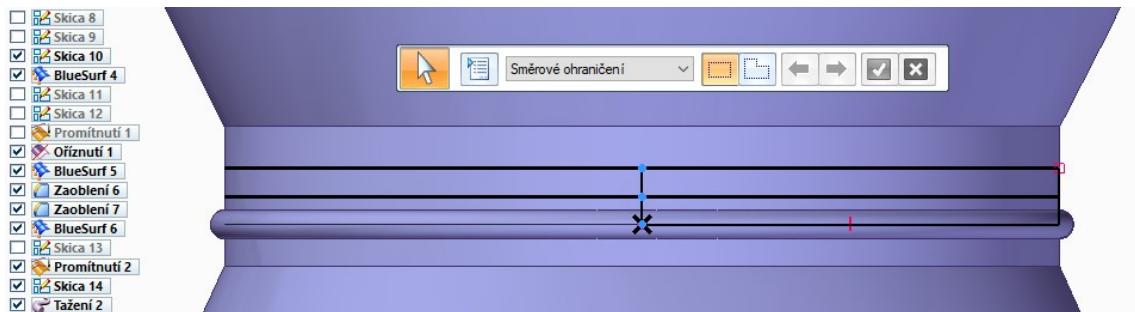
Obrázek 75: Skica 14

Nyní, když máme dvě na sebe kolmé křivky, použijeme funkci „Tažení“. Jako trajektorii zvolíme promítnutou spodní křivku „Promítnutí 2“ a průřez zvolíme jako půlkruh ze skici 14, čímž dojde k vytažení plochy po celém obvodu křivky.

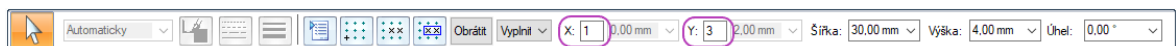


Obrázek 76: Tažení 2

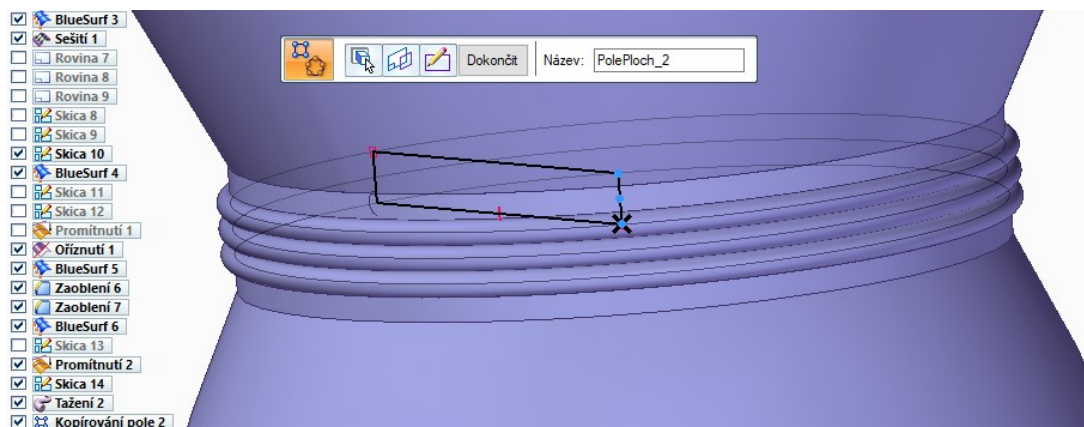
V dalším kroku vytvoříme obdélníkové pole kliknutím na příkaz „Pole“ na pásu karet. U výběru prvku zvolíme vytaženou plochu „Tažení 2“ a poté nakreslíme skicu podle obrázku níže. Zvolíme obdélníkové pole, klikneme na střed spodní křivky ze skici 13 a poté jako druhý roh obdélníku klikneme na pravý konec horní křivky ze skici 13. Do okna zadáme počet výskytů X: 1 a Y: 3 podle obrázku níže. Vytvoří se pole se dvěma elementy nahoru.



Obrázek 77: Kopírování pole 2 – kreslení ve skici

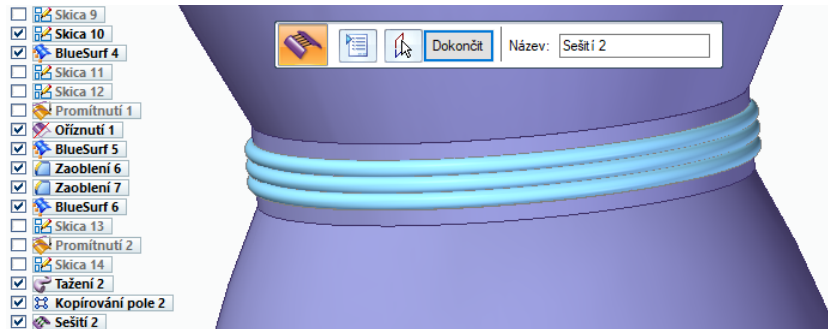


Obrázek 78: Okno ve skici, do kterého se zadá počet výskytů



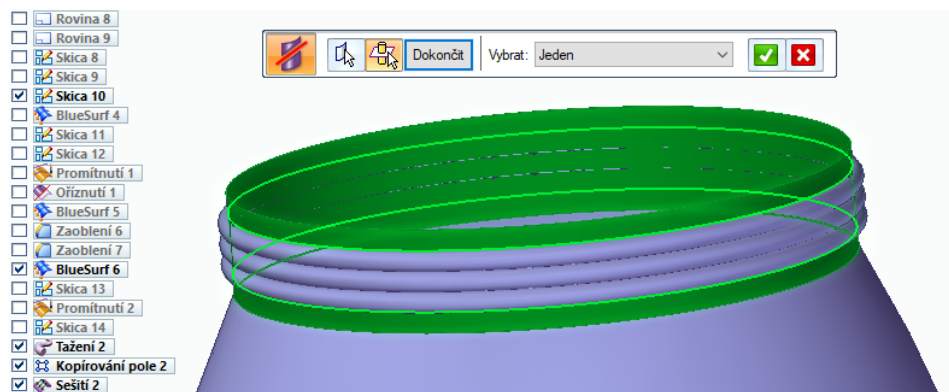
Obrázek 79: Kopírování pole 2 – po kopírování

Spojíme nově vytvořenou plochu „Kopírování pole 2“ s plochou „Tažení 2“ pomocí funkce „Sešítí“. Vybereme plochu „Tažení 2“ a dvě plochy „Kopírování pole 2“ a poté kliknutím na „Dokončit“ všechny plochy spojíme.



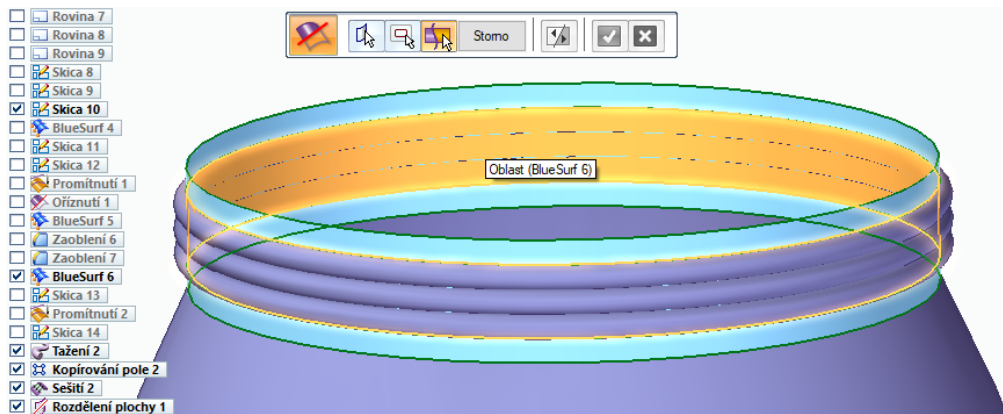
Obrázek 80: Sešítí 2

Před oříznutím je v tomto případě vhodné vzniklé plochy rozdělit pomocí funkce „Rozdělit“. Vybereme si plochu „BlueSurf 6“ a u výběru dělicí geometrie klikneme na dvě hrany plochy „Sešítí 2“ (světle zelená křivka na obrázku 81). Dojde k rozdělení plochy do tří částí. Je doporučeno skrýt zobrazení plochy „BlueSurf 5“, aby byl výběr vnitřní plochy jednodušší.

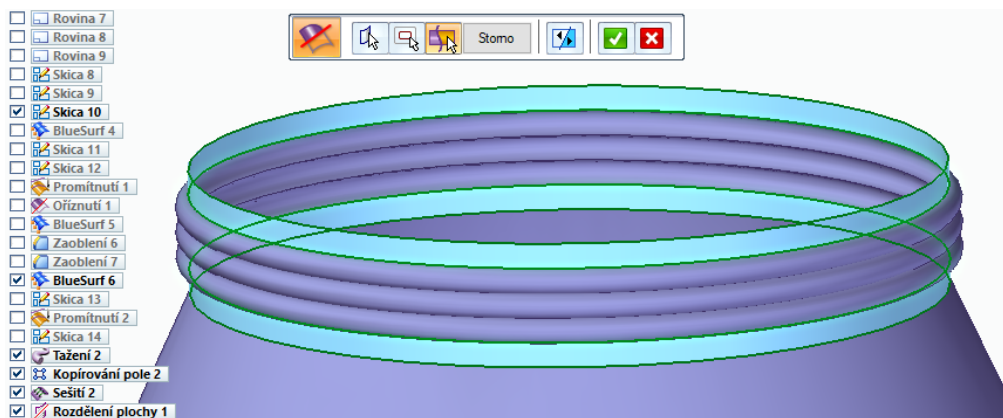


Obrázek 81: Rozdělení plochy 1

Ořízneme prostřední plochu mezi rozdělenými plochami „BlueSurf 6“ pomocí příkazu „Oříznout“. U výběru plochy vybereme plochu „BlueSurf 6“ přes „Vybrat: Těleso“, u kroku výběru nástroje klikneme na obě hrany plochy „Sešítí 2“ přes „Vybrat: Jeden“ a u kroku výběru oblasti klikneme na prostřední část rozdělené plochy „BlueSurf 6“ podle obrázku níže, čímž dojde k oříznutí prostřední části plochy (oranžové plochy na obrázku 82). Po oříznutí plochy můžeme opět zapnout zobrazení plochy „BlueSurf 5“.

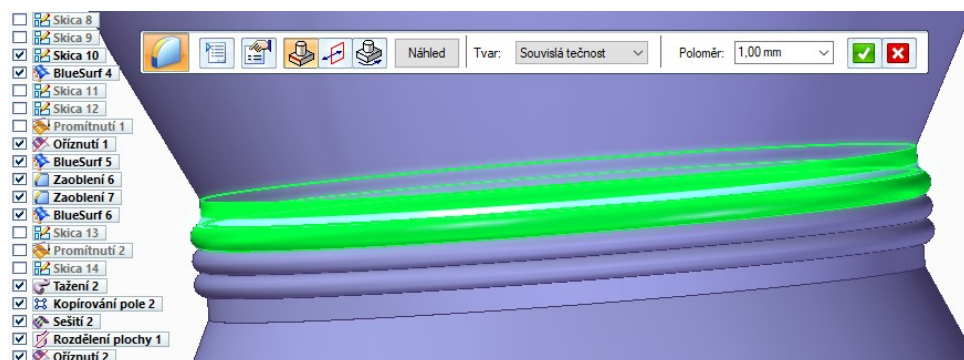


Obrázek 82: Oříznutí 2 – výběr plochy pro oříznutí

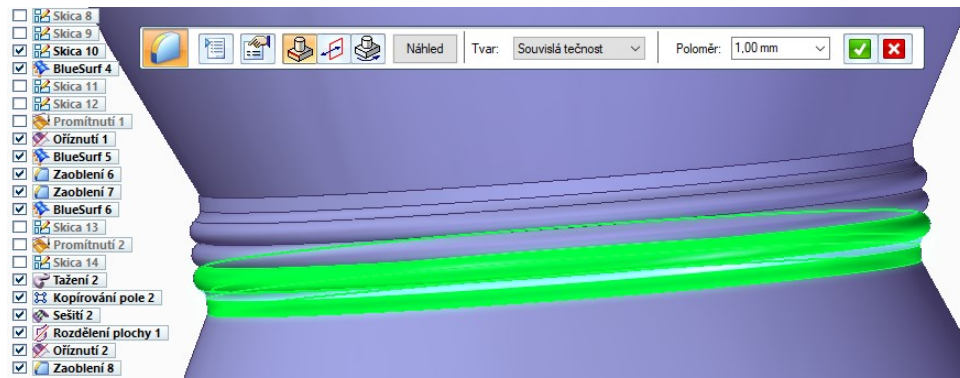


Obrázek 83: Oříznutí 2 – po provedení příkazu

Po oříznutí střední části plochy „BlueSurf 6“ zaoblíme poloměrem 1 mm na obou stranách k ploše „Sešití 2“, čímž dojde i k automatickému sešití této části plochy. Stejně jako u předchozího zaoblění je nutné pro úspěšný výběr ploch pro zaoblění přepnout nastavení v „Možnosti zaoblění“ na „Zaoblění stěn ploch“. Tento krok provedeme samostatně pro každá dvě zaoblění kliknutím na obě plochy a poté zvolením správného směru zaoblění. U prvního zaoblění se jedná o horní část plochy „BlueSurf 6“ a „Sešití 2“ a u druhého zaoblění o dolní část plochy „BlueSurf 6“ a „Sešití 2“.

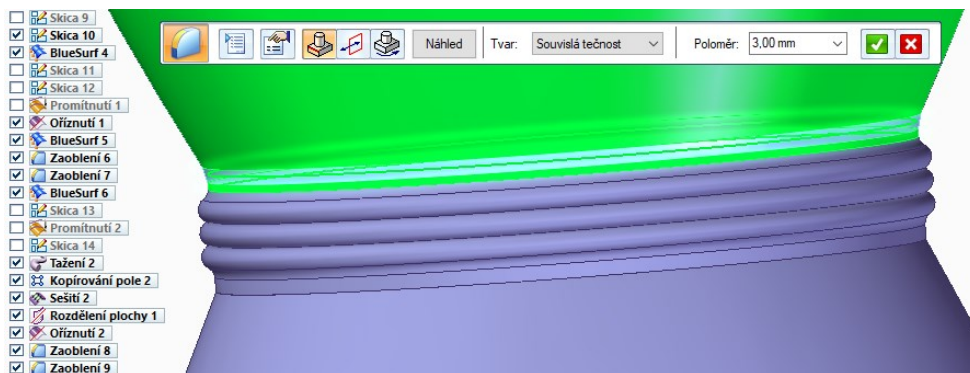


Obrázek 84: Zaoblění 8

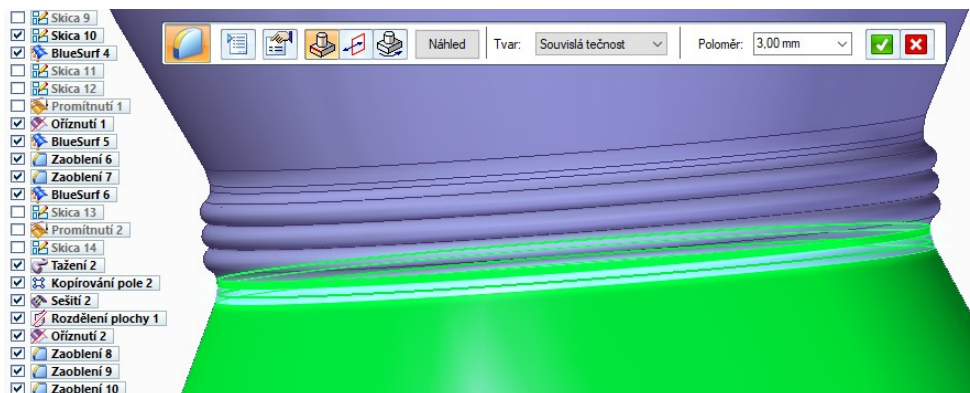


Obrázek 85: Zaoblání 9

V dalším kroku zaoblíme další plochy poloměrem 3 mm opět přes nastavení „Zaoblání stěn ploch“, konkrétně mezi dvěma plochami „Zaoblání 8“ a „BlueSurf 4“ a mezi dvěma plochami „Zaoblání 9“ a „Sešití 1“ podle obrázku. Postupujeme podobně jako u zaoblání na předchozí straně 77. Celý model bude zaobláním kompletně sešitý.

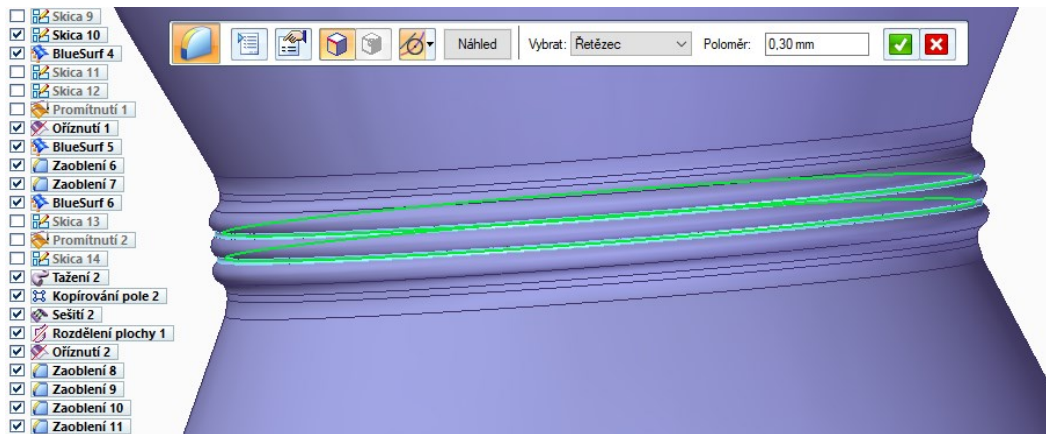


Obrázek 86: Zaoblání 10



Obrázek 87: Zaoblání 11

Na závěr vytváření vrchní části láhve zaoblíme poslední hrany, tentokrát klasicky přes „Konstantní poloměr“, protože model je již kompletně sešitý a výběr hran je v tomto případě možný. Klikneme na obě hrany „Sešití 2“ podle obrázku 88 a zaoblíme poloměrem 0,3 mm.



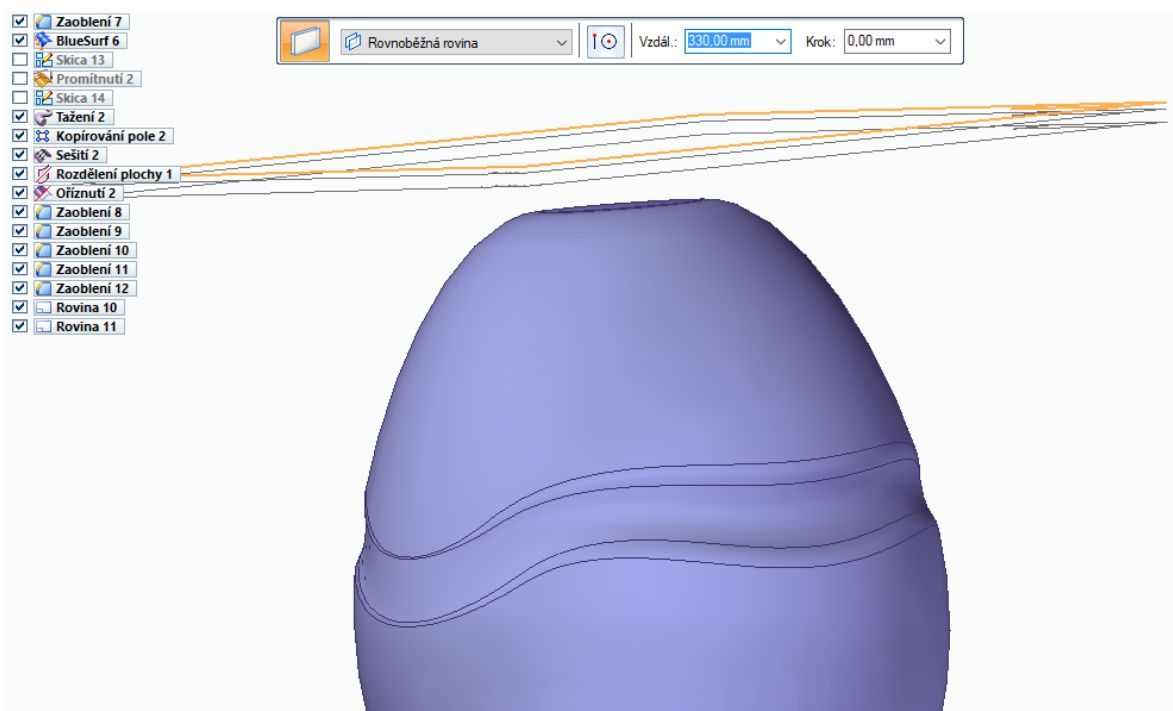
Obrázek 88: Zaoblení 12

Nyní je modelování vrchní části láhve dokončeno.

8.4 Modelování hrdla láhve

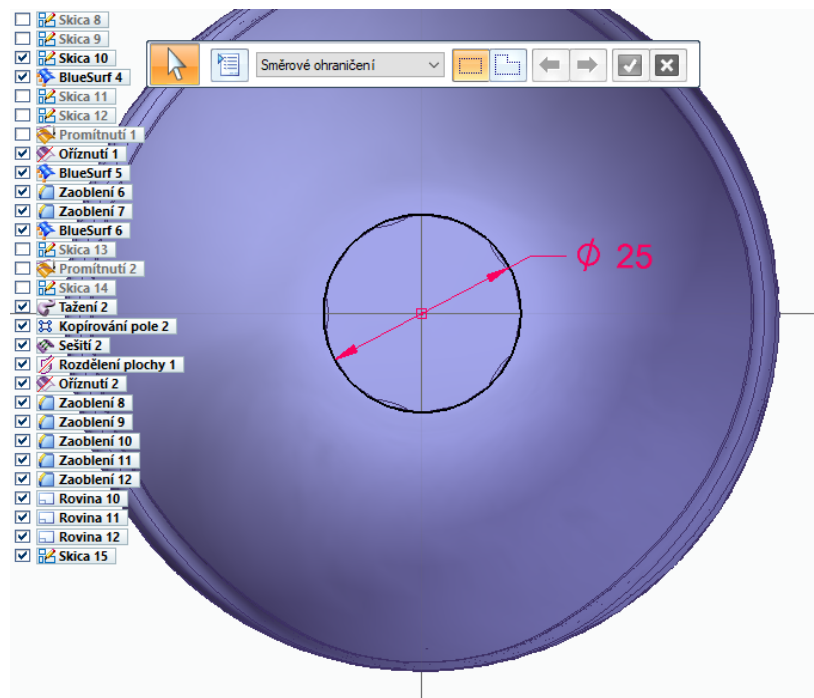
V této části vytvoříme hrdlo láhve, které obsahuje také závit na uzavření láhve.

Vytvoříme si tři nové pracovní roviny podle obrázku níže, které jsou rovnoběžné s půdorysnou (xy). Rovina 10 leží ve vzdálenosti 327 mm od půdorysny (xy), rovina 11 leží ve vzdálenosti 329 mm od půdorysny (xy) a rovina 12 leží ve vzdálenosti 330 mm od půdorysny (xy).



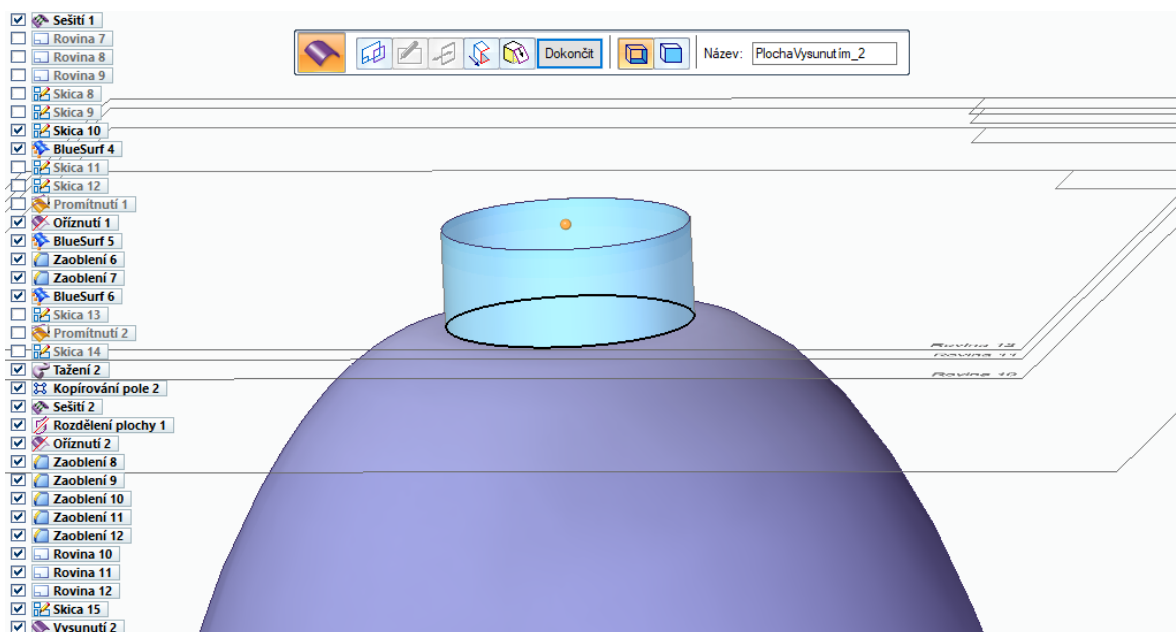
Obrázek 89: Rovina 12

Na rovině 12 vytvoříme novou skicu 15, ve které nakreslíme kruh o průměru 25 mm podle obrázku níže.



Obrázek 90: Skica 15

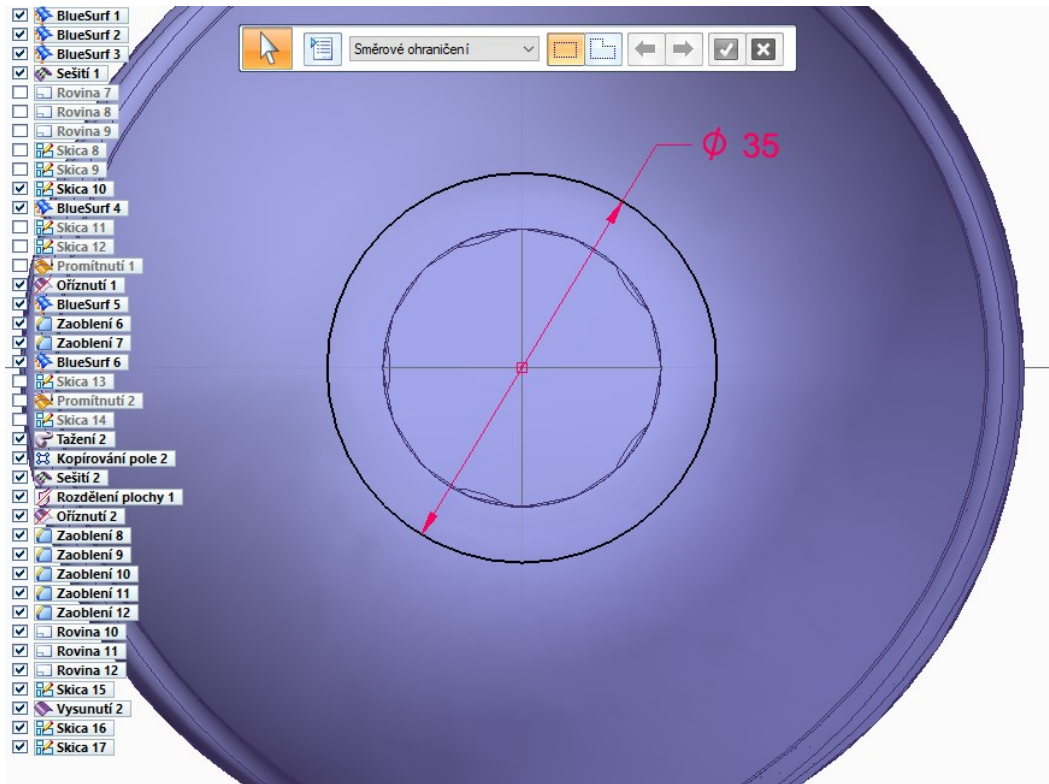
Nyní zadáme příkaz „Vysunutí“ a vytáhneme plochu od kruhové křivky ze skici 10. Jako rozsah vybereme kruhovou křivku ze skici 15. Plocha bude vytažena do vzdálenosti ke skici 15 podle obrázku níže (oranžová tečka). Vysunutou plochu necháme otevřenou.



Obrázek 91: Vysunutí 2

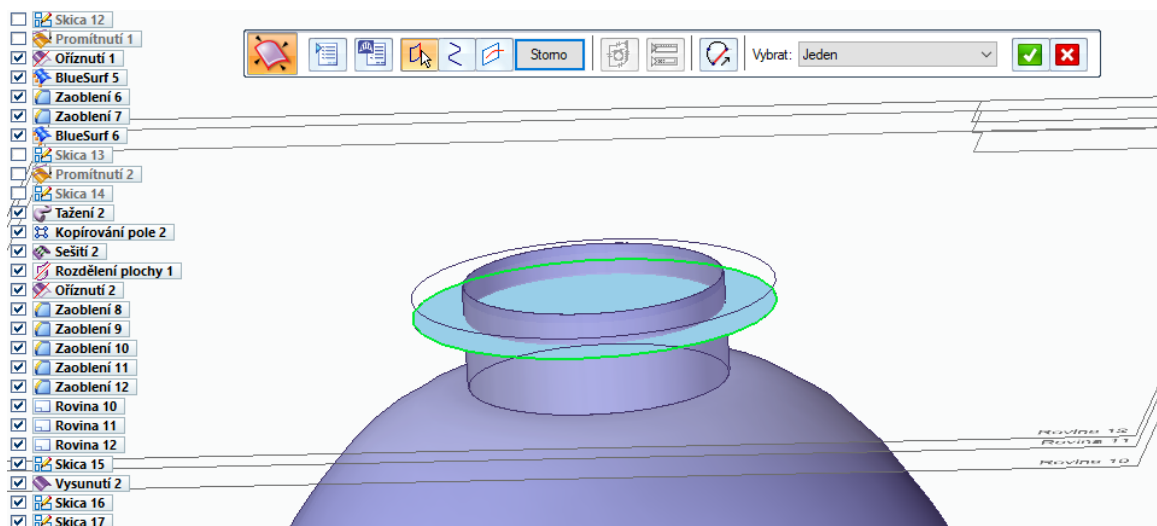
V dalším kroku na rovině 11 vytvoříme novou skicu 16, ve které nakreslíme kruh o průměru 35 mm podle obrázku níže.

Na rovině 10 vytvoříme novou skicu 17, ve které nakreslíme stejný kruh o průměru 35 mm podle obrázku níže. Postupujeme podobně jako u skici 16, akorát v jiné rovině.



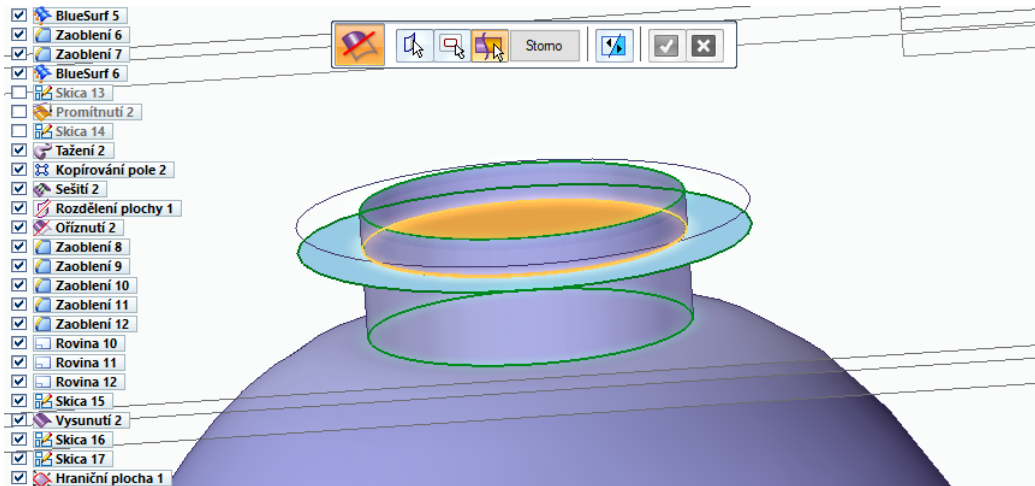
Obrázek 92: Skica 16 + 17

Nyní pomocí příkazu „Ohraničit“ vytvoříme plochu vyplněním kruhové křivky skici 17. Klikneme na křivku ze skici 17 a celá uzavřená křivka se tím vyplní.

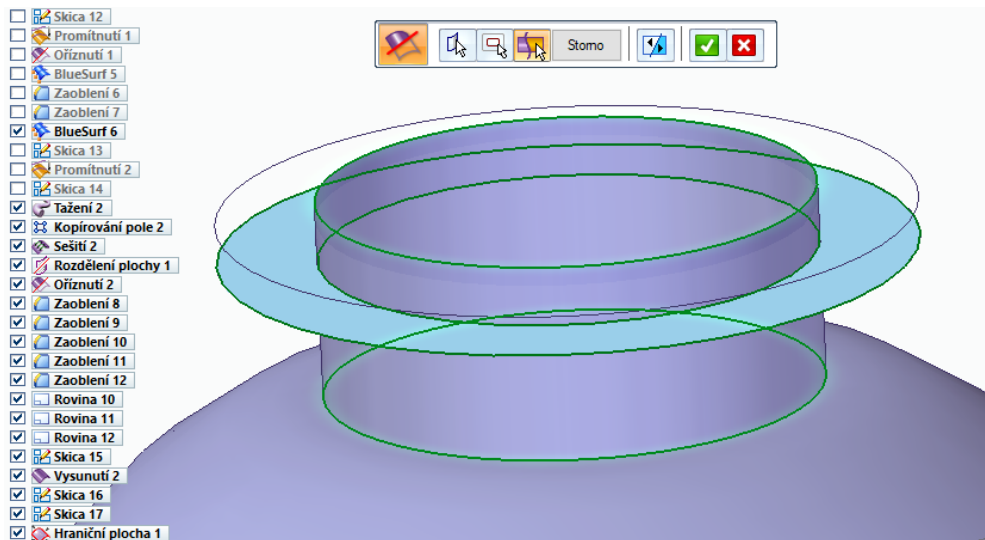


Obrázek 93: Hraniční plocha 1

Ořízneme vnitřní část plochy „Hraniční plocha 1“ pomocí příkazu „Oříznout“. U výběru plochy vybereme plochu „Hraniční plocha 1“, u kroku výběru nástroje zvolíme plochu „Vysunutí 2“ a u kroku výběru oblasti klikneme na vnitřní část plochy „Hraniční plocha 1“ podle obrázku níže, čímž dojde k oříznutí této části plochy.

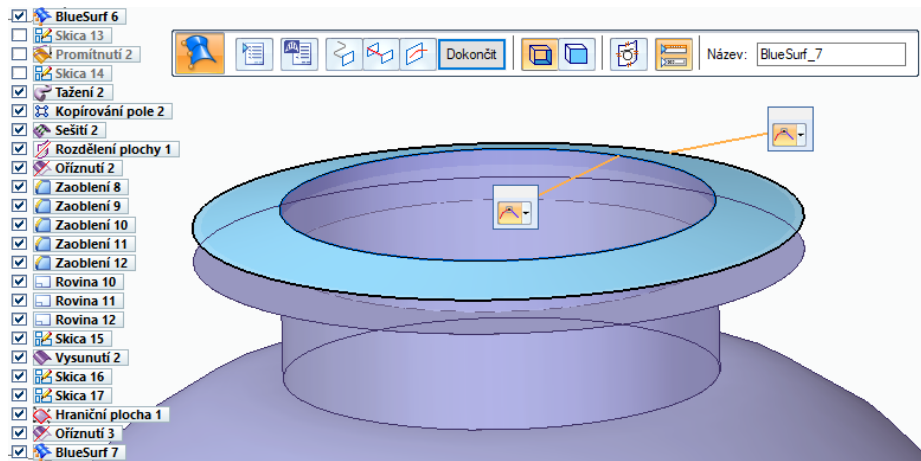


Obrázek 94: Oříznutí 3 – výběr plochy pro oříznutí



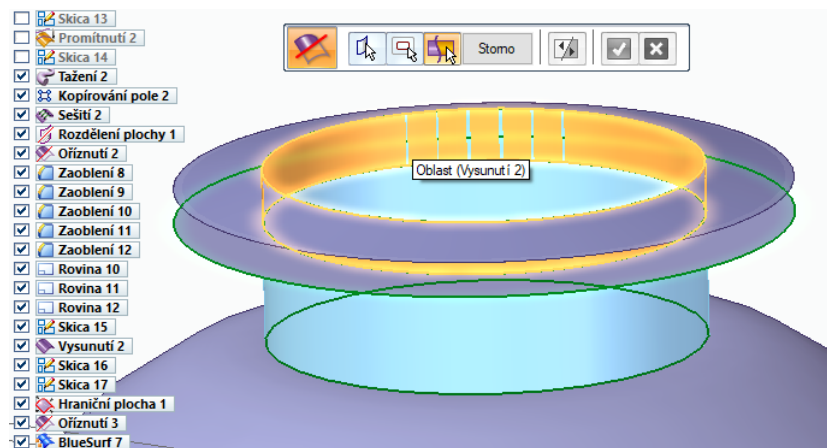
Obrázek 95: Oříznutí 3 – po provedení příkazu

Pomocí funkce „BlueSurf“ vytvoříme plochu mezi kruhovými křivkami skici 15 a skici 16. U výběru řezu klikneme na křivku ze skici 15 a skici 16. Poté kliknutím na „Další“ a „Dokončit“ provedeme příkaz a vytvoří se plocha. Nastavení tečnosti ploch u obou hran zůstane zvoleno „Přirozeně“.

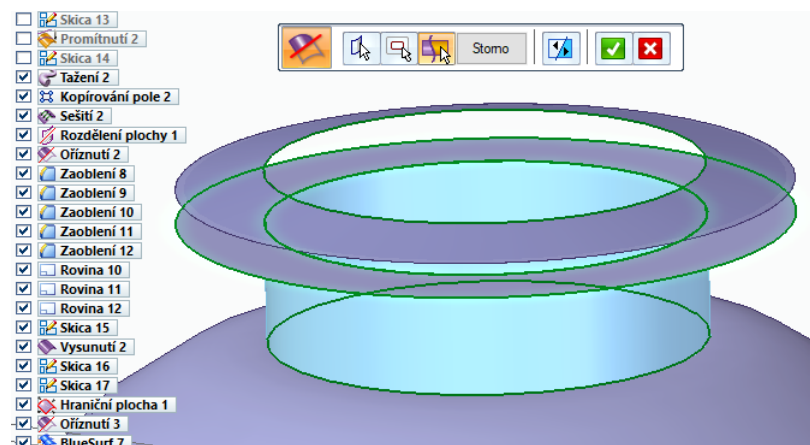


Obrázek 96: BlueSurf 7

Nyní ořízneme vrchní část plochy „Vysunutí 2“ pomocí příkazu „Oříznout“. U výběru plochy vybereme plochu „Vysunutí 2“, u kroku výběru nástroje zvolíme plochu „Hraniční plocha 1“ a u kroku výběru oblasti klikneme na vrchní část plochy „Vysunutí 2“ podle obrázku níže, čímž dojde k oříznutí této části plochy.

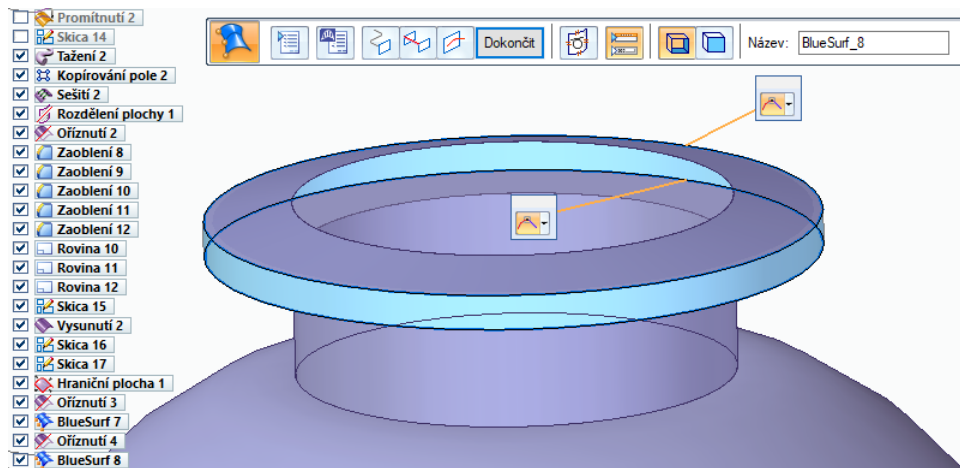


Obrázek 97: Oříznutí 4 – výběr plochy pro oříznutí



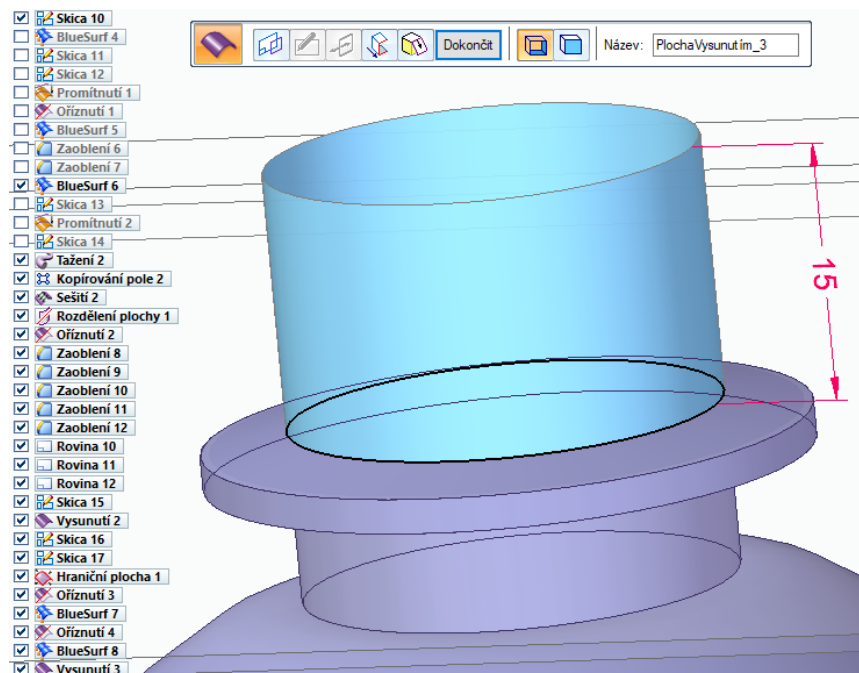
Obrázek 98: Oříznutí 4 – po provedení příkazu

V dalším kroku pomocí funkce „BlueSurf“ vytvoříme plochu mezi kruhovými křivkami skici 16 a skici 17. U výběru řezu klikneme na křivku skici 16 a skici 17. Poté kliknutím na „Další“ a „Dokončit“ provedeme příkaz a vytvoří se plocha. Nastavení tečnosti ploch u obou hran zůstane zvoleno „Přirozeně“.



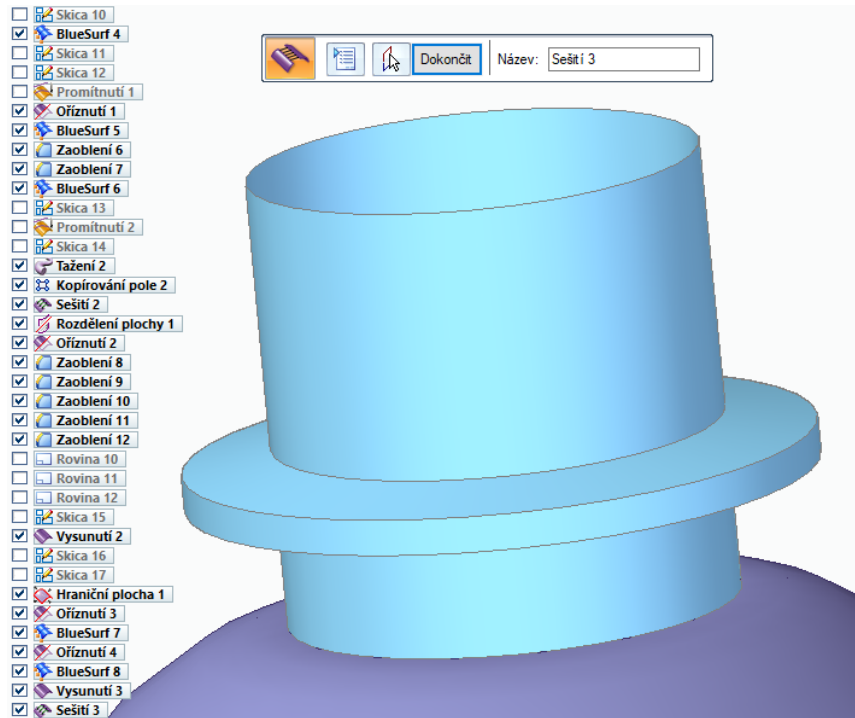
Obrázek 99: BlueSurf 8

Nyní zadáme příkaz „Vysunutí“ a vytáhneme plochu od kruhové křivky ze skici 15 do délky 15 mm podle obrázku. Vysunutou plochu necháme otevřenou.



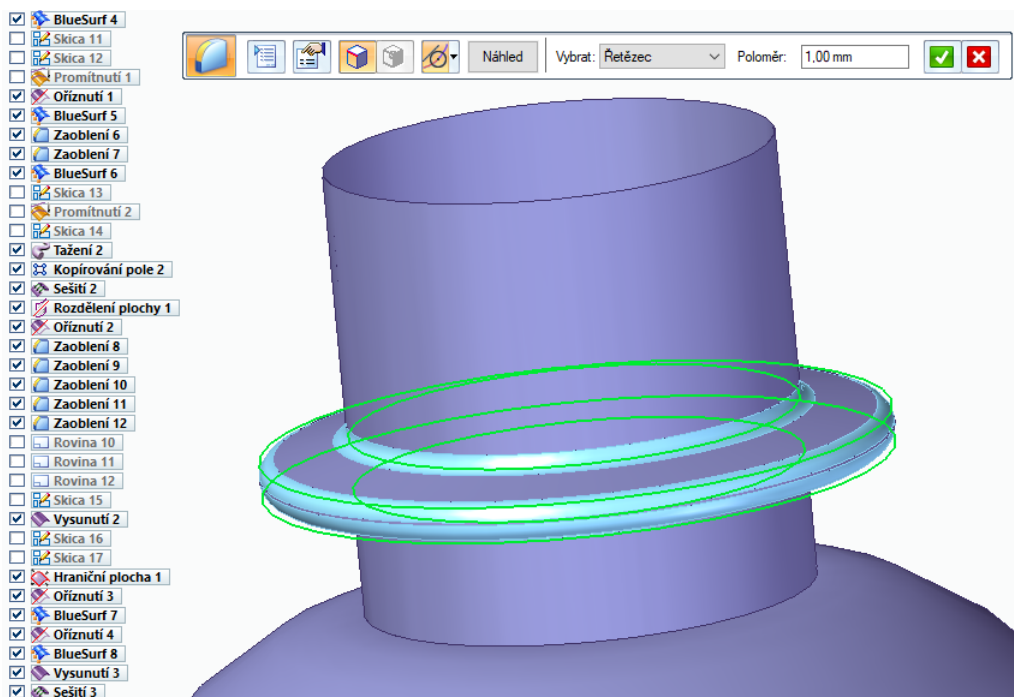
Obrázek 100: Vysunutí 3

Skryjeme zobrazení všech nakreslených skic a pomocí funkce „Sešití“ spojíme všechny plochy hrdla láhve. Po vybrání těchto ploch klikneme na „Dokončit“, čímž je spojíme.



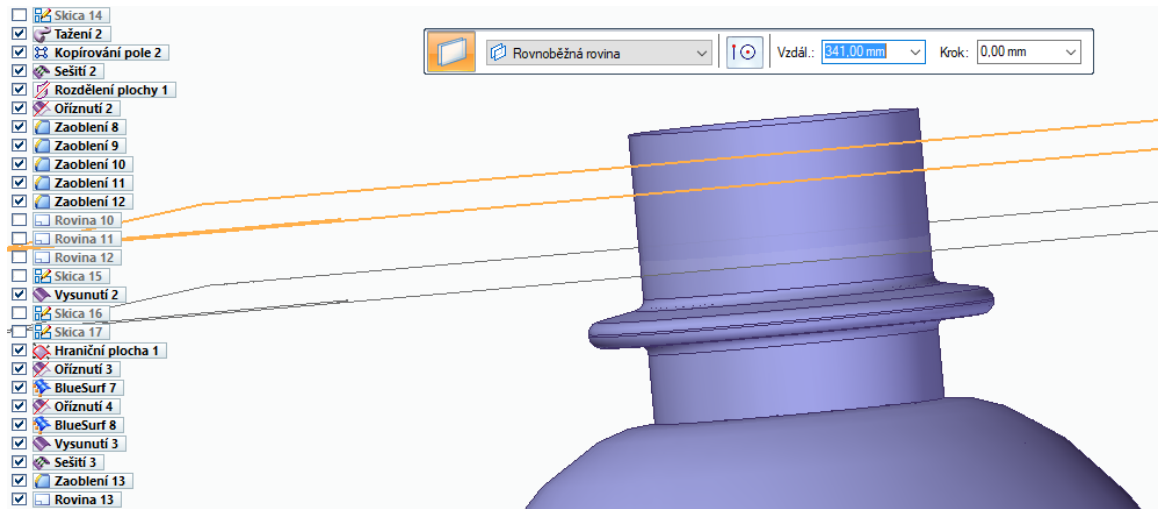
Obrázek 101: Sešití 3

Zaoblíme tři hrany pomocí příkazu „Zaoblění“, tentokrát klasicky přes „Konstantní poloměr“, protože model je již sešitý a výběr hran je v tomto případě možný. Klikneme na tři hrany plochy „Sešití 3“ podle obrázku níže a tyto hrany zaoblíme poloměrem 1 mm.



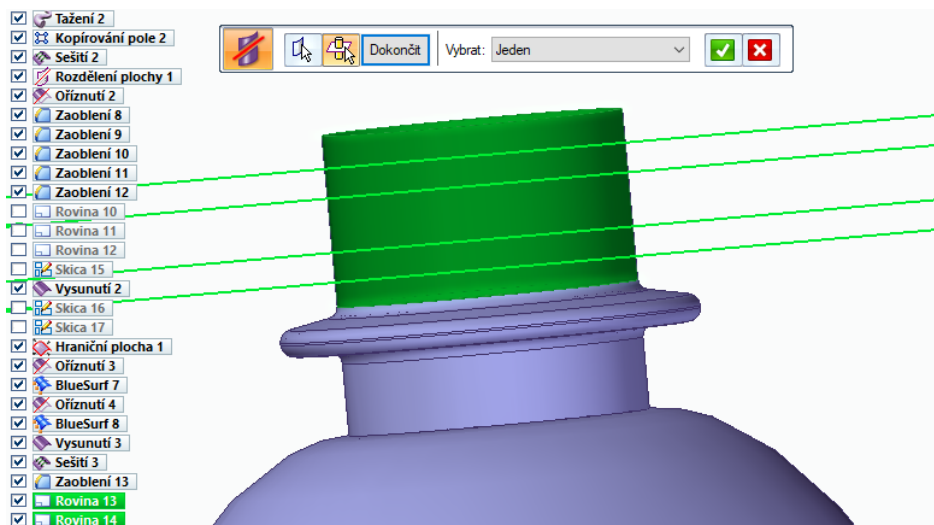
Obrázek 102: Zaoblění 13

Vytvoříme si dvě nové pracovní roviny podle obrázku níže, které jsou rovnoběžné s půdorysnou (xy). Rovina 13 leží ve vzdálenosti 334 mm od půdorysny (xy) a rovina 14 leží ve vzdálenosti 341 mm od půdorysny (xy). Tyto roviny budou sloužit pro rozdělení plochy „Vysunutí 3“ a poté pro snazší vytváření závitu.



Obrázek 103: Rovina 13 (dole) a 14 (nahore)

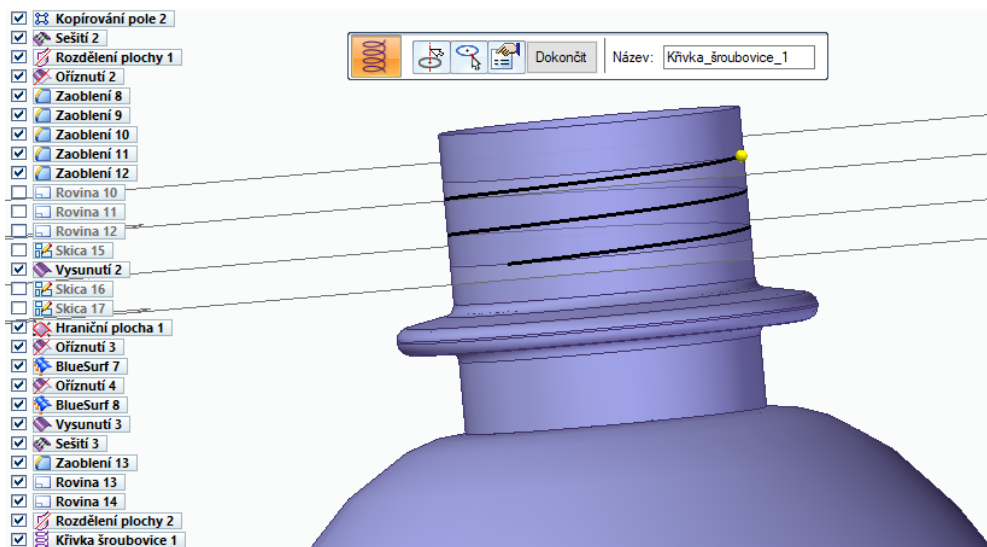
Před vytvořením závitu na hrdle láhve nejprve rozdělíme plochu „Vysunutí 3“ pomocí příkazu „Rozdělit“. Tento krok provádíme z toho důvodu, aby závit nebyl po celé této ploše. Vybereme si plochu „Vysunutí 3“ a u výběru dělicí geometrie klikneme na dvě roviny „Rovina 13“ a „Rovina 14“, čímž dojde k rozdělení této plochy do tří částí.



Obrázek 104: Rozdělení plochy 2

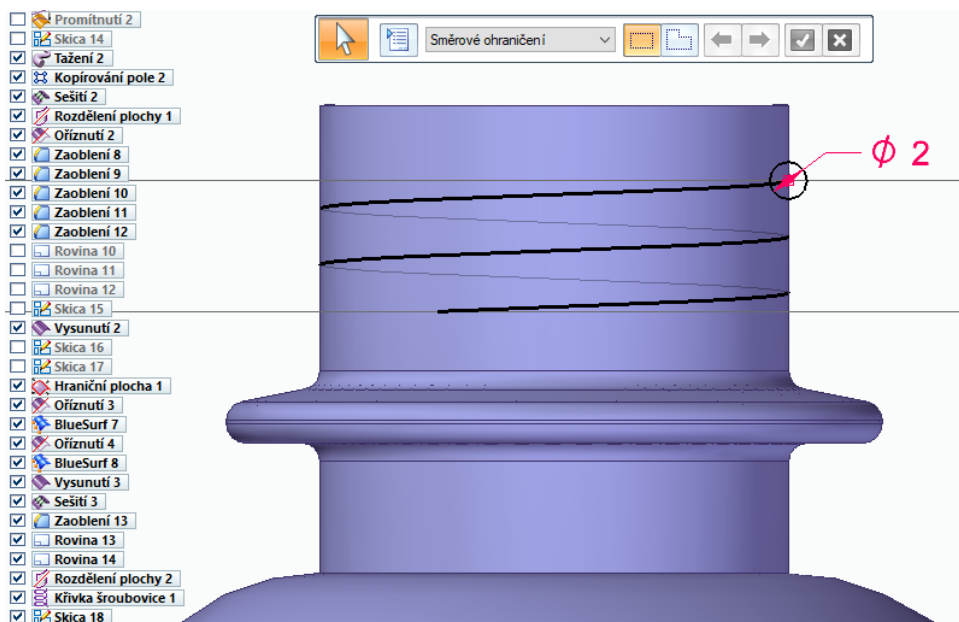
Po rozdělení plochy „Vysunutí 3“ vytvoříme křivku šroubovice pomocí příkazu „Šroubovice“, kterou aplikujeme na prostřední část rozdělené plochy „Vysunutí 3“. Klikneme na tuto plochu. Počáteční bod šroubovice leží na horní hraně prostřední části

plochy „Vysunutí 3“. V nastavení zadáme konstantní stoupání, metodu „Délka a stoupání“, pravotočivé vinutí a hodnotu stoupání 3 mm.



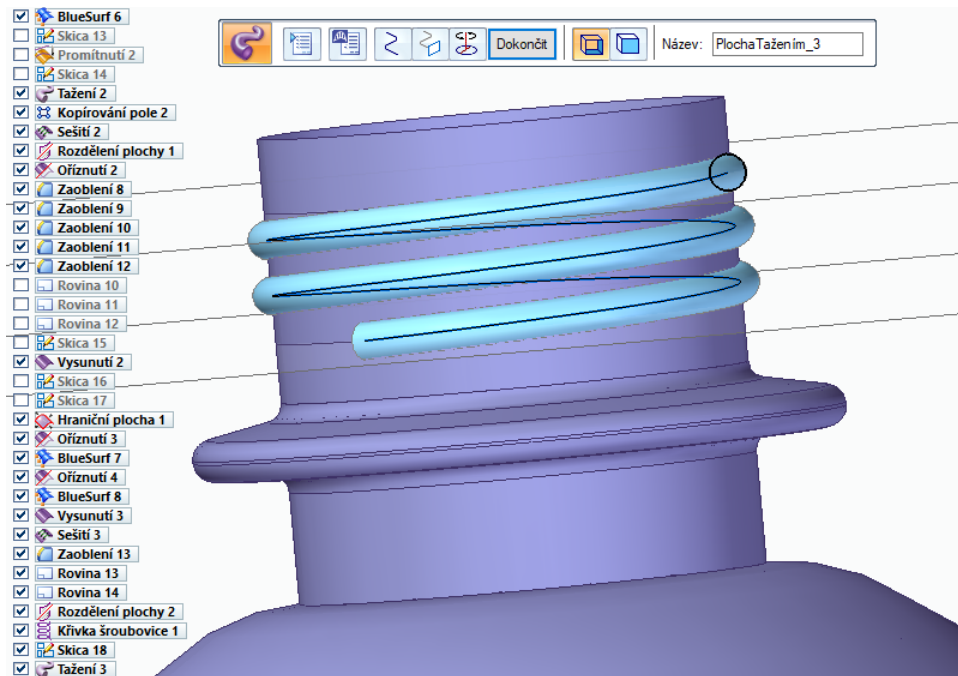
Obrázek 105: Křivka šroubovice 1

Vytvoříme si novou skicu 18, která leží shodně s nárysnou (xz). Nakreslíme si kruh o průměru 2 mm podle obrázku níže. Střed kruhu je na horním počátečním bodu křivky šroubovice „Křivka šroubovice 1“. Nakonec zavřeme a dokončíme skicu.



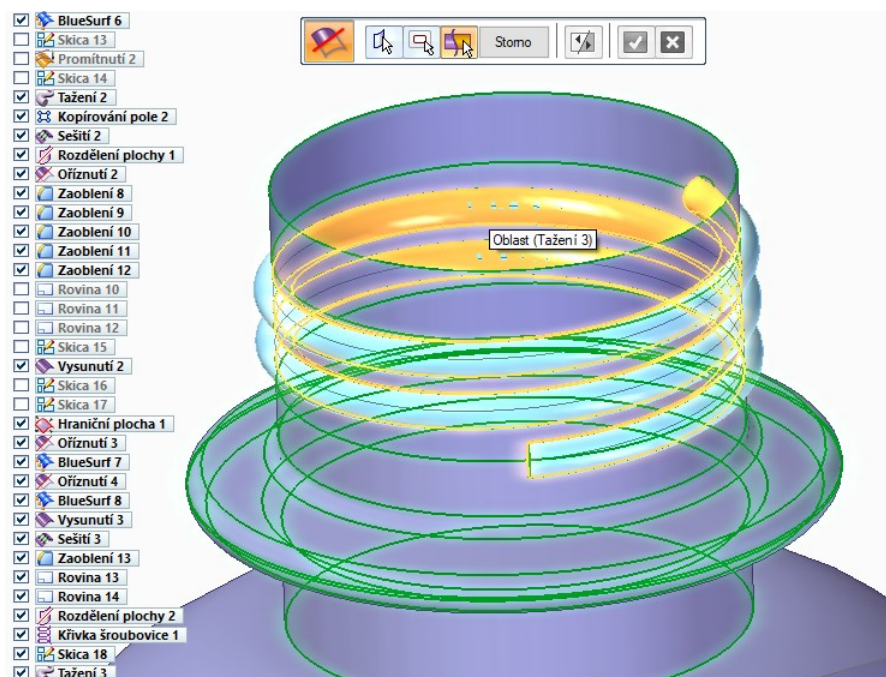
Obrázek 106: Skica 18

Nyní, když máme dvě na sebe kolmé křivky, použijeme funkci „Tažení“. Jako trajektorii zvolíme šroubovici „Křivka šroubovice 1“ a jako průřez zvolíme kruh ze skici 18.

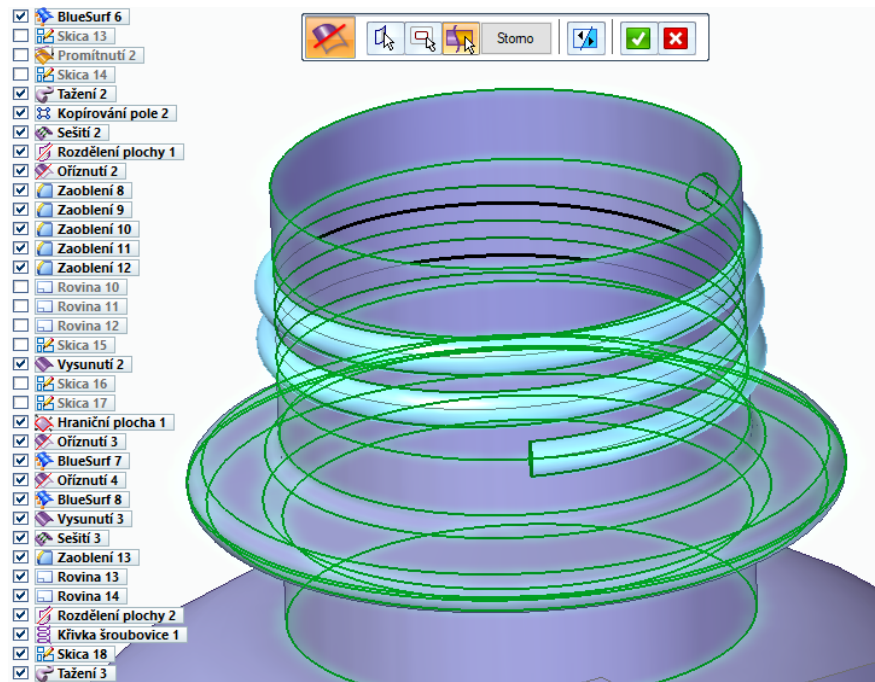


Obrázek 107: Tažení 3

V dalším kroku ořízneme vnitřní část plochy „Tažení 3“ pomocí příkazu „Oříznout“. U výběru plochy vybereme plochu „Tažení 3“, u kroku výběru nástroje zvolíme plochu „Vysunutí 3“ a u kroku výběru oblasti klikneme na vnitřní část plochy „Tažení 3“ podle obrázku níže, čímž dojde k oříznutí vnitřní části plochy „Tažení 3“. Vytaženou plochu necháme otevřenou.

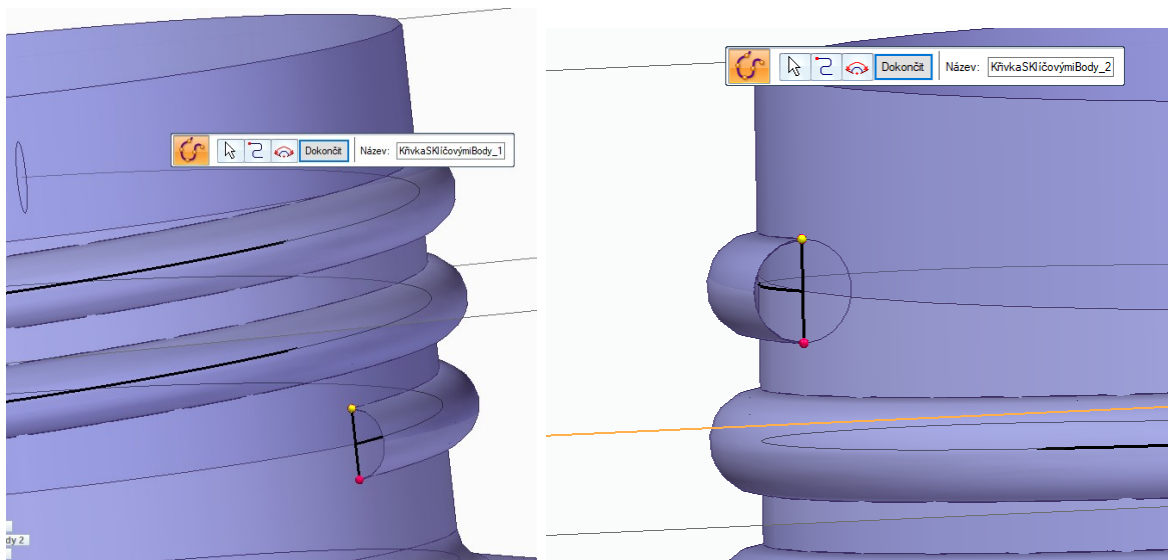


Obrázek 108: Oříznutí 5 – výběr plochy pro oříznutí



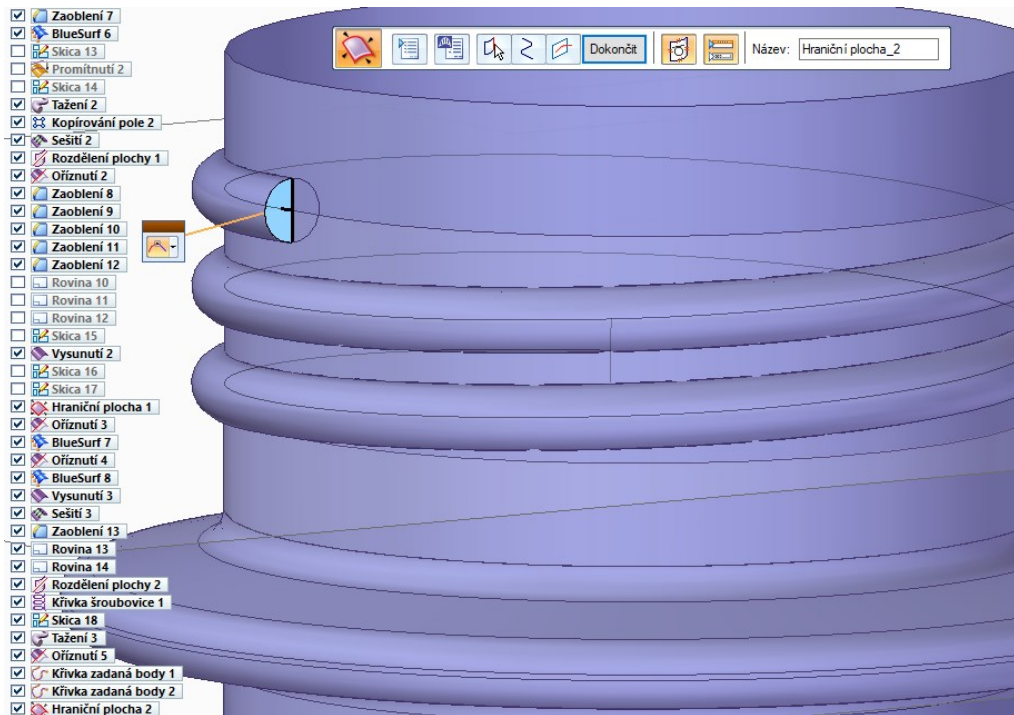
Obrázek 109: Oříznutí 5 – po provedení příkazu

Uzavřeme koncové hrany oříznuté plochy „Tažení 3“. Abychom získali uzavřenou křivku, která je nutná pro vytvoření plochy, nakreslíme rovnou křivku na obou koncích plochy „Tažení 3“ podle obrázku níže pomocí příkazu „Křivka zadaná body“.

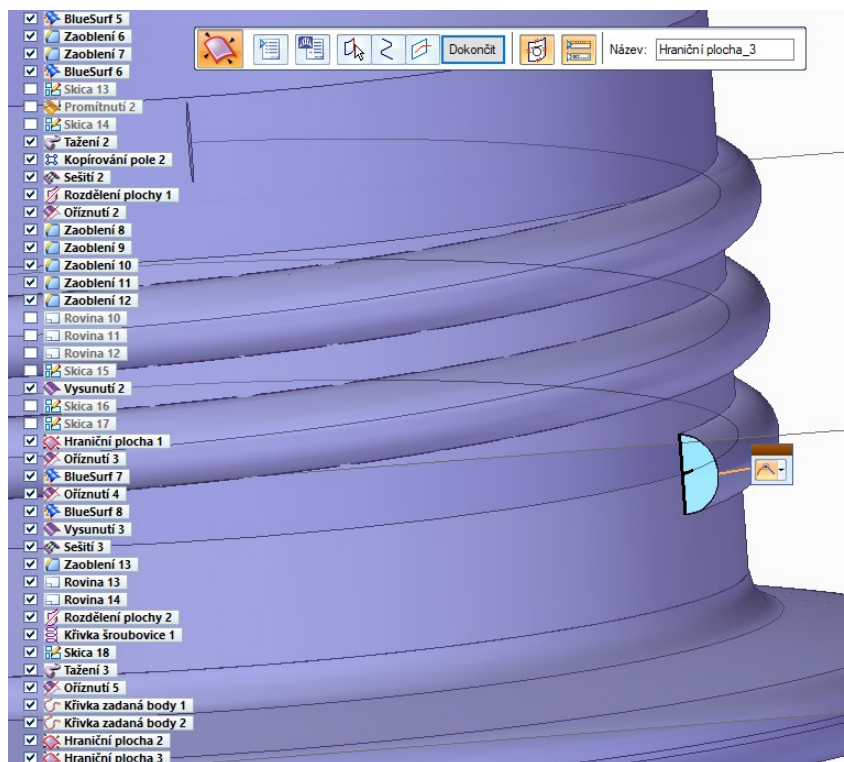


Obrázek 110: Křivka zadaná body 1 a 2

Poté uzavřenou křivku vyplníme pomocí funkce „Ohraničit“. Klikneme na koncovou hranu „Tažení 3“ a nakreslenou rovnou křivku. V prvním případě se jedná o dolní hranu „Tažení 3“ a křivku „Křivka zadaná body 2“ a v druhém případě o horní hranu „Tažení 3“ a křivku „Křivka zadaná body 1“. Nastavení tečnosti u obou případů zůstane zvoleno „Přirozeně“.

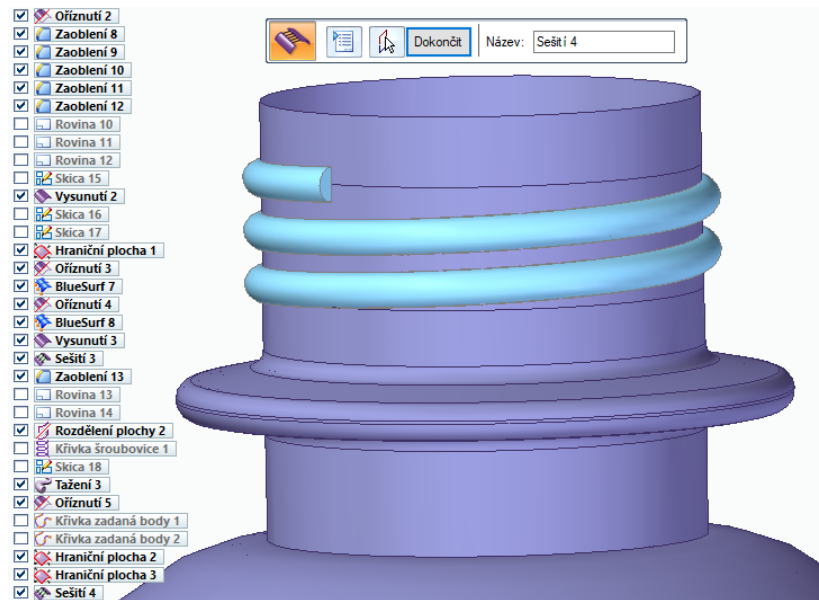


Obrázek 111: Hraniční plocha 2



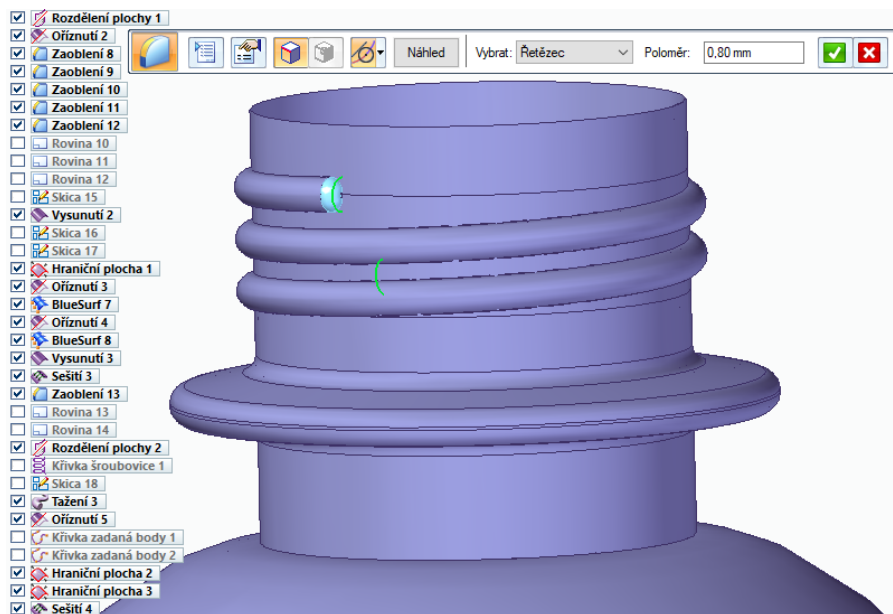
Obrázek 112: Hraniční plocha 3

Následně pomocí funkce „Sešití“ spojíme plochy šroubovice „Tažení 3“ a koncové plochy „Hraniční plocha 2“ a „Hraniční plocha 3“. Vybereme tyto tři plochy a poté kliknutím na „Dokončit“ je spojíme.



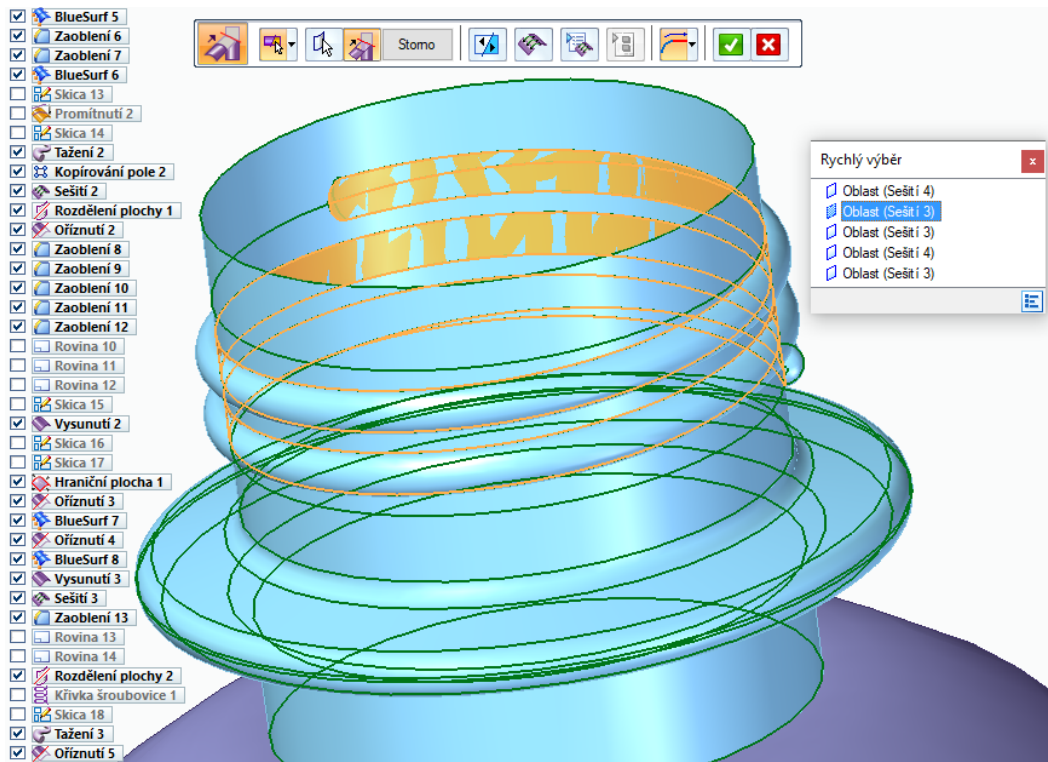
Obrázek 113: Sešití 4

Koncové hrany šroubovice zaoblíme poloměrem 0,8 mm pomocí příkazu „Zaoblení“. Zaoblení provedeme kliknutím na obě hrany podle obrázku níže a následně kliknutím na „Náhled“ a „Dokončit“.

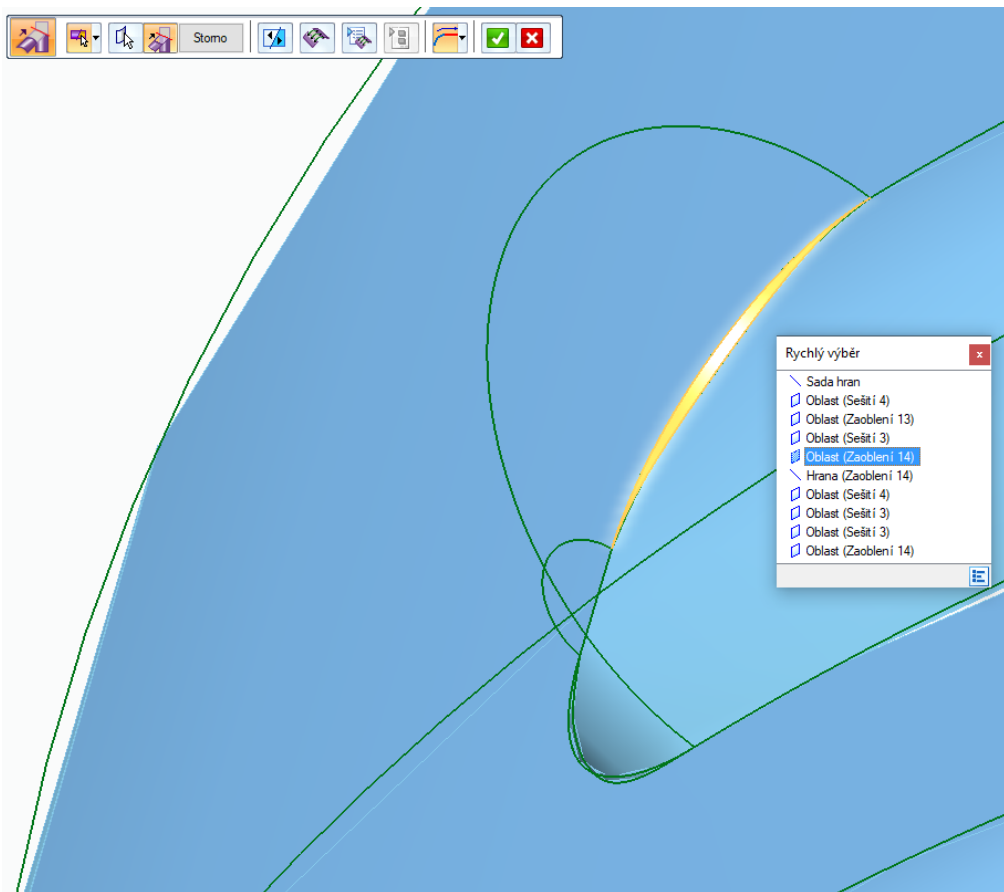


Obrázek 114: Zaoblení 14

Pomocí příkazu „Průsečnice“ ořízneme vnitřní plochy „Sešití 3“, která je ohraničená hranou šroubovice plochy „Sešití 4“. Vybereme obě plochy a poté u kroku ořiznutí a prodloužení podle obrázku klikneme na „Oblast (Sešití 3)“ a další čtyři plochy „Oblast (Zaoblení 14)“ u každého rádiusu. V případě, že nelze tuto plochu vybrat, najedeme myší na tuto plochu a počkáme, až se zobrazí tři tečky a poté pravým kliknutím myši vybereme plochu ze seznamu.

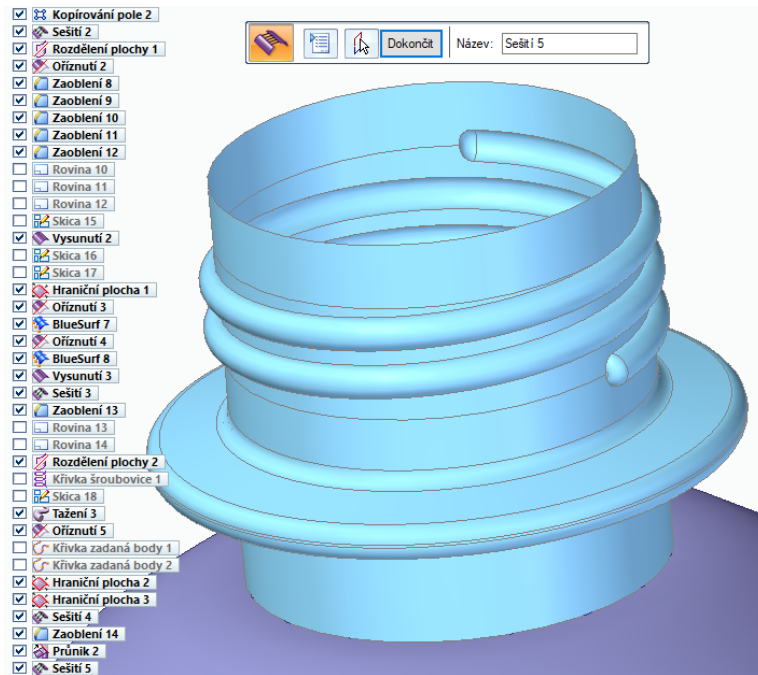


Obrázek 115: Průnik 2 – hlavní plocha pro ořiznutí



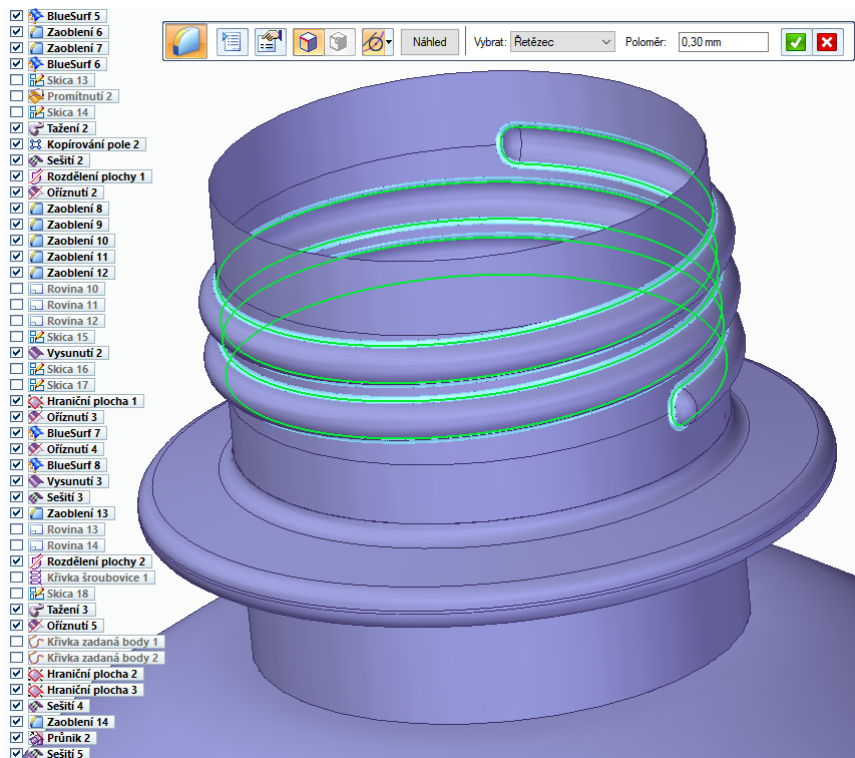
Obrázek 116: Průnik 2 – další čtyři takové plochy pro ořiznutí

Na závěr vytváření hrdla láhve spojíme všechny plochy v této části pomocí funkce „Sešítí“ a poté zaoblíme zbývající hrany a plochy.



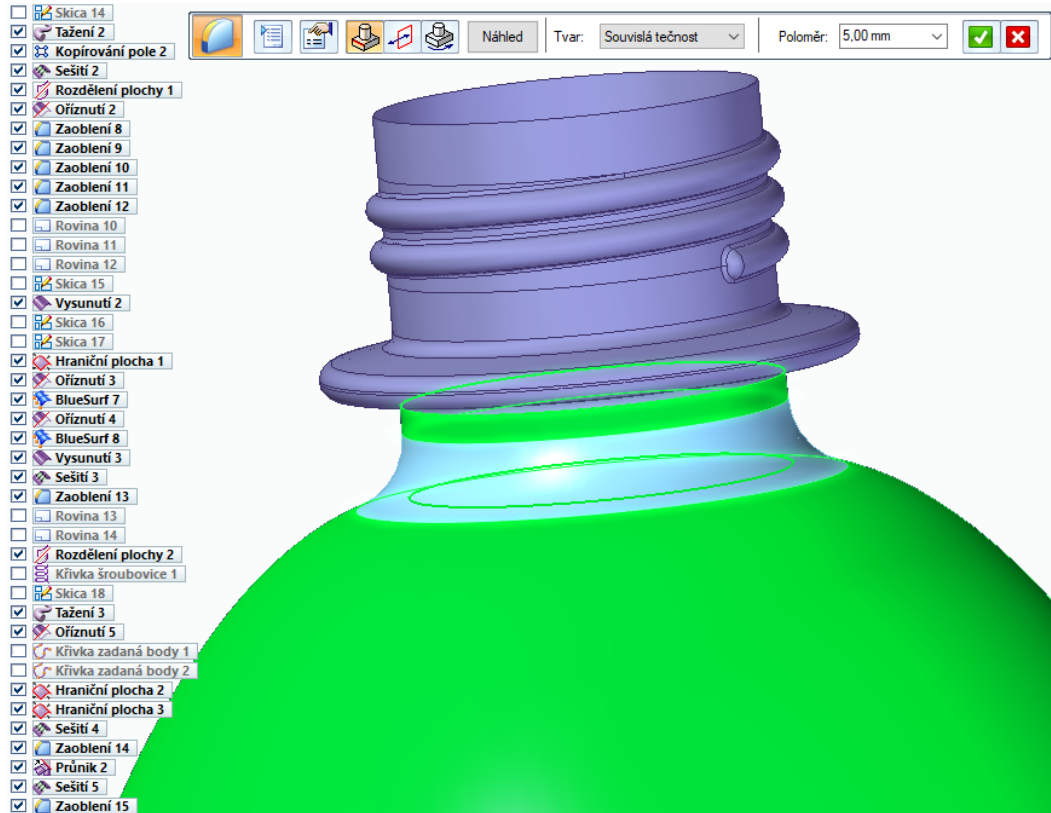
Obrázek 117: Sešítí 5

Vybereme hranu šroubovice plochy „Sešítí 5“ klasickým způsobem podle obrázku a po kliknutí na „Náhled“ a „Dokončit“ zaoblíme poloměrem 0,3 mm.



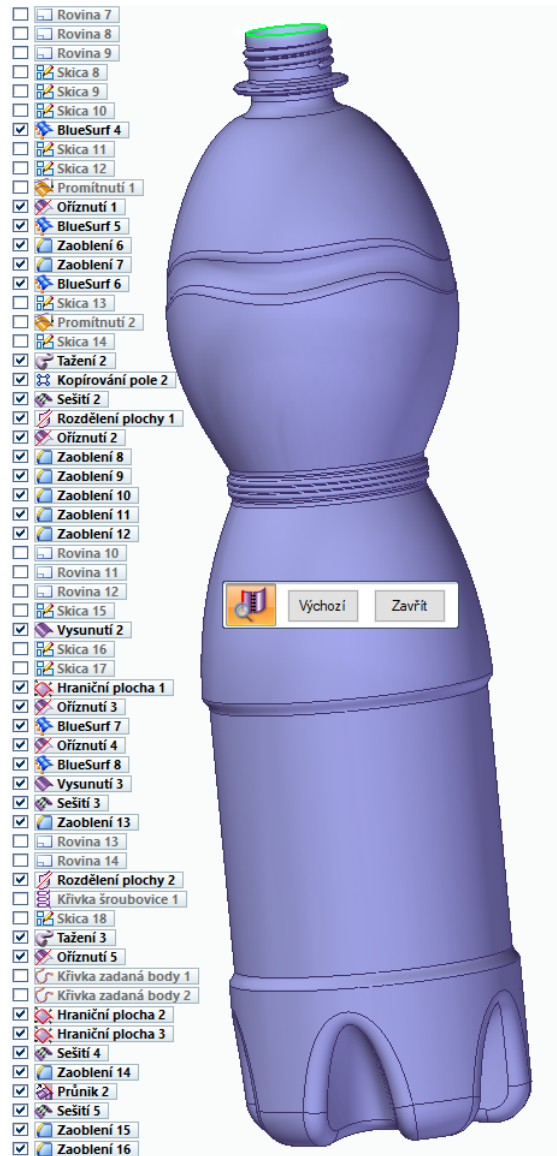
Obrázek 118: Zaoblení 15

Poté zaoblíme poslední plochu poloměrem 5 mm, tentokrát přes nastavení „Zaoblění stěn ploch“. Zaoblění provedeme kliknutím na obě plochy a poté zvolením správného směru zaoblění (změnu směru zaoblění lze provést tlačítkem „Strana“). V tomto případě se jedná o plochy „BlueSurf 4“ a „Sešití 5“. Poté zaoblíme kliknutím na „Náhled“ a „Dokončit“.



Obrázek 119: Zaoblění 16

Po tomto zaoblění dojde i k automatickému sešití této části plochy, v našem případě již kompletního spojení. Úplnost sešití ploch lze také zkontrolovat pomocí příkazu „Ukázat nesešité hrany“, který se nachází pod šipkou příkazu „Sešití“. Vidíme, že zvýrazněná hrana je pouze na horní hraně láhve, což je v našem případě v pořádku, protože na tomto místě je otevřená plocha, která slouží pro naplnění láhve.



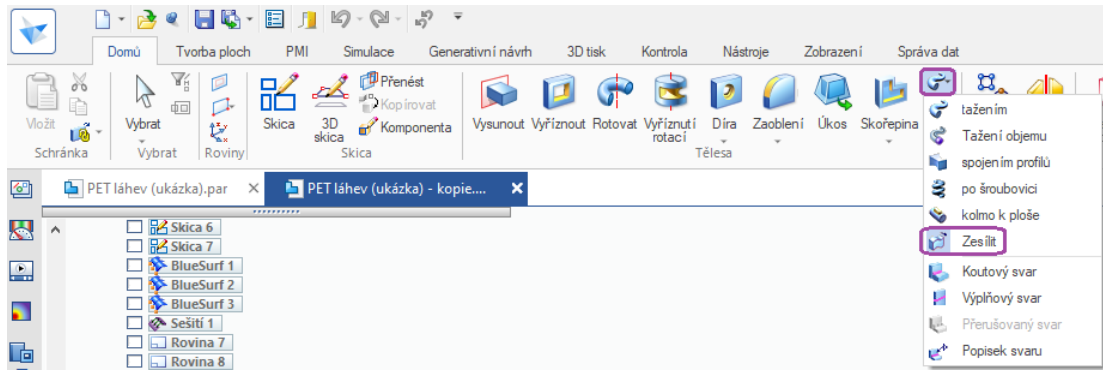
Obrázek 120: Ukázat nesešité hrany

Tímto je modelování hrdla láhve, tedy posledního a již kompletního kroku plošného modelování, dokončeno. Další krok modelování se týká převodu na objemové těleso a finálního kroku láhve.

8.5 Převod modelu na objemové těleso a poslední kroky

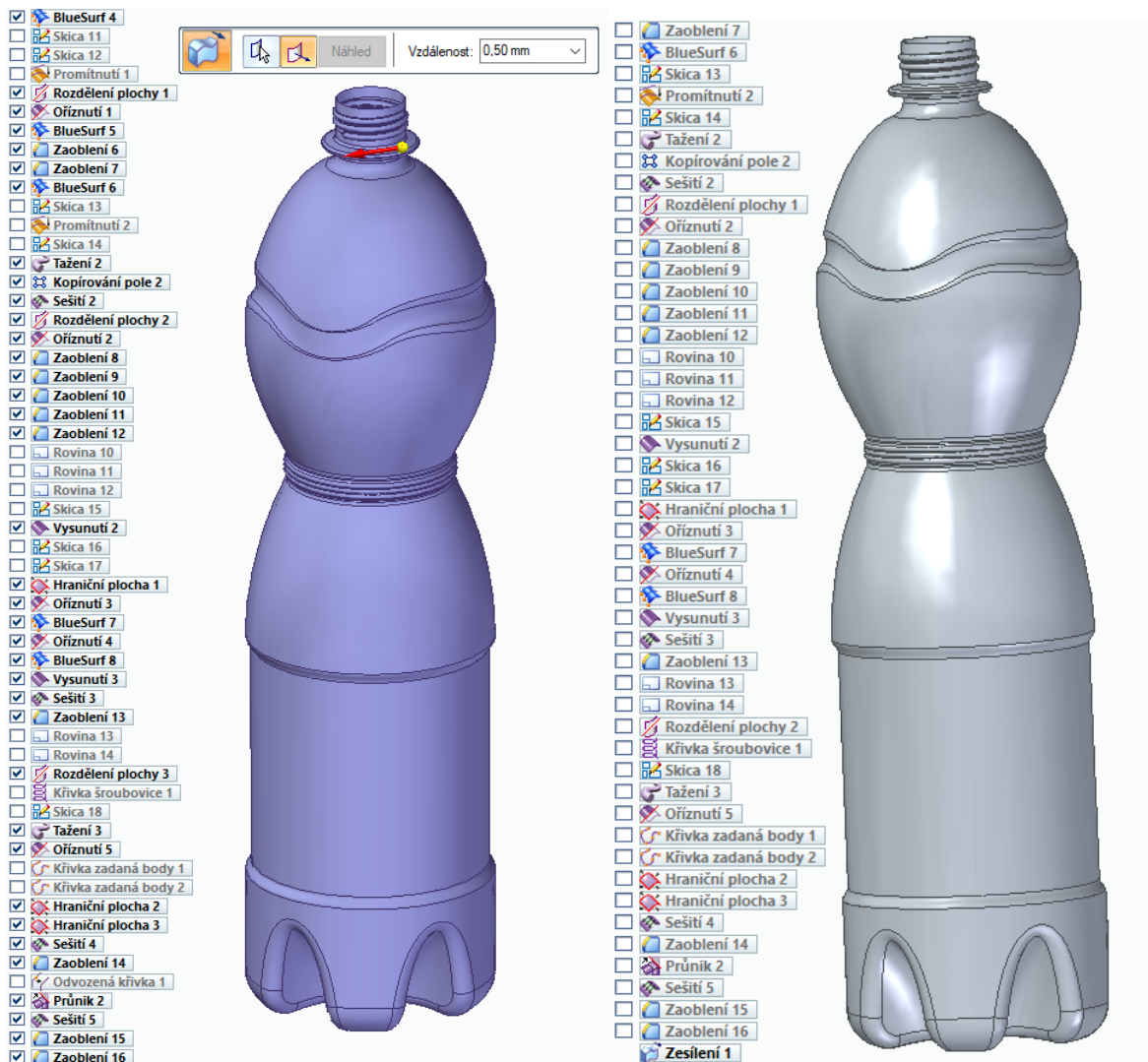
V této části plošně vymodelované těleso převedeme na objemové těleso, zadáme materiál modelu a vytvoříme nápis, který vyřízneme do tělesa.

Pomocí funkce „Zesílit“ převedeme model na objemové těleso. Příkaz se nachází pod tlačítkem „Přidat“ na pásu karet „Domů“ a poté klikneme na „Zesílit“ podle obrázku níže.



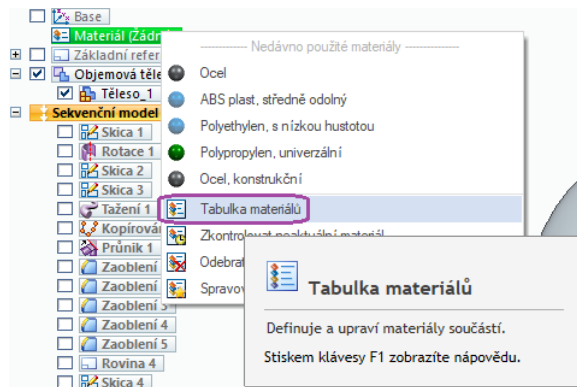
Obrázek 121: Příkaz „Zeslit“

Vybereme celý model, nastavíme odsazení dovnitř (podle červené šipky na obrázku) a zadáme vzdálenost 0,5 mm, čímž dojde k převodu na objemové těleso o tloušťce 0,5 mm.



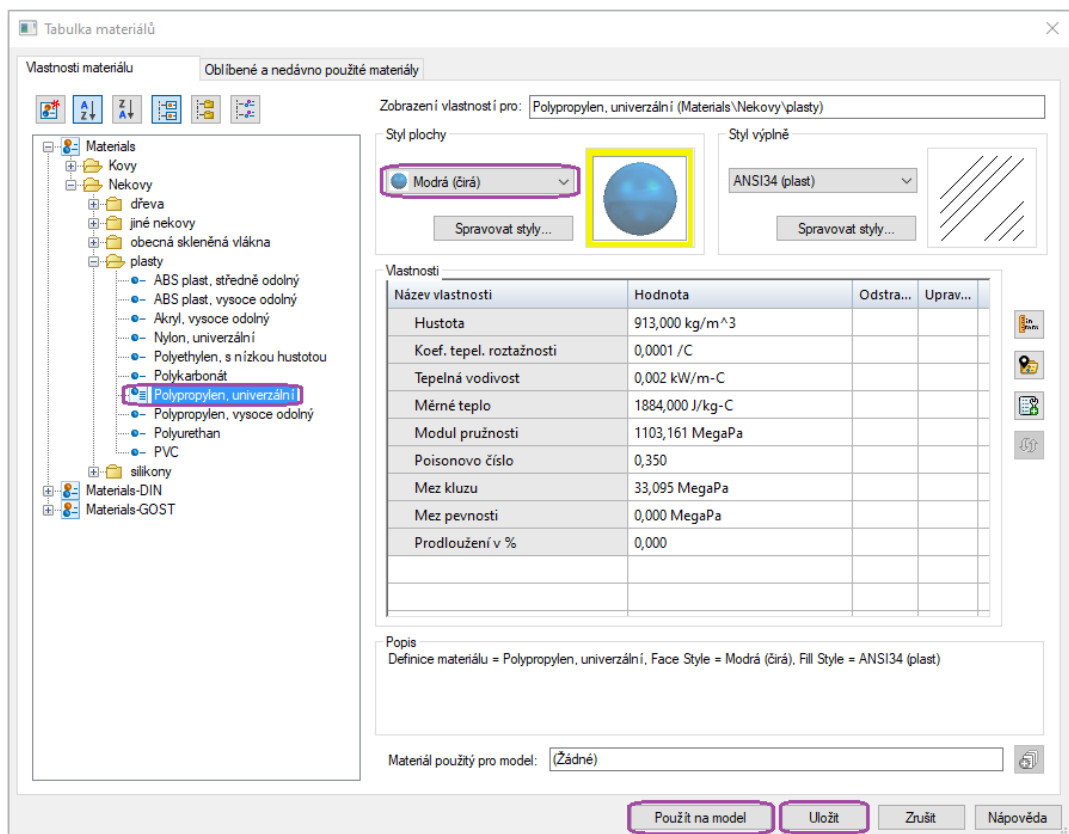
Obrázek 122: Zeslit 1 – krok výběru a po provedení příkazu

Model je nyní převedený na objemové těleso a v dalším kroku můžeme zvolit materiál a barvu zobrazení modelu. Do nastavení materiálu modelu se dostaneme následujícím způsobem – přes pravé kliknutí myši na „Materiál (žádný)“ a následně kliknutím na „Tabulka materiálů“.



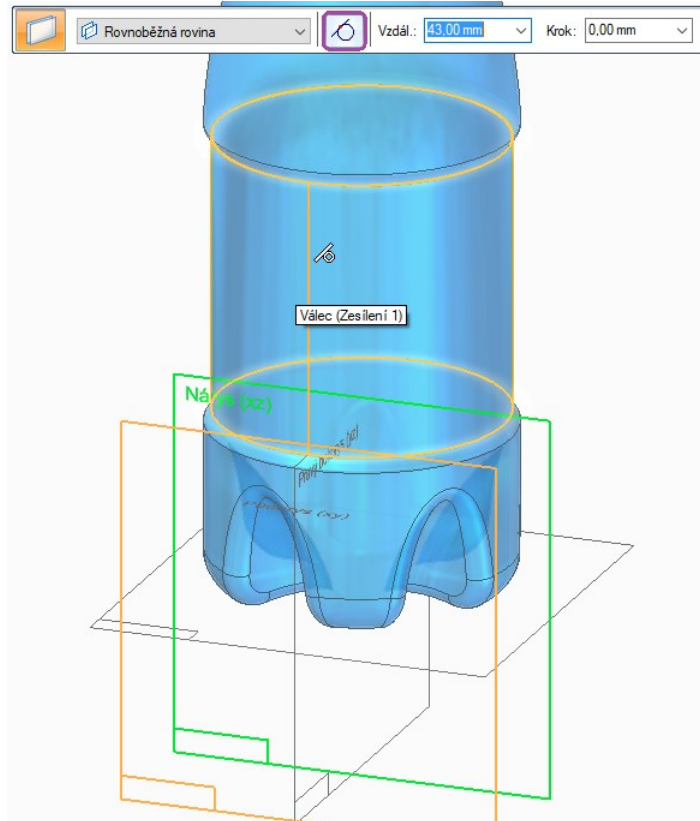
Obrázek 123: Nastavení materiálu

Vzhledem k tomu, že materiál „PET“ není v programu Solid Edge k dispozici, ale lze ho nadefinovat jako vlastní. Pro naše účely a pro výuku bude stačit i jiný materiál. Zvolíme tedy „Polypropylen (univerzální)“. U stylu plochy vybereme barvu „Modrá (čirá)“ a poté ji aplikujeme na model a uložíme. Model je nyní uložený s tímto materiálem a barvou.



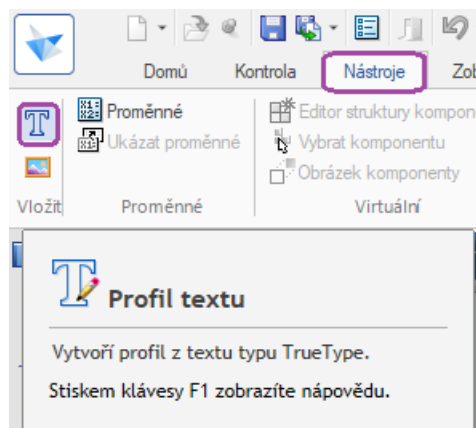
Obrázek 124: Tabulka materiálů

V dalším kroku si vytvoříme novou pracovní rovinu 15, která je rovnoběžná s nárysnou (xz). Na okně u klíčového bodu si zvolíme možnost „Tečně“, čímž dojde k vybrání pouze ploch, které jsou tečné k rovině, a podle obrázku níže klikneme na plochu „Válec (Zesílení 1)“.



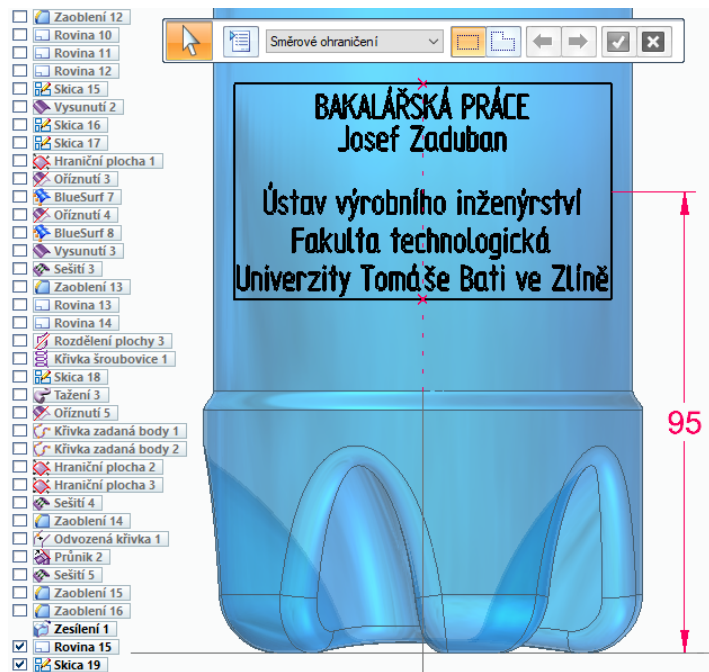
Obrázek 125: Rovina 15

Na rovině 15 vytvoříme novou skicu 19, ve které zadáme „Profil textu“. Tento příkaz se nachází pod záložkou „Nástroje“ v pásu karet a poté klikneme na „Profil textu“ podle obrázku níže.



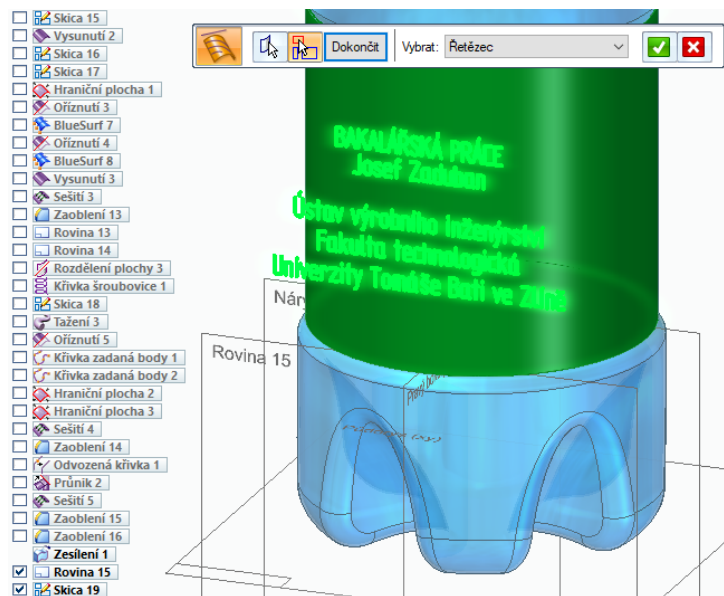
Obrázek 126: Příkaz „Profil textu“

V okně pro zadání textu napíšeme jakýkoliv text. Pro účely mé bakalářské práce je zvolen následující text podle obrázku níže. Po zadání textu a kliknutí na láhev se ve skici zobrazí uvedený text a poté rámeček textu zakótujeme podle obrázku níže. Také zadáme vazbu „Připojit“ pro horizontální střed obrysu rámečku k ose z a poté dokončíme skicu.



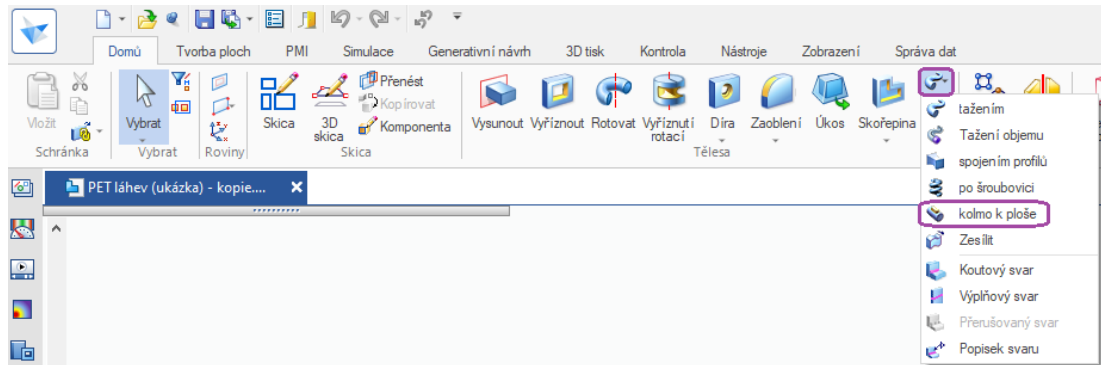
Obrázek 127: Skica 19

Nyní uvedenou skicu nabalíme na plochu pomocí příkazu „Nabalit skicu“, který se nachází pod šipkou příkazu „Promítnutí“ v záložce „Tvorba ploch“. Vybereme plochu „Válec 1 (Zesílení 1)“ a poté skicu 19. Uvedený text bude nabalený na této ploše.



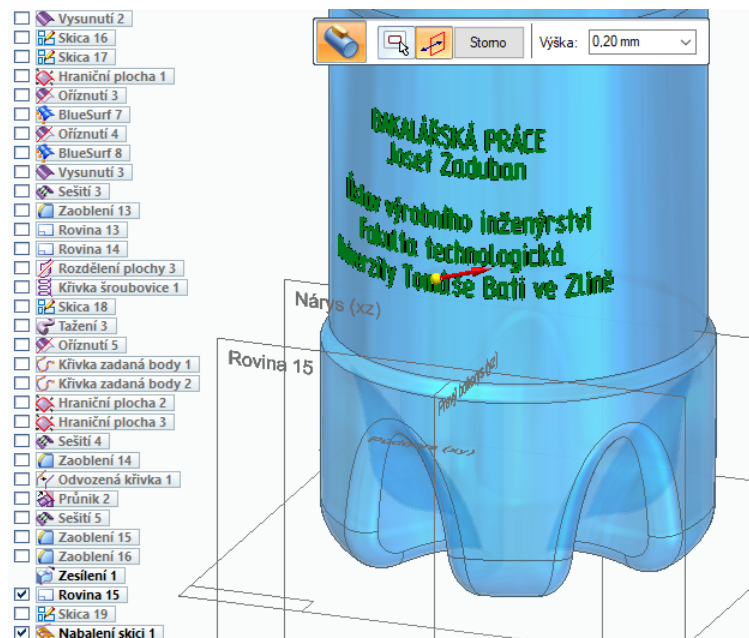
Obrázek 128: Nabalení skici 1

Následně pomocí příkazu „kolmo k ploše“ vyřízneme uvedený text do objemového tělesa. Příkaz se nachází pod tlačítkem „Přidat“ na pásu karet „Domů“ a poté klikneme na „kolmo k ploše“ podle obrázku níže.



Obrázek 129: Příkaz „kolmo k ploše“

U výběru křivky naklikáme jednotlivě všechny křivky profilu textu, čímž vybereme celý text. U výběru směru nastavíme pomocí červené šipky směr k ploše láhve a zadáme výšku 0,2 mm, čímž dojde k vyřezání textu do hloubky této plochy.



Obrázek 130: Vysunutí kolmo k ploše 1

Model láhve je již kompletní. Nyní můžeme skrýt zobrazení všech rovin, skic a „Nabalení skici 1“.

9 MODELOVÉ PŘÍKLADY

V této kapitole jsou uvedeny dva modelové příklady, které slouží na procvičování a ověření schopnosti plošného modelování. Jako první příklad je zvolen model hrnku na čaj a u druhého příkladu je zvolen model kladiva.

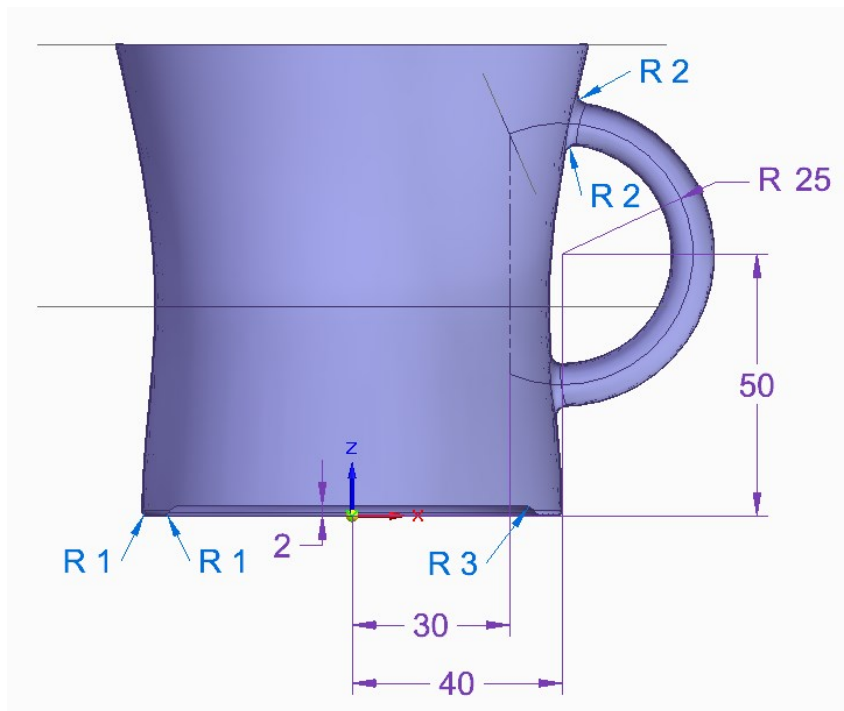
9.1 1. příklad – hrnek

Zadání: Vymodelujte následující model hrnku dle zadaných rozměrů podle obrázků níže s použitím příkazů „BlueSurf“, „Vysunutí“, „Oříznout“, „Tažení“ a „Zaoblení“.

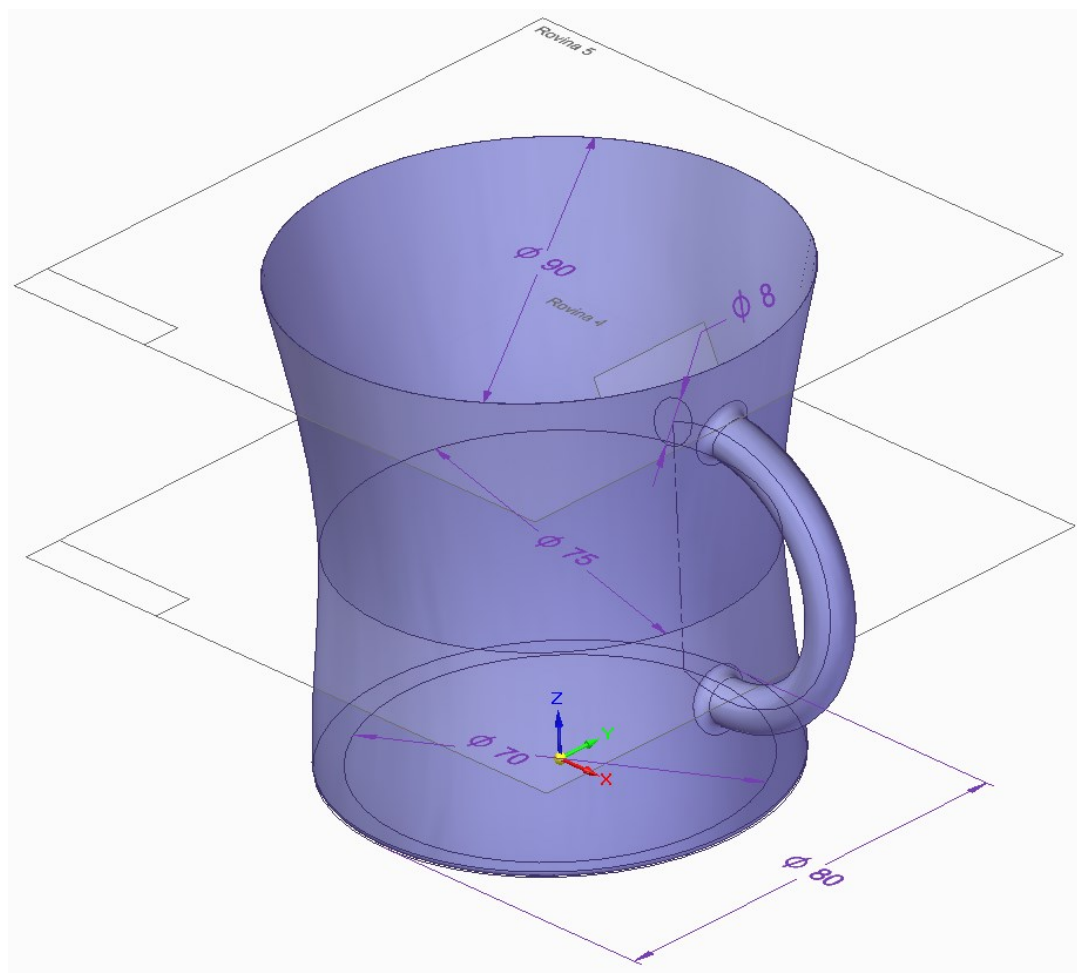


Obrázek 131: Hrněk – finální model

V prvním kroku vytvořte dvě pracovní roviny, které jsou rovnoběžné s půdorysnou (xy). První rovina leží ve vzdálenosti 40 mm od půdorysny (xy) a druhá rovina leží ve vzdálenosti 90 mm od půdorysny (xy). V dalším kroku vytvořte čtyři skici. Dvě skici leží na půdorysně (xy), v té první nakreslete kruh o průměru 80 mm a v té druhé kruh o průměru 70 mm. Poté z druhé skici vytáhněte plochu do délky 2 mm. Třetí skica leží na té zmíněné první rovině, ve které nakreslete kruh o průměru 75 mm. Ve čtvrté skici, ležící na druhé rovině, nakreslete kruh o průměru 90 mm. Následně proveďte modelování a zaoblení podle obrázků a zadání pomocí vhodných příkazů. Profil ucha hrnku pro tažení je ve tvaru kruhu o průměru 8 mm.

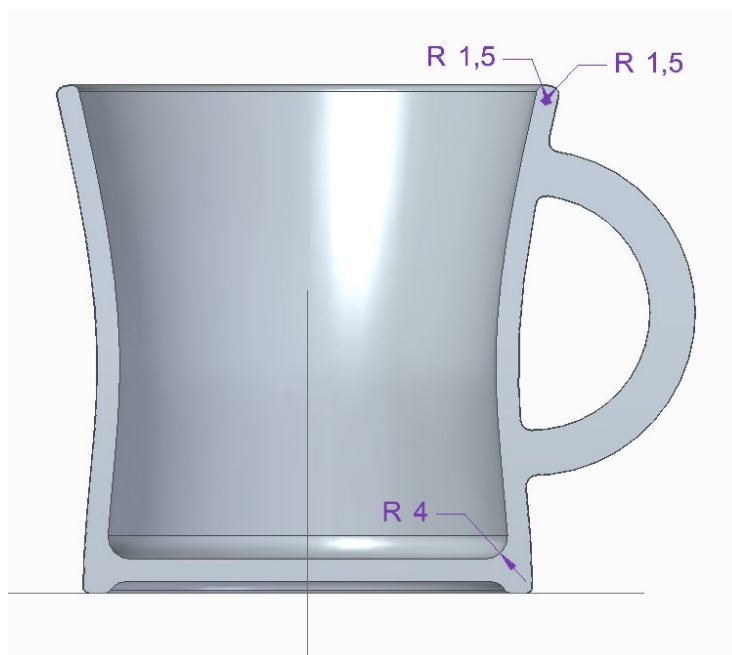


Obrázek 132: Hrnek – rozměry (přední pohled)



Obrázek 133: Hrnek – rozměry (dimetrický pohled)

Po vytvoření ucha hrnku a oříznutí nadbytečných ploch převed'te na objemové těleso pomocí funkce „Zesílení“. Po převedení proved'te na modelu další tři zaoblení podle obrázku níže.



Obrázek 134: Hrnec – rozměry (finální zaoblení)

Po zaoblení je modelování prvního příkladu dokončeno.

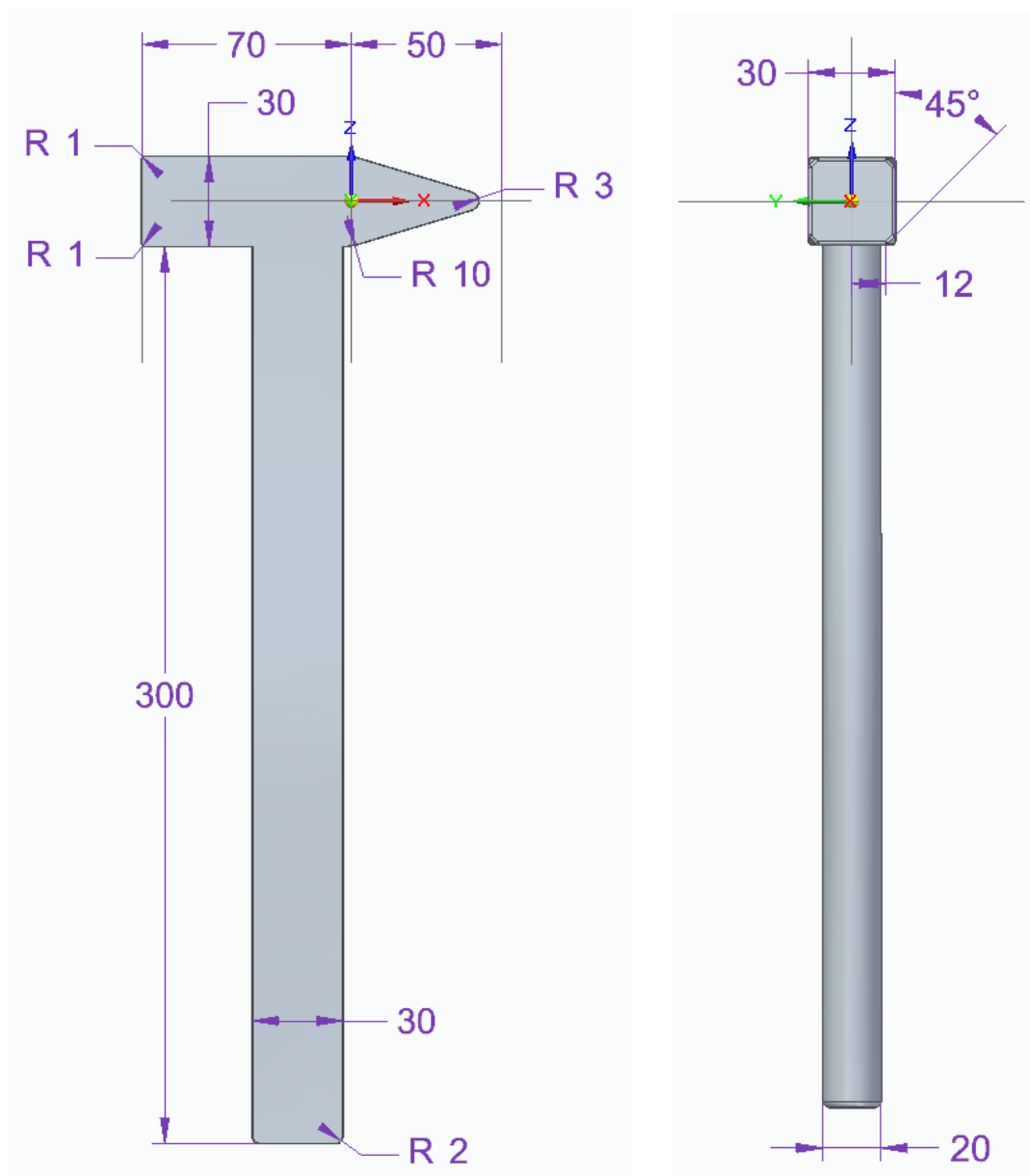
9.2 2. příklad – kladivo

Zadání: Vymodelujte následující model kladiva dle zadaných rozměrů podle obrázků níže s použitím příkazů „BlueSurf“, „Vysunutí“, „Oříznout“, „Ohraničit“, „Průsečnice“, „Zrcadlená kopie součásti“ a „Zaoblení“.

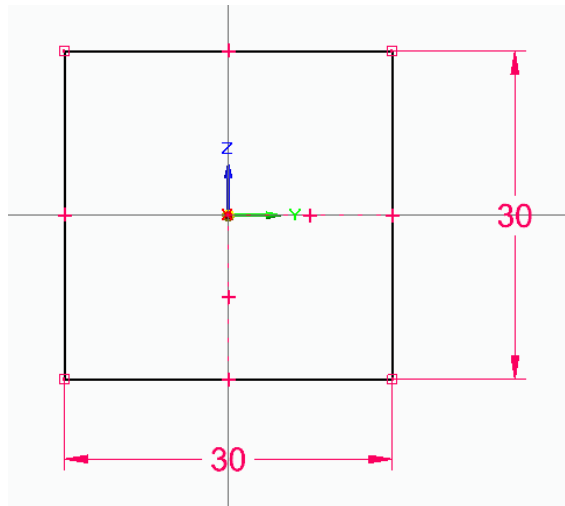


Obrázek 135: Kladivo – finální model (otočený o 90° doleva)

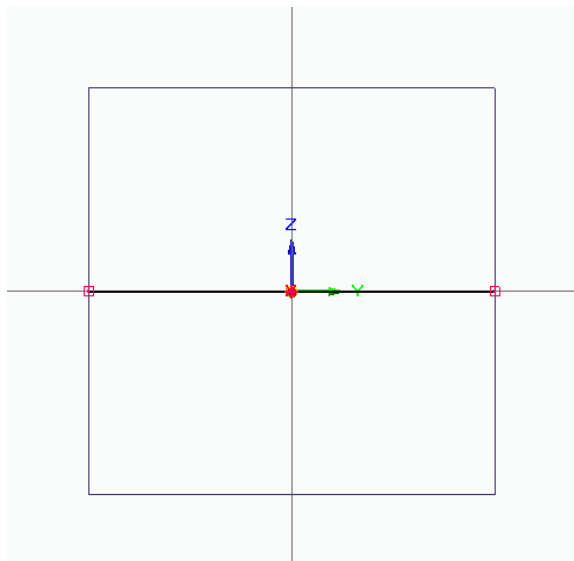
V prvním kroku vytvořte dvě pracovní roviny, které jsou rovnoběžné s pravým bokorysem (yz). První rovina leží ve vzdálenosti 70 mm ve směru záporných souřadnic osy x a druhá rovina leží ve vzdálenosti 50 mm ve směru kladných souřadnic osy x . V dalším kroku vytvořte dvě skici. První skica leží na pravém bokorysu (yz), ve které nakreslete čtverec o rozměru 30 mm podle obrázku 137. Druhá skica leží na té zmíněné první rovině, ve které nakreslete opět čtverec stejného rozměru jako v té první skici. V třetí skici nakreslete rovnou křivku o délce 30 mm podle obrázku 138, která leží přímo na ose y neboli na půdorysu. Dále pokračujte vytvořením plochy kladiva a plošky pomocí vhodného příkazu. Poté na spodní ploše kladiva vytvořte čtvrtou skicu, která má tvar elipsy podle obrázku 139 a slouží pro vytažení plochy rukojeti kladiva o délce 300 mm.



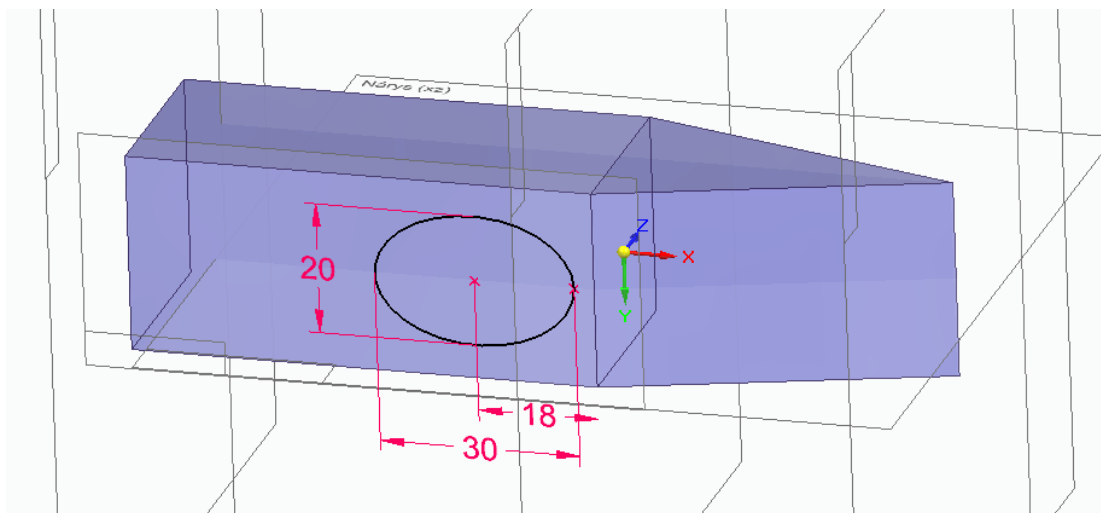
Obrázek 136: Kladivo – rozměry (přední a levý pohled)



Obrázek 137: Kladivo – profil první a druhé skici

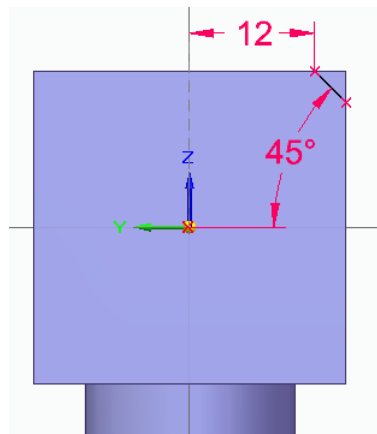


Obrázek 138: Kladivo – profil třetí skici

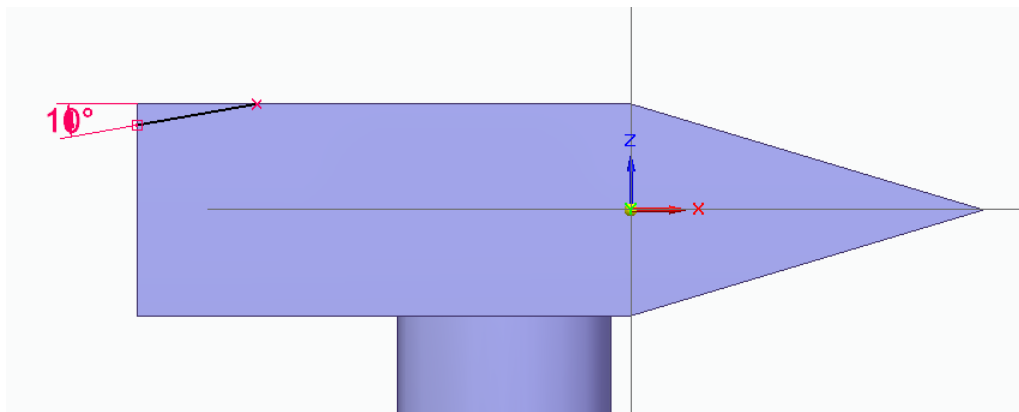


Obrázek 139: Kladivo – profil čtvrté skici

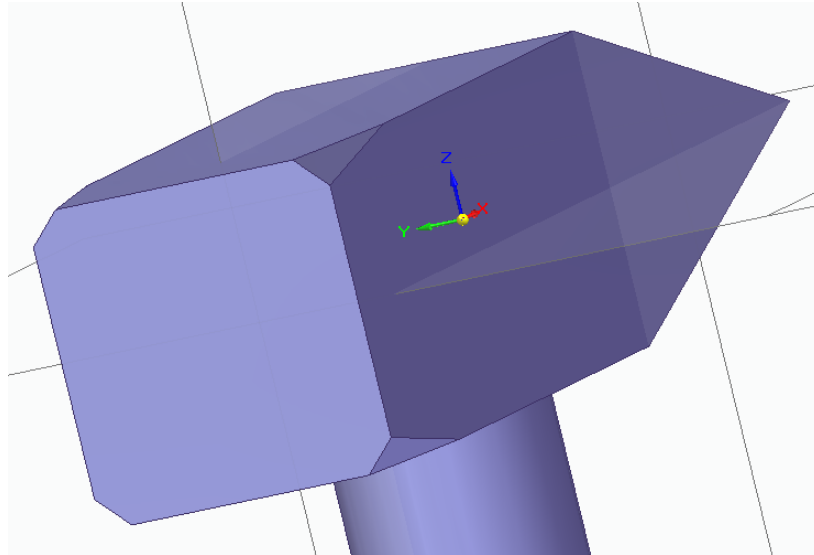
V dalším kroku proved'te takzvané „zkosení“ na kladivu pomocí funkce „BlueSurf“ a poté nepotřebné plochy ořízněte pomocí příkazu „Průsečnice“. Vytvořte dvě skici. První skica leží na plosce kladiva, v ní nakreslete křivku podle obrázku 140. Druhá skica leží na předním pohledu kladiva, v něm nakreslete křivku s úhlem 10° od vrchní plochy kladiva podle obrázku 141. Stačí vytvořit jednu plochu na jednom rohu a poté pomocí funkce „Zrcadlená kopie součásti“ 2x zrcadlit na další stranu. Při prvním zrcadlení promítněte jednu plochu přes rovinu „Nárys (xz)“ a poté při druhém zrcadlení dvě horní plochy přes rovinu „Půdorys (xy)“.



Obrázek 140: Kladivo – profil řezu pro funkci „BlueSurf“



Obrázek 141: Kladivo – profil trajektorie pro funkci „BlueSurf“



Obrázek 142: Kladivo – profil plochy po provedené zrcadlení a průniku

Po provedení zrcadlení a oříznutí nadbytečných ploch spojte všechny plochy kladiva pomocí funkce „Sešítí“, čímž dojde i k převodu na objemové těleso, protože plochy jsou uzavřené.

Následně na objemovém tělese proveďte všechna zaoblení podle hodnot na obrázku 136. Tímto je modelování druhého příkladu dokončeno.

ZÁVĚR

Předkládaná bakalářská práce se zabývá modelováním pomocí ploch v programu Solid Edge.

Hlavním záměrem je vypracování průvodce plošným modelováním v modulu „Tvorba ploch“ (Surfacing) s podrobným popisem jednotlivých funkcí a příkazů, který bude také sloužit pro výuku CAD modelování studentům, kteří již mají základní znalosti práce se softwarem Solid Edge, zejména s objemovým modelováním.

Samotnému modelování pomocí ploch předchází obecné představení CAD systémů, včetně teorie a historie, jejich postupný vývoj se zaměřením na plochy a jejich využití v průmyslu. Dále je v teoretické části popsán program Solid Edge a jednotlivé typy ploch.

Praktická část práce zahrnuje formou vypracovaného manuálu postupy při plošném modelování od spuštění softwaru až po vytvoření vzorového modelu. Tento průvodce by měl studentům rozšířit znalosti a schopnosti plošného modelování tak, aby každý student, který podle něj bude postupovat, uměl zvládnout plošně modelovat jednoduchý model, například dva modelové příklady pro procvičování přiložené na konci praktické části.

Na závěr bych chtěl vyzdvihnout několik poznámek a výhod softwaru Solid Edge a modelování pomocí ploch. Hlavní výhodou tohoto softwaru je jeho jednoduchost, přívětivé uživatelské rozhraní a moderní design v souladu s trendy současné doby. Jeho výhodou je i možnost kvalitního modelování pomocí ploch a snadná dostupnost pro studenty díky bezplatné studentské licenci. Součástí softwaru je přiložená nápověda, ve které je možné najít vše. Modelování pomocí ploch roste na popularitě i v potřebě a dle mého názoru má i budoucnost, protože usnadňuje modelování složitějších tvarů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KLEMENT, Milan. *Počítačové modelování pro technickou praxi* [online]. Olomouc, 2020 [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: https://www.pdf.upol.cz/fileadmin/userdata/PdF/katedry/ktiv/Studijni_materialy/Klement/PMT_sylabus_prednasek_2020.pdf. Soubor přednášek. Univerzita Palackého Olomouc, Katedra technické a informační výchovy.
- [2] HODIS, Zdeněk. *Parametrické modelování a konstruování* [online]. [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: https://www.ped.muni.cz/wtech/07_aktualne/uvod_do_pm.pdf. Prezentace. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra technické a informační výchovy.
- [3] KUČERA, Jan. *Stručná historie CAD/CAM až po současnost* [online]. Brno, 2002 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm. Závěrečná esej. Masarykova univerzita, Fakulta informatiky.
- [4] CAD História. *FreeCAD* [online]. [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: <http://www.freecad.sk/cz/cad-history>.
- [5] ARMSTRONG, Andrew. The Benefits of CAD in the Cloud. *Dr Andrew Armstrong* [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://drandrewarmstrong.medium.com/the-benefits-of-cad-in-the-cloud-8f97917073c7>.
- [6] Výstava COMDEX/Fall '97. *PCWorld* [online]. 1998 [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://www.pcworld.cz/clanky/vystava-comdex-fall-97/>.
- [7] REGNERUS, Jeremy. Sheet Metal. *SolidWorks Tech Blog* [online]. 2014 [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: <https://blogs.solidworks.com/tech/2014/06/throwback-thursdays-sheet-metal.html>.
- [8] Catia v5. *Yellownano* [online]. 2020 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://yellownano349.weebly.com/blog/catia-v5-license>.
- [9] PTC Buys CoCreate for \$250M. *The Engineer* [online]. 2007 [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.theengineer.co.uk/ptc-buys-cocreate-for-250m/>.
- [10] Dassault Systèmes Completes Acquisition of Spatial Component Business. *Dassault Systèmes* [online]. 2000 [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://www.3ds.com/press-releases/single/dassault-systemes-completes-acquisition-of-spatial-component-business/>.

- [11] PROCHÁZKA, Karel. *Úvod, rozdělení CAD systémů* [online]. Opava, 2012 [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/ICT_III_AutoCAD/VY_32_INOVACE_E-13-01.pdf. Střední škola průmyslová a umělecká, Opava.
- [12] Jaký zvolit software pro určité typy 3D modelování. *Sharplayers* [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://sharplayers.cz/software-pro-3d-modelovani/>.
- [13] *Systémy CAD* [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=12865. Mendelova univerzita v Brně.
- [14] 9 Types of CAD Software Companies Use. *Apollo Technical* [online]. 2020 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://www.apollotechnical.com/cad-software-companies-use/>.
- [15] CAROLO, Lucas. The Best CAD Software for Professionals. *All3DP* [online]. 2020 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/best-cad-software/>.
- [16] LINKEOVÁ, Ivana. *Základy počítačového modelování křivek a ploch* [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: http://linkeova.cz/vyuka/pg_pgs/public/pgr_skripta.pdf. Vysokoškolská skripta. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní.
- [17] DOLEŽAL, Jiří. *Modelování ploch* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://homel.vsb.cz/~dol75/Pgrafika/Prednaska/Plochy.html>. Podklady k přednášce. Technická univerzita Ostrava.
- [18] *Wireframe Modeling, Surface Modeling* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://transport.itu.edu.tr/docs/librariesprovider99/dersnotlari/dersnotlarimak537e/notlar/7-wireframe-and-surface-modeling.pdf>. Podklady k přednášce. İTÜBİDB.
- [19] *Spline křivky* [online]. Plzeň, 2014 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: http://home.zcu.cz/~bastl/GM1/GM1_lecture03.pdf. Podklady k přednášce. Západočeská univerzita v Plzni, Katedra matematiky.
- [20] *Plochy tenzorového součinu – Bézierovy, B-spline a NURBS plochy* [online]. Plzeň, 2014 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: http://home.zcu.cz/~bastl/GM1/GM1_lecture07.pdf. Podklady k přednášce. Západočeská univerzita v Plzni, Katedra matematiky.
- [21] Solid Edge ST for Designers. Schererville: CAD/CIM Technologies, 2009, xvi, 698s. různě číslovaných. ISBN 9781932709674.

- [22] Solid Edge. *Siemens* [online]. [cit. 2020-11-24]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/store/en-pl/solid-edge/index.html>.
- [23] Verze Solid Edge pro studenty. *Siemens* [online]. [cit. 2020-11-24]. Dostupné z: https://www.plm.automation.siemens.com/plmapp/education/solid-edge/cs_cz/free-software/student.
- [24] Bezplatná verze Prohlížeče Solid Edge. *Siemens* [online]. [cit. 2020-11-24]. Dostupné z: <https://solidedge.siemens.com/cs/free-software/solid-edge-free-viewer/>.
- [25] RUSIŇÁK, Miroslav. UGS Solid Edge verze 20: učebnice. Praha: Miroslav Rusiňák, 2007, vi, 486 s., UGS Velocity Series. ISBN 9788023993820.
- [26] Solid Edge. *Solid Edge Help* [online]. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://solidedgehelp.weebly.com/united-states--english.html>.
- [27] Historie Solid Edge. *Solid Edge Help* [online]. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://solidedgehelp.weebly.com/history.html>.
- [28] Brožura Solid Edge. *ITSCZ, Siemens* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: http://www.itscz.eu/doc/brozury_file/01_solid-edge_brozura_cj-18.pdf.
- [29] Co je skutečná synchronní technologie? *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2009 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/co-je-skutecna-synchronni-technologie.html>.
- [30] Solid Edge se Synchronní technologií. *CAD.cz* [online]. [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/1415-solid-edge-se-synchronni-technologie.html>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	dvourozměrný (Two-Dimensional Space)
3D	trojrozměrný (Three-Dimensional Space)
AEC	Architecture Engineering Constructions
AME	Advanced Modeling Extension
AVE	Advanced Visualization Extension
BIM	informační model budovy (Building Information Modeling)
B-spline	Basis Spline
CAD	počítačová podpora navrhování (Computer-Aided Design)
CADDS	Computervision Automated Design and Drafting System
CAE	počítačová podpora inženýrských prací (Computer-Aided Engineering)
CAM	počítačová podpora výroby (Computer-Aided Manufacturing)
CAP	počítačová podpora projektování (Computer-Aided Planning)
CAPE	počítačová podpora projektování a odhadování (Computer-Aided Planning and Estimating)
CAPP	počítačová podpora plánování procesů (Computer-Aided Process Planning)
CAQ	počítačová podpora kontroly kvality (Computer-Aided Quality Check)
CATI	Computer-Aided Three-Dimensional Interactive
CATIA	Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application
CSC	Computer Sciences Corporation
DOS	diskový operační systém (Disk Operating System)
DWF	AutoCAD Design Web Format
DWG	AutoCAD Drawing File
DXF	Drawing Exchange Format
EDS	Electronic Data Systems
FEM	metoda konečných prvků (Finite Element Method)

HP	Hewlett-Packard
IBM	International Business Machines Corporation
ITC	IntelliCAD Technology Consortium
kB	kilobyte
MB	megabyte
MCS	Midwest CAD Solutions
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
NC	numericky řízené stroje
NIST	Národní institut standardů a technologie (National Institute of Standards and Technology)
NURBS	Non-Uniform Rational Basis Spline
PC	osobní počítač (personal computer)
PET	polyethylentereftalát
PLM	řízení životního cyklu výrobku (Product Lifecycle Management)
PTC	Parametric Technology Corporation
RAM	paměť s náhodným přístupem (Random Access Memory)
SDRC	Structural Dynamics Research Corporation
ST	synchronní technologie (Synchronous Technology)
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Fáze výroby dle CIM [1]</i>	11
<i>Obrázek 2: Pracoviště s rýsovacím prknem [1]</i>	13
<i>Obrázek 3: Sálkový počítač Strela [1]</i>	14
<i>Obrázek 4: Radarový systém SAGE na TX-2 [3]</i>	15
<i>Obrázek 5: Kreslení světelným perem [4]</i>	15
<i>Obrázek 6: Počítače se systémem CADAM [4]</i>	16
<i>Obrázek 7: CAD pracovní stanice IBM 6090 a displej s rastrovou grafikou [3]</i>	17
<i>Obrázek 8: Objemový modelovací systém UniSolid [4]</i>	19
<i>Obrázek 9: Systém CATIA v1 [5]</i>	19
<i>Obrázek 10: Systém Unigraphic II [4]</i>	20
<i>Obrázek 11: Systém AutoCAD na jeho počátku [4]</i>	21
<i>Obrázek 12: 3D modelování vytvořené systémem AutoCAD R10 [4]</i>	22
<i>Obrázek 13: Systém CADD5 5 [4]</i>	23
<i>Obrázek 14: Systém CATIA v4 [4]</i>	24
<i>Obrázek 15: Systém SolidWorks 97 [7]</i>	25
<i>Obrázek 16: Systém CATIA v5 [8]</i>	26
<i>Obrázek 17: Coonsův bilineární plát [20]</i>	36
<i>Obrázek 18: Rovná plocha [18]</i>	36
<i>Obrázek 19: Fergusonova plocha [17]</i>	37
<i>Obrázek 20: Bézierova plocha [17]</i>	37
<i>Obrázek 21: B-spline plochy [20]</i>	38
<i>Obrázek 22: NURBS plochy [20]</i>	38
<i>Obrázek 23: Úprava modelu pomocí synchronní technologie [30]</i>	41
<i>Obrázek 24: Ikona Solid Edge 2020</i>	44
<i>Obrázek 25: Úvodní stránka Solid Edge</i>	45
<i>Obrázek 26: Tlačítko Aplikace na úvodní stránce Solid Edge</i>	45
<i>Obrázek 27: Vstup do nastavení programu Solid Edge</i>	46
<i>Obrázek 28: Možnosti Solid Edge</i>	47
<i>Obrázek 29: Vytváření nového souboru</i>	48
<i>Obrázek 30: Pás karet „Domů“ po vytvoření souboru</i>	48
<i>Obrázek 31: Ikony pro uložení souboru a zapnutí základních referenčních rovin</i>	49
<i>Obrázek 32: Dialogové okno ukládání souboru</i>	49
<i>Obrázek 33: Pás karet v modulu „Tvorba ploch“</i>	50
<i>Obrázek 34: Tlačítka – část „Roviny“</i>	50

<i>Obrázek 35: Další možnosti pro tlačítko „Další roviny“</i>	51
<i>Obrázek 36: Tlačítka – část „Křivky“</i>	51
<i>Obrázek 37: Další možnosti pro tlačítko „Klíčový bod“</i>	52
<i>Obrázek 38: Další možnosti pro tlačítko „Promítnutí“</i>	52
<i>Obrázek 39: Tlačítka – část „Plochy“</i>	53
<i>Obrázek 40: Tlačítka – část „Upravit plochy“</i>	54
<i>Obrázek 41: Další možnosti pro tlačítko „Sešití“</i>	55
<i>Obrázek 42: Další možnosti pro tlačítko „Dělicí křivka“</i>	55
<i>Obrázek 43: Finální model – PET láhev plošně vymodelovaná a převedená na objem</i>	56
<i>Obrázek 44: Skica 1</i>	57
<i>Obrázek 45: Rotace 1</i>	58
<i>Obrázek 46: Skica 2</i>	58
<i>Obrázek 47: Skica 3</i>	59
<i>Obrázek 48: Tažení 1</i>	59
<i>Obrázek 49: Kopírování pole 1</i>	60
<i>Obrázek 50: Průnik 1</i>	60
<i>Obrázek 51: Možnosti zaoblení</i>	61
<i>Obrázek 52: Zaoblení 1, 2, 3, 4 a 5</i>	61
<i>Obrázek 53: Rovina 4</i>	62
<i>Obrázek 54: Skica 4</i>	62
<i>Obrázek 55: Vysunutí 1</i>	63
<i>Obrázek 56: Skica 6</i>	64
<i>Obrázek 57: Skica 7</i>	64
<i>Obrázek 58: BlueSurf 1</i>	65
<i>Obrázek 59: BlueSurf 2</i>	65
<i>Obrázek 60: BlueSurf 3</i>	66
<i>Obrázek 61: Sešití 1</i>	66
<i>Obrázek 62: Roviny 7, 8 a 9</i>	67
<i>Obrázek 63: Skica 10</i>	68
<i>Obrázek 64: BlueSurf 4</i>	68
<i>Obrázek 65: Skica 11</i>	69
<i>Obrázek 66: Skica 12</i>	70
<i>Obrázek 67: Promítnutí 1</i>	70
<i>Obrázek 68: Oříznutí 1 – výběr plochy pro oříznutí</i>	71
<i>Obrázek 69: Oříznutí 1 – po provedení příkazu</i>	71

<i>Obrázek 70: BlueSurf 5</i>	72
<i>Obrázek 71: Výběr ploch pro zaoblení 6 (vlevo) a zaoblení 7 (vpravo)</i>	72
<i>Obrázek 72: BlueSurf 6</i>	73
<i>Obrázek 73: Skica 13</i>	73
<i>Obrázek 74: Promítnutí 2</i>	74
<i>Obrázek 75: Skica 14</i>	74
<i>Obrázek 76: Tažení 2</i>	75
<i>Obrázek 77: Kopírování pole 2 – kreslení ve skici</i>	75
<i>Obrázek 78: Okno ve skici, do kterého se zadá počet výskytů</i>	75
<i>Obrázek 79: Kopírování pole 2 – po kopírování</i>	75
<i>Obrázek 80: Sešití 2</i>	76
<i>Obrázek 81: Rozdělení plochy 1</i>	76
<i>Obrázek 82: Oříznutí 2 – výběr plochy pro oříznutí</i>	77
<i>Obrázek 83: Oříznutí 2 – po provedení příkazu</i>	77
<i>Obrázek 84: Zaoblení 8</i>	77
<i>Obrázek 85: Zaoblení 9</i>	78
<i>Obrázek 86: Zaoblení 10</i>	78
<i>Obrázek 87: Zaoblení 11</i>	78
<i>Obrázek 88: Zaoblení 12</i>	79
<i>Obrázek 89: Rovina 12</i>	79
<i>Obrázek 90: Skica 15</i>	80
<i>Obrázek 91: Vysunutí 2</i>	80
<i>Obrázek 92: Skica 16 + 17</i>	81
<i>Obrázek 93: Hraniční plocha 1</i>	81
<i>Obrázek 94: Oříznutí 3 – výběr plochy pro oříznutí</i>	82
<i>Obrázek 95: Oříznutí 3 – po provedení příkazu</i>	82
<i>Obrázek 96: BlueSurf 7</i>	83
<i>Obrázek 97: Oříznutí 4 – výběr plochy pro oříznutí</i>	83
<i>Obrázek 98: Oříznutí 4 – po provedení příkazu</i>	83
<i>Obrázek 99: BlueSurf 8</i>	84
<i>Obrázek 100: Vysunutí 3</i>	84
<i>Obrázek 101: Sešití 3</i>	85
<i>Obrázek 102: Zaoblení 13</i>	85
<i>Obrázek 103: Rovina 13 (dole) a 14 (nahore)</i>	86
<i>Obrázek 104: Rozdělení plochy 2</i>	86

<i>Obrázek 105: Křivka šroubovice 1</i>	87
<i>Obrázek 106: Skica 18</i>	87
<i>Obrázek 107: Tažení 3</i>	88
<i>Obrázek 108: Oříznutí 5 – výběr plochy pro oříznutí</i>	88
<i>Obrázek 109: Oříznutí 5 – po provedení příkazu</i>	89
<i>Obrázek 110: Křivka zadaná body 1 a 2</i>	89
<i>Obrázek 111: Hraniční plocha 2</i>	90
<i>Obrázek 112: Hraniční plocha 3</i>	90
<i>Obrázek 113: Sešití 4</i>	91
<i>Obrázek 114: Zaoblení 14</i>	91
<i>Obrázek 115: Průnik 2 – hlavní plocha pro oříznutí</i>	92
<i>Obrázek 116: Průnik 2 – další čtyři takové plochy pro oříznutí</i>	92
<i>Obrázek 117: Sešití 5</i>	93
<i>Obrázek 118: Zaoblení 15</i>	93
<i>Obrázek 119: Zaoblení 16</i>	94
<i>Obrázek 120: Ukázat nesešité hrany</i>	95
<i>Obrázek 121: Příkaz „Zesílit“</i>	96
<i>Obrázek 122: Zesílit 1 – krok výběru a po provedení příkazu</i>	96
<i>Obrázek 123: Nastavení materiálu</i>	97
<i>Obrázek 124: Tabulka materiálů</i>	97
<i>Obrázek 125: Rovina 15</i>	98
<i>Obrázek 126: Příkaz „Profil textu“</i>	98
<i>Obrázek 127: Skica 19</i>	99
<i>Obrázek 128: Nabalení skici 1</i>	99
<i>Obrázek 129: Příkaz „kolmo k ploše“</i>	100
<i>Obrázek 130: Vysunutí kolmo k ploše 1</i>	100
<i>Obrázek 131: Hrnek – finální model</i>	101
<i>Obrázek 132: Hrnek – rozměry (přední pohled)</i>	102
<i>Obrázek 133: Hrnek – rozměry (dimetrický pohled)</i>	102
<i>Obrázek 134: Hrnek – rozměry (finální zaoblení)</i>	103
<i>Obrázek 135: Kladivo – finální model (otočený o 90° doleva)</i>	103
<i>Obrázek 136: Kladivo – rozměry (přední a levý pohled)</i>	104
<i>Obrázek 137: Kladivo – profil první a druhé skici</i>	105
<i>Obrázek 138: Kladivo – profil třetí skici</i>	105
<i>Obrázek 139: Kladivo – profil čtvrté skici</i>	105

<i>Obrázek 140: Kladivo – profil řezu pro funkci „BlueSurf“</i>	106
<i>Obrázek 141: Kladivo – profil trajektorie pro funkci „BlueSurf“</i>	106
<i>Obrázek 142: Kladivo – profil plošky po provedené zrcadlení a průniku.....</i>	107