FAKULTA
PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ
A PEDAGOGICKÁ TUL

Diplomová práce

3D tisk na základní škole

Studijní program:	N0114A300076 Učitelství pro 2. stupeň základních škol
Studijní obory:	Informatika Matematika
Autor práce:	**Bc. Kateřina Čiháčková**
Vedoucí práce:	Mgr. Petra Pirklová, Ph.D. Katedra matematiky a didaktiky matematiky

Liberec 2023

FAKULTA
PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ
A PEDAGOGICKÁ TUL

Zadání diplomové práce

3D tisk na základní škole

Jméno a příjmení:	**Bc. Kateřina Čiháčková**
Osobní číslo:	P20000909
Studijní program:	N0114A300076 Učitelství pro 2. stupeň základních škol
Specializace:	Informatika Matematika
Zadávající katedra:	Katedra matematiky a didaktiky matematiky
Akademický rok:	2020/2021

Zásady pro vypracování:

Zpracovat problematiku 3D tisku, uvést seznam programů pro 3D tisk a zhodnotit je a doporučit vhodné softwary pro 1. a 2. stupeň základní školy. Ve vhodných programech zpracovat krok po kroku vznik modelu pro 3D tisk. Soustředit se na problémové úlohy s geometrickými objekty, se kterými se seznamují žáci na základní škole. Vytvoření počátku databáze šablon objektů spojených s matematikou a geometrií a její umístění na www stránku s odkazy. Součástí práce bude také dotazníkové šetření mezi učiteli k problematice 3D tisku na základních školách a zpětná vazba k vytvořeným šablonám.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

VORDERMAN, Carol: *Help Your Kids with Maths*. Dorling Kindersley Limited, London 2014. ISBN 978-1-4093-5571-7.
KEBZA, V., KUŘINA, F., PŮLPÁN, Z.: *O představivosti a její roli v matematice*. Praha, Academia, 1992. ISBN 8020004440.
MOLNÁR, J.: *Rozvíjení prostorové představivosti (nejen) ve stereometrii.* 2. rozš. vyd. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2254-1.
PALKOVÁ, M. a kol.: *Průvodce matematikou 2 aneb co byste měli znát z geometrie ze základní školy.* Didaktis, Brno, 2007. ISBN 978-80-7358-275-3
SIMONDS, B.: *Blender master class: a hands-on guide to modeling, sculpting, materials, and rendering*. O´Reilly, USA, 2013. ISBN-13: 978-15-9327-477-1.
Toysinbox 3D Printing: *3D Modeling with Tinkercad for 3D Printing*. Toysinbox 3D Printing, USA, 2018. ISBN-13 : 978-1732190405.
Voráčová Š.: *Atlas geometrie*. Praha, Academia, 2012. ISBN 978-80-200-1575-4.
blender.org
https://www.tinkercad.com/
6 Principles of Great 3D Modeling in Blender – CG Cookie

Vedoucí práce: Mgr. Petra Pirklová, Ph.D.
Katedra matematiky a didaktiky matematiky

Datum zadání práce: 8. ledna 2021
Předpokládaný termín odevzdání: 1. května 2022

L.S.

prof. RNDr. Jan Picek, CSc.
děkan

doc. RNDr. Jana Příhonská, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 19. dubna 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

17. června 2023 Bc. Kateřina Čiháčková

Anotace

V diplomové práci zpracováváme problematiku 3D tisku, uvádíme seznam bezplatných programů pro 3D tisk na základní škole, které hodnotíme na základě stanovených kritérií. Doporučujeme vhodné softwary pro 1. a 2. stupeň základní školy. Ve všech uvedených programech zpracujeme krok po kroku vznik modelu pro 3D tisk.

Dále se soustředíme na problémové úlohy s geometrickými objekty, se kterými se seznamují žáci na základní škole. Vytvoříme počátek databáze šablon objektů spojených s matematikou a geometrií a umístíme na www stránku s odkazy.

Součástí diplomové práce je dotazníkové šetření mezi učiteli k problematice 3D tisku na základních školách a zpětná vazba k vytvořeným šablonám.

Klíčová slova:

3D tisk, 3D softwary, databáze modelů, pracovní listy.

Abstract

In the diploma thesis, we deal with the issue of 3D printing, we provide the list of programs that are free and can be used for 3D printing in grade school. We evaluate those programs according to set out criteria. We recommend suitable software for the primary and lower-secondary school. In all the mentioned programs we process step by step the creation of the final model for 3D printing.

In another part we focus on problem tasks with geometric Objects, which pupils are introduced to in grade school. We will create the beginning of a database of Object templates related to mathematics and geometry and place the templates on a web site.

One part of the diploma thesis is a questionnaire survey among teachers on the issue of 3D printing in grade schools and feedback on created templates.

Key words:

3D printing, 3D software, database models, worksheets.

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí diplomové práce Mgr. Petře Pirklové, Ph.D. za její čas, přístup a trpělivost. Také si velmi vážím jejích rad, které mi věnovala během zpracování diplomové práce. Dále pak své celé rodině za trpělivost při studiu.

Obsah

Anotace **5**

Abstract **6**

Seznam obrázků **14**

Seznam tabulek **15**

Použité značení a zkratky **16**

Úvod **17**

1 Úvod do 3D tisku **18**
1.1 Historie 3D tisku . . . 18
1.2 Základní technologie 3D tisku . . . 19
1.2.1 Káďová polymerace – SLA . . . 19
1.2.2 Spékání práškové vrstvy – SLS . . . 19
1.2.3 Vytlačování materiálu – FDM . . . 19
1.3 Technologie FDM – Princip 3D tisku . . . 20
1.4 Materiály – vlákna . . . 22
1.4.1 PLA – Kyselina polymléčná . . . 22
1.4.2 PET/PETG – Polyetyléntereftalát/Polyetyléntereftalát – Glykol . . . 23
1.4.3 ABS – Akrylonitrilbutadienstyren . . . 23
1.4.4 ASA – Akrylonitrilstyrenakryl . . . 23
1.4.5 Nylon . . . 23
1.4.6 BVOH/PVA – Butenediol vinylalkoholový kopolymerl/ polyvinylalkohol . . . 24
1.4.7 PVB – Polyvinyl butyral . . . 24
1.4.8 Flexibilní materiály . . . 24
1.5 Souřadnicový systém tiskáren . . . 25
1.6 Průměr trysky . . . 25
1.7 Druhy tiskových ploch . . . 26
1.7.1 Plát s hladkým PEI (polyetylenimid) povrchem . . . 27
1.7.2 Plát se zrnitým práškovým PEI povrchem . . . 27
1.7.3 Plát se saténovým PEI povrchem . . . 28
1.8 3D tisk v průmyslu . . . 28

1.8.1 Zdravotnictví . . . 28
1.8.2 Strojírenství . . . 29
1.8.3 Stavebnictví a architektura . . . 29
1.8.4 Letecký průmysl . . . 30
1.8.5 Další využití 3D tisku . . . 30
1.9 3D tisk ve školství . . . 31

2 Bezplatné 3D softwary **32**
2.1 1. stupeň základní školy . . . 32
2.1.1 Tinkercad . . . 32
2.1.2 SketchUp . . . 33
2.2 2. stupeň základní školy . . . 35
2.2.1 Blender . . . 35
2.2.2 Onshape . . . 36
2.2.3 Meshmixer . . . 37
2.2.4 Fusion 360 . . . 38
2.2.5 Geogebra . . . 39
2.2.6 FreeCAD . . . 39
2.2.7 OpenSCAD . . . 41

3 Modelování objektů v programech **43**
3.1 Modelování v Tinkercad . . . 43
3.1.1 Modelování duté krychle . . . 44
3.1.2 Modelování dutého kvádru . . . 46
3.1.3 Modelování dutého válce . . . 47
3.2 Modelování ve SketchUp . . . 50
3.2.1 Modelování duté krychle . . . 50
3.2.2 Modelování dutého kvádru . . . 55
3.2.3 Modelování dutého válce . . . 56
3.3 Modelování v Blender . . . 60
3.3.1 Modelování duté krychle . . . 60
3.3.2 Modelování dutého kvádru . . . 63
3.3.3 Modelování dutého válce . . . 64
3.4 Modelování v Onshape . . . 68
3.4.1 Modelování duté krychle . . . 68
3.4.2 Modelování dutého kvádru . . . 74
3.4.3 Modelování dutého válce . . . 74
3.5 Modelování v Meshmixer . . . 78
3.5.1 Prostředí softwaru Meshmixer . . . 78
3.6 Modelování ve Fusion 360 . . . 80
3.6.1 Modelování duté krychle . . . 80
3.6.2 Modelování dutéhé kvádru . . . 84
3.6.3 Modelování dutého válce . . . 85
3.7 Modelování v FreeCAD . . . 90
3.7.1 Modelování duté krychle . . . 90

3.7.2 Modelování dutého kvádru . . . 98
3.7.3 Modelování dutého válce . . . 99
3.8 Modelování v OpenSCAD . . . 105
3.8.1 Modelování duté krychle . . . 105
3.8.2 Modelování dutého kvádru . . . 106
3.8.3 Modelování dutého válce . . . 107

4 Prakticko-výzkumná část **110**
4.1 Příprava výzkumu . . . 110
4.2 Výzkumné předpoklady . . . 110
4.3 Dotazník pro učitele základních škol . . . 112
4.4 Vyhodnocení dotazníku . . . 117

5 Databáze pracovních listů a modelů **128**
5.1 Sestavení 3D modelu krychle a kvádru . . . 128
5.2 Objem základních těles . . . 135

6 Databáze dalších modelů **142**
6.1 Matematické hodiny . . . 142
6.2 Procvičování mocnin . . . 144
6.3 Tangramy . . . 145
6.4 Naučné schody . . . 146
6.5 Jeden litr . . . 147
6.6 Robotka Zoe . . . 149

Závěr **151**

Reference **153**

Seznam obrázků

1.1 Technologie FDM . . . 20
1.2 Filament . . . 21
1.3 Výška vrstvy a průměr trysky . . . 26
1.4 Dům vytištěný 3D tiskárnou . . . 30

2.1 Logo Tinkercad . . . 33
2.2 Logo SketchUp . . . 34
2.3 Logo Blender . . . 35
2.4 Logo Onshape . . . 36
2.5 Logo Meshmixer . . . 37
2.6 Logo Fusion 360 . . . 39
2.7 Logo Geogebra . . . 40
2.8 Logo FreeCAD . . . 40
2.9 Logo OpenSCAD . . . 41

3.1 Prostředí Tinkercad . . . 44
3.2 Upravíme rozměry kvádrů . . . 44
3.3 Výška kvádru – díry . . . 45
3.4 Vytvoření duté krychle . . . 45
3.5 3D model duté krychle . . . 46
3.6 3D model dutého kvádru . . . 46
3.7 Zvolení objektů pro dutý válec . . . 47
3.8 Nastavení rozměrů válců . . . 47
3.9 Vytvoření dutého válce . . . 48
3.10 Uložení 3D modelu ve formátu STL . . . 48
3.11 3D model dutého válce . . . 49
3.12 Pohled shora na 3D model dutého válce . . . 49
3.13 Prostředí SketchUp . . . 50
3.14 Postup při modelování duté krychle . . . 51
3.15 Postup při modelování duté krychle . . . 51
3.16 Postup při modelování duté krychle . . . 52
3.17 Postup při modelování duté krychle . . . 53
3.18 Postup při modelování duté krychle . . . 54
3.19 3D model duté krychle . . . 55
3.20 3D model dutého kvádru . . . 55
3.21 Podstava válce . . . 56
3.22 Střed horní podstavy . . . 56

3.23 Pomocné osy válce . . . 57
3.24 Kruh určující průměr díry . . . 57
3.25 Vytvoření dutého válce . . . 58
3.26 Odstranění pomocných os . . . 58
3.27 3D model dutého válce . . . 59
3.28 Pohled shora na 3D model dutého válce . . . 59
3.29 Prostředí Blender . . . 60
3.30 Nastavení rozměrů objektu . . . 61
3.31 Duplikování objektů . . . 61
3.32 Modifikátory objektu I. . . . 62
3.33 Modifikátory objektu II. . . . 62
3.34 3D model duté krychle . . . 63
3.35 3D model dutého kvádru . . . 63
3.36 Vložení nového objektu . . . 64
3.37 Vlastnosti válce . . . 65
3.38 Duplikování objektu . . . 65
3.39 Objektům nastavíme míry a umístění . . . 66
3.40 Nastavení modifikátorů . . . 66
3.41 3D model dutého válce . . . 67
3.42 Pohled shora na 3D model dutého válce . . . 67
3.43 Prostředí Onshape . . . 68
3.44 Funkce Skica . . . 69
3.45 Středový obdélník . . . 69
3.46 Rozměry podstavy . . . 70
3.47 Náčrt 1 . . . 70
3.48 Extrudování podstavy . . . 71
3.49 Umístění čtverce pro budoucí díru . . . 71
3.50 Modelování díry do krychle . . . 72
3.51 Skrytí rovin ve scéně . . . 72
3.52 Uložení modelu jako STL . . . 73
3.53 3D model duté krychle . . . 73
3.54 3D model dutého kvádru . . . 74
3.55 Rovina a funkce Skica . . . 74
3.56 Středový kruh . . . 75
3.57 Extrudování podstavy . . . 75
3.58 Umístění kruhu pro budoucí díru . . . 76
3.59 Modelování díry do válce . . . 76
3.60 3D model dutého válce . . . 77
3.61 Pohled shoda na 3D model dutého válce . . . 77
3.62 Prostředí Meshmixer . . . 78
3.63 Nabídka nástrojů Meshmixer s popisky . . . 79
3.64 Výběr krychle z nabídky . . . 80
3.65 Výběr roviny pro modelování . . . 81
3.66 Rozměry krychle . . . 81
3.67 Nastavení rozměrů krychle . . . 82

3.68 Vytvoření důté krychle . . . 82
3.69 Nastavení síly stěn duté krychle . . . 83
3.70 Uložení modelu duté krychle . . . 83
3.71 3D model duté krychle . . . 84
3.72 3D model dutého kvádru . . . 84
3.73 Modelování vnějšího válce . . . 85
3.74 Výběr roviny . . . 85
3.75 Rozměr podstavy vnějšího válce . . . 86
3.76 Výška vnějšího válce . . . 86
3.77 Rozměr podstavy vnitřního válce . . . 87
3.78 Výška vnitřního válce . . . 87
3.79 Uložení modelu válce . . . 88
3.80 3D model dutého válce . . . 89
3.81 Pohled shora na 3D model dutého válce . . . 89
3.82 Nastavení softwaru . . . 90
3.83 Nastavení softwaru . . . 91
3.84 Styly navigace v FreeCAD . . . 91
3.85 Výběr plochy pro modelování . . . 92
3.86 Nastavení zobrazení mřížky ve scéně . . . 92
3.87 Vložení objektu . . . 93
3.88 Nastavení délky objektu . . . 93
3.89 Nastavení šířky objektu . . . 94
3.90 Nastavení rozměrů objektu . . . 94
3.91 Sjednocení vrcholů . . . 95
3.92 Sjednocení vrcholů – Detail . . . 95
3.93 Podstava budoucí krychle . . . 96
3.94 Vymodelování krychle . . . 96
3.95 Modelování skořepiny krychle . . . 97
3.96 Modelování duté krychle . . . 97
3.97 3D model duté krychle . . . 98
3.98 3D model dutého kvádru . . . 98
3.99 Vytvoření kružnice . . . 99
3.100 Vytvoření kružnice . . . 99
3.101 Vytvoření kružnice . . . 101
3.102 Poloměr kružnice . . . 101
3.103 Vytvoření válce . . . 102
3.104 Nastavení výšky válce – Detail . . . 102
3.105 Vytvoření skořepiny . . . 103
3.106 Vytvoření dutého válce . . . 103
3.107 3D model dutého válce . . . 104
3.108 Pohled shoda na 3D model dutého válce . . . 104
3.109 Prostředí OpenSCAD . . . 105
3.110 Kód pro vymodelování duté krychle . . . 105
3.111 Kód pro vymodelování duté krychle – Detail . . . 106
3.112 Kód pro vymodelování duté krychle – Vysvětlivky . . . 106

3.113 Kód pro vymodelování dutého kvádru 106
3.114 Kód pro vymodelování dutého válce 107
3.115 Kód pro vymodelování dutého válce 107
3.116 Kód pro vymodelování dutého válce 107
3.117 3D model dutého válce 108
3.118 Pohled shoda na 3D model dutého válce 108

4.1 Dotazník pro učitele základních škol – první část 113
4.2 Dotazník pro učitele základních škol – druhá část 114
4.3 Dotazník pro učitele základních škol – třetí část 115
4.4 Dotazník pro učitele základních škol – čtvrtá část 116
4.5 Výsledky dotazníkového šetření 117
4.6 Výsledky dotazníkového šetření 118
4.7 Výsledky dotazníkového šetření 118
4.8 Výsledky dotazníkového šetření 119
4.9 Výsledky dotazníkového šetření 120
4.10 Výsledky dotazníkového šetření 120
4.11 Výsledky dotazníkového šetření 121
4.12 Výsledky dotazníkového šetření 122
4.13 Výsledky dotazníkového šetření 123
4.14 Výsledky dotazníkového šetření 123
4.15 Výsledky dotazníkového šetření 124
4.16 Výsledky dotazníkového šetření 124
4.17 Výsledky dotazníkového šetření 125
4.18 Výsledky dotazníkového šetření 126

5.1 3D model krychle, 3D model kvádru 128
5.2 3D model krychle 131
5.3 3D model krychle 132
5.4 3D model kvádru 133
5.5 3D model kvádru 134
5.6 3D model duté krychle, kvádru a válce 135
5.7 3D model duté krychle 138
5.8 3D model dutého kvádru 139
5.9 3D model dutého válce 140
5.10 Pozorování společných vlastností 3D modelů 141

6.1 Matematické hodiny 142
6.2 Kostka na procvičování mocnin 144
6.3 Tangram 145
6.4 Naučné schody 146
6.5 Jeden litr 147
6.6 Robotka Zoe 149

Seznam tabulek

1.1 Průměr trysky 26
1.2 Přehled tiskových plátů 28

2.1 Přehled bezplatných 3D softwarů 42

3.1 Přehled přesností 3D softwarů 109

Použité značení a zkratky

V textu používáme zejména následující značení:

Značení	**Význam**
SLA	Káďová polymerace
SLS	Spékání práškové vrstvy
FDM	Vytlačování materiálu
STL	Stereolitografie
FFF	Fúzní filamentová technologie
G-CODE	Geometrický kód
PLA	Kyselina polymléčná
PET/PETG	Polyetyléntereftalát/Polyetyléntereftalát – Glykol
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
ASA	Akrylonitrilstyrenakryl
BVOH/PVA	Butenediol vynilalkoholový kopolymerl/Polyvinylalkohol
PVB	Polyvinyl butyral
PEI	Polyetylenimid
CSG	Konstruktivní geometrie těles
STEP	Standard pro výměnu produktových dat
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
OBJ	Object
DXF	Drawing Exchange Format
SVG	Scalable Vector Graphics
ICT	Informační a komunikační technologie

Úvod

Technologie 3D tisku dnes zažívá bouřlivý vývoj. Velmi rychle se rozvíjí a najdeme její uplatnění v mnoha odvětvích průmyslu, vzdělávání a dokonce i v domácnostech.

Cílem této diplomové práce je seznámit čtenáře s touto technologií a představit možnosti využití na základní škole. Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a prakticko-výzkumnou část.

V teoretické části přestavujeme technologii 3D tisku a její historii v kapitole *Úvod do 3D tisku*. Zkoumáme bezplatné 3D softwary a podle složitosti při modelování programy doporučujeme pro 1. nebo 2. stupeň základní školy. Současně tyto softwary podle přesnosti 3D modelů zařazujeme do kategorie sculpting nebo 3D CAD modeling. Přitom krok po kroku v kapitole *Modelování objektů* zaznamenáváme a slovně popisujeme postup při modelování ve 3D softwarech. Vznikající 3D modely využijeme v hodinách matematiky, spolu s pracovním listem, na procvičení již probraného učiva.

V prakticko-výzkumné části vyhodnocujeme provedený výzkum mezi učiteli, kde ověřujeme předem stanovené výzkumné předpoklady.

V části *Vyhodnocení dotazníku* pak shrnujeme výsledky, na základě kterých potvrzujeme či vyvracíme pět stanovených výzkumných předpokladů.

Současně s diplomovou prací vznikaly www stránky *3dtisk-proskoly.cz*, které jsou naplněny poznatky z této práce. Čtenář na www stránkách nalezne také šablony objektů vymodelovaných v této praci a spolu s pracovními listy je lze vytisknout a obohatit tak výuku o tyto aktivity. Současně mají www stránky čtenáři poskytnout potřebné informace týkající se technologie 3D tisku na jednom místě a usnadnit pedagogům, žákům i široké veřejnosti práci při seznamování se s touto technologií.

1 Úvod do 3D tisku

Technologie 3D tisku, známá také jako aditivní výroba, je proces výroby třírozměrných objektů vrstvením materiálu na základě digitálního modelu. To znamená, že objekt je vytvářen postupným nanášením v malých vrstvách, které se postupně spojují a vytvářejí konečný tvar.

V procesu aditivní výroby se materiál postupně hromadí na sebe, dokud se konečný tvar nevytvoří. To je jiný způsob, než tradiční opracování materiálu, jako je frézování nebo stružení. Aditivní výrobou můžeme vyrobit téměř libovolné modely, včetně složitých vnitřních struktur, které by bylo obtížné nebo nemožné vytvořit jinými výrobními procesy. Aditivní výroba má také další výhody, jako je rychlost a flexibilita. Výroba vysokého množství stejných produktů může být nákladově a časově náročná, ale aditivní výroba umožňuje snadnou výrobu menších sérií produktů s rychlostí, kterou by bylo obtížné dosáhnout jinými způsoby. Proces 3D tisku začíná vytvořením digitálního modelu pomocí CAD softwaru nebo skenováním fyzického objektu. Tento digitální model se pak rozdělí do vrstev, které budou postupně vytvářeny tiskem. Materiály používané pro 3D tisk zahrnují různé typy plastů, kovů, keramiky, dřeva, papíru a další. Materiál se vkládá do tiskárny, která ho poté zahřeje a nanáší na podklad nebo předchozí vrstvu materiálu, dokud se objekt postupně nevytvoří.

Doposud neexistoval natolik všestranný výrobní nástroj, který by byl zároveň tak dostupný nejširší veřejnosti.

1.1 Historie 3D tisku

První zdokumentované zmínky o 3D tisku jsou zpočátku 80. let 20. století z Japonska. V roce 1981 Hideo Kodama přichází s aditivním přístupem nanášení vrstvy po vrstvě s využitím fotocitlivé pryskyřice, kterou polymerizoval UV světlem. Ačkoliv si Kodama nepodal na tuto technologii patent, je obecně považován za prvního vynálezce technologie, která je raným předchůdcem moderních 3D tiskáren typu SLA. [1] Více o SLA viz kapitola 1.2.1 na straně 19.

S prvním patentem přišel v roce 1986 Chuck Hall, který si nechal patentovat stereolitografii a o dva roky později založil společnost 3D Systems Corporation a začal prodávat první komerční 3D tiskárny s technologií SLA.

Začátky 3D tisku byly pomalé. Tisklo se z jednoduchých materiálů a vytvářely se jen primitivní objekty. Využívání 3D tiskáren bylo finančně nákladné a tisk jednoho modelu trval velmi dlouhou dobu, třeba i pár dnů. [2]

Technologie 3D tisku prochází v současné době bouřlivým rozvojem. Postupně se vyvíjí a stává se součástí našich soukromých i profesních životů. Tato technologie je využívána napříč obory od vzdělávání, přes průmysl, stavebnictví až po zdravotnictví a mnohé další. Do budoucna jich bude zcela jistě rychle přibývat.

1.2 Základní technologie 3D tisku

1.2.1 Káďová polymerace – SLA

Základním principem SLA – stereolitografie je využití fotosenzitivní pryskyřice. Po vystavení ultrafialovému záření určité vlnové délky exponované dvourozměrné vzory tuhnou a postupným skládáním na sebe vzniká trojrozměrný objekt. Po dokončení polymerace první vrstvy se platforma posune o vrstvu výš nebo níž, záleží na typu tiskárny. Cyklus tisku se několikrát opakuje, čímž se vytvoří další dílčí vrstvy, až nakonec vznikne celý model. Výhodou této technologie je schopnost tisku z kvalitních materiálů, což umožnuje tisk detailních a velmi propracovaných předmětů. Tato technologie je nejstarší.

1.2.2 Spékání práškové vrstvy – SLS

Spékání práškové vrstvy (Selective Laser Sintering) je technika založená na zpracovávání prášku. Prášek je selektivně spájen laserovým paprskem tak dlouho, dokud spojením jednotlivých vrstev nedojde k vytvoření 3D objektu. Výhodou této metody je, že na rozdíl od SLA nebo FDM nejsou zapotřebí podpěry, neboť tištěný objekt se nachází po dobu tisku v prášku. Nevyhnutelnou součástí následného zpracování je odstranění přebytečného prášku z produktu. Tento typ tisku je vhodný pro výrobu produktů vyžadujících pevnost a komplexní geometrii. [3]

Podpěry fungují jako prevence proti zhroucení objektu v průběhu tisku. Nanášejí se vrstvu po vrstě na podložku spolu s modelem. [13]

1.2.3 Vytlačování materiálu – FDM

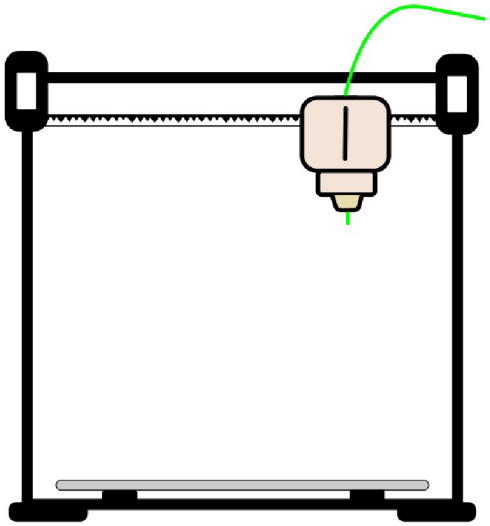
Tyto tiskárny fungují na principu extruze zahřátého termoplastického vlákna a jeho ukládání na podložku, čímž se vytváří jednotlivé vrstvy, které se vrství jedna na druhou, a tím postupně vzniká 3D model. Po vytištění jsou patrné jednotlivé vrstvy materiálu. Výtisk není tak detailní jako u výše uvedené SLA metody.

Pokud předpokládáme pevnost výrobku, je důležité si rozmyslet, jaká bude orientace modelu na podložce. Výtisk má totiž menší pevnost ve směru rovnoběžném s vrstvami než kolmo na vrstvy. Z vytištěného objektu je nutné odstranit případné podpůrné materiály, pokud si je tisk předmětu vyžadoval. U některých novějších typů tiskáren jsou tyto struktury (podpěry) rozpustné, čímž je dosaženo hladšího výsledného povrchu.

Další fáze následného zpracování, jako je úprava povrchu leštěním nebo barvením, nejsou povinné. Tato metoda je vhodná zejména pro tisk prototypů. [4]

V této práci se budeme zabývat výhradně technologií FDM, které jsou na základních školách vzhledem k pořizovací i provozní ceně tiskáren dostupné.

1.3 Technologie FDM – Princip 3D tisku



Obrázek 1.1: Technologie FDM

1. Prvním krokem je naskenování či vymodelování modelu v sofistikovaném softwaru.

2. Dalším krokem je exportování daného modelu do 3D souboru, který je zpravidla ve stereolitografickém neboli STL formátu.

   Zkratka STL, STereoLitografie značí formát souboru často používaný pro ukládání a převádění složitého návrhu do softwaru tiskáren. Existují i další vysvětlení této zkratky, jako například Standard Triangle Language nebo Standard Tessellation Language. [3] Soubor STL jednoduše definuje prostorové body a propojuje tyto body do série trojúhelníků, které se v souhrnu nazývají „síť“ (mesh) nebo síťový objekt. Soubor se označuje jako „plášťový model“ (shell model) a můžeme si jej představit jako tenkou slupku s dutým vnitřkem. [12] Soubor STL je nejpoužívanější formát 3D tisku. [5]

3. Po dokončení těchto kroků se STL soubor převede do softwaru „slicer“.

   Slicer digitální soubor „nakrájí“ na velmi malé tenké plátky. Z nich 3D tiskárna zjistí, kde má při tisku 3D objektu definovat a umísťovat každou vrstvu. Tento výstupní formát se nazývá g-code.

(a) Soubor G-CODE obsahuje instrukce pro tiskárnu. Například množství vytlačeného filamentu, nastavení teploty, rychlosti větráčku, pohybu trysky a další instrukce uzpůsobené konkrétnímu typu 3D tiskárny a materiálu.

(b) Model v tomto formátu již není příliš vhodný k editaci.

(c) Tento G-CODE je pak vytištěn za použití uživatelského softwaru tiskárny, který dokáže informace načíst a využít k instruktáži 3D tiskárny v průběhu výrobního procesu.

Ve sliceru nastavujeme např. množství výplně v %, která je uvnitř objektu. Objekty obvykle nemají 100% výplň, místo toho uvnitř obsahují určitou geometrickou strukturu. Výplň může mít různou podobu, od jednoduché čtvercové mřížky až po složité obrazce. Většina modelů se tiskne s 10–15% výplní, pokud však potřebujeme větší pevnost, můžeme zvolit vyšší hodnotu.

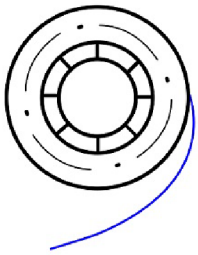
Většina 3D tiskáren zvládne tisknout do určitého úhlu (v literatuře nejčastěji uvádí do 45°) bez nutnosti použití podpěr. Tento úhel se liší v závislosti na použité tiskárně a filamentu.

Za zmínku stojí také funkce Límec, která slouží ke zvýšení přilnavosti objektu k podložce. Okolo modelu se vytiskne širší první vrstva. Smysl má tehdy, pokud se model dotýká podložky jen malou plochou.

4. Model vzniká tak, že tiskárna přidává jednotlivé vrstvy materiálu a z těchto vrstev postupně vytváří výsledný objekt. Do části stroje zvaného extruder (tiskové hlavy) je zaveden filament (materiál, ze kterého je objekt vytvořen).

5. Uvnitř extruderu se filament roztaví a poté je protlačen skrze trysku, která pak nanese velmi tenkou vrstvu materiálu. Když materiál opustí trysku, ukládá se na tiskovou desku, kde následně chladne a tuhne. Jednotlivá vrstva se spojí s předchozí a vzniká tak vrstvu po vrstvě model.

6. Po vytištění produktu následuje fáze zpracování neboli post-processing, jehož úkolem je příprava předmětu k použití. [6]



Obrázek 1.2: Filament

1.4 Materiály – vlákna

Spotřebitelské 3D tiskárny umožňují tisknout se stále větší škálou materiálů. V současné době neexistuje žádná technologie 3D tisku, která by byla univerzální a vhodná pro všechna použití. Proto je třeba předem vědět, co požadujeme od vytištěného modelu a k čemu bude model sloužit. S neustálým vývojem 3D tisku se mění i nabídka materiálů a neustále se vylepšují jejich tiskové vlastnosti a kvalita.

Nejznámější technologie 3D tisku je možné rozdělit do tří kategorií podle toho, jakou podobu má tiskový materiál a jakým způsobem je zpracováván.

1. Tekutý materiál je vytvrzován v rámci vrstvy na definovaných oblastech. Příkladem je technologie SLA. Materiál je vytvrzován světelným paprskem UV laserem.
2. Materiál v podobě jemného prášku je spékán laserem. Představitelem tohoto principu je technologie SLS (selective laser sintering).
3. Materiál v podobě filamentu (vlákna) je vytlačovaný extruderem skrz rozehřátou trysku. Příkladem je technologie FDM (fused deposition modeling), FFF (fused filament fabrication). Filamenty se vyrábějí z mnoha materiálů, z nichž každý má odlišné vlastnosti. Podle vlastností předmětu, který chceme vytisknout, vybíráme materiál a dle materiálu tiskárnu.

My se zde zaměříme na technologii FDM, která nabízí největší výběr. Tloušťka vlákna se obvykle pohybuje mezi 1,75 a 2,85 mm a k jeho roztavení je třeba 190 °C až 290 °C v závislosti na druhu materiálu. Filament se v extruderu roztaví na požadovanou teplotu a tryska nanáší roztavený filament vrstvu po vrstvě na tiskovou desku do požadovaného tvaru objektu.

V následujícím textu uvedeme druhy filamentu, které se při technologii FDM nejběžněji používají.

1.4.1 PLA – Kyselina polymléčná

PLA se používá k tisku modelů se zaměřením na detail, rychlé prototypování, tvorbu levných modelů, jednoduchých hraček, šperků atd. Nehodí se však pro technické ani venkovní použití, protože neodolává vysokým teplotám (deformuje se už při 60 °C).

PLA je vyroben z přírodních zdrojů, jako je kukuřičná mouka nebo cukrová třtina, a je biologicky odbouratelný. Rozkládá se kompostováním, ale pouze ve specializovaných průmyslových kompostárnách, kde teploty přesahují 80 °C. PLA nevyžaduje vyhřívanou podložku, tiskne se rychle a při nízkých teplotách (jeho bod tání okolo 175 °C). Na rozdíl od jiných filamentů se PLA téměř nekroutí. Podléhá rozkladu vlivem UV záření a mechanicky také nepatří mezi nejodolnější materiály. Při nárazu se láme po vrstvách či po střepinách (oproti jiným materiálům, které se spíš ohnou). [13]

- Doporučená teplota trysky: 215 °C první vrstva, 210 °C ostatní vrstvy.
- Doporučená teplota podložky: 50–60 °C.
- Vyhřívaná podložka: Plát s hladkým PEI (polyetylenimid) povrchem.

1.4.2 PET/PETG – Polyetyléntereftalát/Polyetyléntereftalát – Glykol

PET/PETG je jeden z nejsnadněji tisknutelných materiálů. Poměrně vysoká houževnatost a dobrá teplotní odolnost z něj činí vhodný filament pro tisk mechanických součástek, vodotěsných objektů (květináče) atd.

Vlákno má lesklý povrch, dobrou přilnavost k podložce a téměř se nekroutí. Modely vyrobené z PETG je možné díky tepelné odolnosti použít v interiérech a v některých exteriérech s teplotami nepřesahujícími 80 °C. Písmeno G ve zkratce PETG označuje glykol, který se přidává během výrobního procesu. Glykol modifikuje vlastnosti PET, aby byl méně křehký, snadnější pro tisk a více průhledný při tisku s poloprůhlednými variantami. [13]

- Doporučená teplota trysky: 230 °C první vrstva, 240 °C ostatní vrstvy.
- Doporučená teplota podložky: 85 °C první vrstva, 90 °C ostatní vrstvy.
- Podložka: Plát se zrnitým práškovým PEI povrchem. Plát s hladkým PEI povrchem s možností přidání tenké vrstvy tyčinkového lepidla.

1.4.3 ABS – Akrylonitrilbutadienstyren

ABS byl prvním dostupným tiskovým materiálem. ABS je materiál, který je díky své houževnatosti a teplotní odolnosti vhodný k tisku mechanicky namáhaných dílů. Při tisku dochází k uvolňování nebezpečných výparů, proto je důležité během tisku na tento fakt myslet. Tiskárna by neměla stát v průvanu, neboť to negativně ovlivňuje výsledný tisk. Při tisku dochází ke kroucení objektu, proto se doporučuje tisknout v uzavřeném boxu.

- Doporučená teplota trysky: 245–265 °C.
- Doporučená teplota podložky: 100 °C, je možné nastavit teplotu podložky mezi 80 a 110 °C v závislosti na velikosti objektu (větší objekty vyžadují vyšší teplotu).
- Podložka: Plát s hladkým PEI povrchem. Pro snadnější sejmutí z podložky se doporučuje nechat model vychladnout.

1.4.4 ASA – Akrylonitrilstyrenakryl

ASA je nástupce ABS. Většinu vlastností mají stejných, avšak ASA je proti ABS UV stabilní a má menší teplotní roztažnost, a tudíž se lépe tiskne.

1.4.5 Nylon

Nylon je extrémně odolný materiál. Vhodný je pro tisk funkčních technických dílů s vysokými nároky na teplotní a mechanickou odolnost. Polyamidy uvolňují silný zápach s potenciálně nebezpečnými jemnými částicemi, takže je nutné jej tisknout v dobře větrané místnosti nebo v uzavřeném obalu.

- Doporučená teplota trysky: 285 °C.
- Doporučená teplota podložky: 110 °C.

1.4.6 BVOH/PVA – Butenediol vinylalkoholový kopolymerl/ polyvinylalkohol

BVOH a PVA jsou vodou rozpustné materiály, vhodné pro tisk podpěr u složitě tvarovaných modelů, kde tvary nedovolují standardní odstranění podpěr. Je třeba mít pro použití tohoto materiálu dvojitou trysku/extruder. Nejlépe tisknutelná kombinace je použití PLA s BVOH nebo PVA, protože mají podobné tiskové teploty. Rozdíl mezi BVOH a PVA spočívá v ceně a tisknutelnosti. PVA je obvykle levnější, ale snadněji zanese extruder a BVOH ještě o něco více přilne na podložku.

- Doporučená teplota trysky: 215 °C BVOH, 195 °C PVA.
- Doporučená teplota podložky: 60 °C.
- Podložka: Plát s hladkým PEI povrchem, plát se saténovým práškovým povrchem.

1.4.7 PVB – Polyvinyl butyral

PVB má podobné tiskové vlastnosti jako PLA, mechanickými vlastnostmi se však podobá PETG. Je vhodný k tvorbě vizuálních modelů, například netradičních váz, šperků, stínidel na světla atd. PVB je vhodný ke snadnému vyhlazení nerovností pomocí isopropyl alkoholu. Nehodí se k tisku technických modelů. Jeho prostorová stálost sice předčí většinu filamentů a houževnatostí se blíží materiálům, jako je například PETG, ale teplotní odolností, odolností v tahu a soudržností vrstev se podobá spíš PLA.

- Doporučená teplota trysky: 205–225 °C.
- Doporučená teplota trysky: 205–225 °C.
- Podložka: Plát s hladkým PEI povrchem, plát se saténovým práškovým povrchem.

1.4.8 Flexibilní materiály

Flexibilní materiály disponují výbornou ohebností, houževnatostí a chemickou odolností. Tyto materiály se chovají jako guma. Při ohnutí nepraskají, ale ohýbají se. Na výběr máme z několika stupňů tvrdosti a tisk bývá tím náročnější, čím je filament měkčí. Vzhledem k náročnosti při tisku se tyto materiály nepoužívají příliš často.

Flexibilní filamenty jsou chemicky a mechanicky odolné materiály. Používají se např. pro tisk krytu na telefon, kola na autíčko, pouzdro na kameru, části bot, pásky atd. Vzhledem k jeho vlastnostem je potřeba tisknout na zrnitý PEI plát nebo použít hladký PEI plát s aplikací tenké vrstvy lepící tyčinky Kores. Doporučuje se modely

tisknout pomalu. Čím pomalejší tisk, tím lépe. Při vyšších rychlostech hrozí ucpání trysky nebo namotání filamentu do podávacích koleček u extruderu.

Tisk z flexibilních materiálů se doporučuje pouze zkušeným uživatelům, vzhledem k řadě komplikací vznikajících při tisku.

- Doporučená teplota trysky: 230–260 °C.
- Doporučená teplota podložky: 45–65 °C (větší objekty vyžadují větší teplotu).
- Podložka: Plát se zrnitým práškovým PEI povrchem. Plát s hladkým PEI povrchem s přidání tenké vrstvy tyčinkového lepidla.

1.5 Souřadnicový systém tiskáren

Podle způsobu pohybu v trojrozměrném prostoru rozdělujeme 3D tiskárny do následujících kategorií:

- Kartézská tiskárna je vybavena osami x, y, z, kde se tisková hlava pohybuje nahoru a dolů, podložka dopředu a dozadu. U většiny tiskáren je tisková podložka pravoúhlého tvaru. Tato technologie je vhodná pro tisk menších objektů.
- Delta tiskárna využívá zavěšeného extruderu na třech ramenech, která jsou spolu spojená v místě extruderu. Výhodou jsou rychlé pohyby a velký tiskový prostor především v ose z. Naopak tiskárna vyžaduje vysokou přesnost při stavbě a následné kalibraci.
- Polar tiskárna je založena na polárním pohybu tiskové hlavy po dvou osách a rotační podložce. Tento systém je konstrukčně velmi jednoduchý, ale ovládání je poměrně komplikované.
- Scara tiskárna je vybavena robotickým nebo kloubovým ramenem ovládajícím extruder. Tiskárna je jednoduchá na sestavení. V současnosti je pořizovací cena vysoká, avšak v budoucnu najde své uplatnění především v průmyslu. [14]

1.6 Průměr trysky

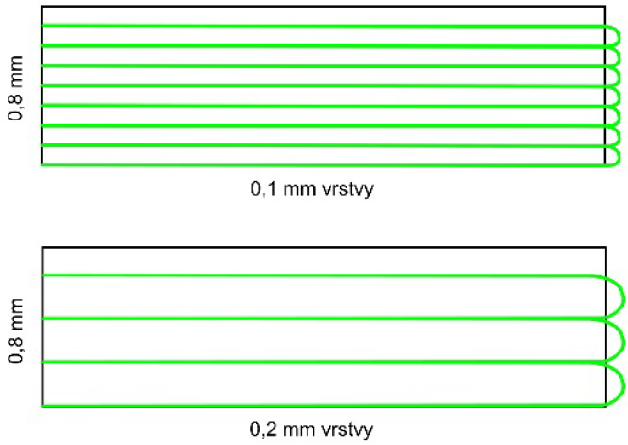
Standardní průměr trysky u tiskáren je 0,4 mm. Na trhu najdeme menší i větší trysky a jejich výměna na jakékoliv tiskárně je záležitostí několika minut.

Čím větší trysku používáme, tím vyšší vrstvy dokážeme nanášet, což může tisk urychlit, ale také ovlivnit kvalitu detailů výsledného modelu výhradně v horizontální rovině (rovnoběžně s tiskovou plochou).

Pro detailní tisk je vhodné využít trysku s průměrem 0,25 mm. Jejich výhody jsou patrné na členitých objektech jako šperky, loga, tisk miniatur atd. Dále pak pro tisk podrobného textu za předpokladu, že text je umístěn na horní straně tištěného modelu. Výška vrstvy ovlivňuje úroveň detailů na svislých a šikmých stranách objektu. Další výhodou je snadnější odstranění podpěr z modelu. Nevýhodou je vyšší riziko ucpání trysky a delší čas tisku. [13]

Průměr trysky ovlivňuje také mechanické vlastnosti vytištěných modelů. **Charpyho test rázové houževnatosti** odhalil, že předměty vytištěné tryskou 0,6 mm absorbovaly až o 25,6 % energie více než předměty vytištěné 0,4 mm tryskou. Předměty vytištěné tryskou 0,25 mm absorbovaly o 3,6 % méně energie než modely vytištěné 0,4 mm tryskou. [13] Při použití větší trysky tedy zvyšujeme houževnatost vytištěných modelů.

Výška vrstvy by neměla přesáhnout 80 % průměru trysky. Pokud používáme trysku 0,4 mm, je maximální výška vrstvy asi 0,32 mm. S tryskou 0,6 mm je však možné dosáhnout výšky vrstvy až 0,48 mm. [13].



Obrázek 1.3: Výška vrstvy a průměr trysky

Průměr trysky	*Výhody*	*Nevýhody*
Větší než 0,4 mm	Rychlejší tisk Menší riziko ucpání trysky Pevnější výtisky	Hůře se odstraňují podpěry Horší rozlišení drobných detailů a textu
Menší než 0,4 mm	Větší přesnost Vhodná pro tisk textu Snadno odstranitelné podpěry	Pomalejší tisk Větší riziko ucpání trysky Nekompatibilní s některými vlákny (vlákna obsahují větší částice)

Tabulka 1.1: Průměr trysky

1.7 Druhy tiskových ploch

Součástí FDM 3D tiskáren je tiskový plát, kam extruder nanáší filament vrstvu po vrstvě. Tento plát je vyhřívaný podle druhu materiálu, ze kterého se tiskne. Podložka je vybavena magnetem pro lepší manipulaci. To zajišťuje pohodlné sundávání plátu z tiskárny a zároveň je pevně zafixovaný na svém místě v průběhu tisku. Podložku je třeba před každým tiskem vyčistit od nečistot a odmastit. To zajistíme pomocí

odmašťovače. Nejvíce se používá IPA (isopropylalkohol). Střídáme-li více plátů na jedné tiskárně, je třeba vždy před tiskem doladit osu Z zkalibrovat.

1.7.1 Plát s hladkým PEI (polyetylenimid) povrchem

Hladký tiskový plát je vyroben z oceli – pružinového plátu, který je potažený tenkou vrstvou polyetylenimid folií.

- Výhody – výhodou tohoto povrchu je velmi hladká první vrstva výtisku. Podložka je ideální pro tisk s PLA, ABS, Nylon a PETG.
- Nevýhody – nevýhodou je složitější oddělení modelu od podložky tak, aby nedošlo k poškození první vrstvy plátu, která slouží k lepšímu přilnutí modelu k podložce. Tuto vlastnost nám zajištuje právě hladký povrch podložky. [13] Na podložku je možné aplikovat tenkou vrstvu lepící tyčinky Kores pro lepší přilnavost modelu k povrchu.
- Údržba – před každým tiskem je třeba odstranit nečistoty na podložce. Pro čistění podložky se doporučuje IPA a aceton pro důkladné vyčištění tiskové plochy. Pokud se na tiskové desce vytvoří skvrny nebo nečistoty, které se nedají odstranit jen IPA, můžete použít roztok kapalného saponátu nebo mycího prostředku. Důkladně opláchneme a osušíme tiskovou desku po použití těchto roztoků. Po čištění by měla být tisková deska čistá a bez nečistot nebo skvrn. Pokud se na tiskové desce objeví jakékoliv stopy po lepidle nebo jiné nečistoty, doporučuje se opakovat proces čištění.

1.7.2 Plát se zrnitým práškovým PEI povrchem

Práškový povrch je nanesený přímo na kov, který schová většinu mechanických poškození způsobených používanými nástroji. Prášková struktura dodává první vrstvě patrnou zrnitou texturu, která je viditelná na vytištěných modelech. Podložka je ideální pro tisk s ABS. Texturovaná podložka PEI je nejlepší pro tisk materiálů, které jsou obtížně lepivé a kde je potřeba zlepšit adhezi mezi tiskovou podložkou a tisknutým objektem.

To znamená, že tisknutý objekt se méně hýbe na tiskové desce během tisku, a snižuje se tak možnost posunutí objektu nebo poškození objektu.

- Výhody – po ochlazení plátu se výtisky automaticky odpojí od podložky.
- Nevýhody – u modelů z PLA s malou kontaktní plochou je potřeba nastavit límec (brim) při tisku, aby lépe model držel na podložce. Modely z PLA s velkým půdorysem se zase mohou na podložce kroutit.
- Údržba – podobná jako u podložky s hladkým povrchem. Podložka se nesmí čistit acetonem. Při použití vznikají mikropraskliny, které poškozují povrchovou úpravu podložky.

1.7.3 Plát se saténovým PEI povrchem

Práškový povrch s jemnou matnou texturou umožňuje optimální adhezi, zejména pro tisk materiálů jako PLA a PETG, které jsou obtížně lepivé. Tento typ tiskového plátu má také vysokou odolnost proti poškození, a snižuje se tak možnost posunutí objektu nebo poškození objektu během tisku. Saténový povrch je kompromisem mezi texturovaným a hladkým povrchem.

- Výhody – je plně kompatibilní se širokou škálou materiálů, jako například ABS, ASA, polykarbonát atd. Výhodou je, že většinu těchto materiálů lze tisknout bez vrstvy lepidla. Zanechává na tištěném modelu matnou strukturu.
- Nevýhody – mezi nevýhody řadíme povrch desky, který je jemný a náchylný na poškození kovovými předměty. Proto se nedoporučuje při odejmutí modelu používat ostré nástroje.
- Údržba – podobně jako u podložky s hladkým povrchem. Podložka se nesmí čistit acetonem. [15]

	Výhody	*Nevýhody*	*Čištění*
Plát s hladkým PEI povrchem	• Ideální pro tisk z PLA ABS, Nylon a PETG • Drobné modely se udrží na podložce	• Složitější odstranění modelu od podložky	• IPA • Mycí prostředy • Aceton
Plát se zrnitým PEI povrchem	• Po ochlazení lehce odstranitelné modely od podložky • Ideální pro tisk z ABS	• PLA výtisky s malou kontaktní plochou mohou potřebovat límec • PLA výtisky s velkým půdorysem se mohou kroutit	• IPA • Mycí prostředky
Plát se saténovým PEI povrchem	• Ideální pro tisk PLA PETG a materiály obtížně lepivé • Výborná adheze • Jednoduchá údržba	• Složitější odstranení modelu od podložky	• IPA • Mycí prostředky

Tabulka 1.2: Přehled tiskových plátů

1.8 3D tisk v průmyslu

Nové technologie ovlivňují realitu právě tehdy, když se uplatňují v každodenním životě. V současné době mnohé firmy 3D tisk nasazují, aby rozšířily svou nabídku, zlepšily služby a stávající produkty, a dokonoce vytvářely nové.

Všeobecně 3D tisk může v průmyslu pomoci ke snížení nákladů na výrobu, protože umožňuje vyrábět předměty přímo z digitálního modelu, aniž by bylo nutné vytvářet nástroje nebo formy pro klasickou výrobu. Toto může pomoci ke snížení odpadu a ke zkrácení času potřebného k výrobě předmětu.

1.8.1 Zdravotnictví

Ve zdravotnictví se 3D tisk používá k výrobě různých předmětů, jako jsou protetické díly, ortopedické pomůcky, kostní náhrady a další.

3D tisk se také používá k výrobě modelů pro vzdělávání a cvičení lékařů a chirurgů a k výrobě simulátorů pro trénink anestezie a resuscitace. Zubaři pomocí 3D

tisku zaznamenávají strukturu zubů a čelisti svých pacientů, aby mohli připravit například plastová rovnátka.

V posledních letech se 3D tisk také začal používat k výrobě léčivých přípravků a léčivých přístrojů, jako jsou inhalátory a další. Je pravděpodobné, že v budoucnu se 3D tisk bude v zdravotnictví stále více rozšiřovat a že se stane důležitým nástrojem pro výrobu a dodávku léčivých přípravků a zdravotnického vybavení. [7]

Nejstarší použití 3D tisku bylo právě ve zdravotnictví, kdy byla vytištěna ve Velké Británii v roce 2010 náhrada kyčelního kloubu. [8]

1.8.2 Strojírenství

Ve strojírenství se 3D tisk používá k výrobě různých předmětů a komponentů, včetně nástrojů, dílů strojů a zařízení, prototypů a dalších. 3D tisk umožňuje vyrábět předměty s velmi složitou geometrií, které by bylo obtížné nebo nemožné vyrobit jinými způsoby.

1.8.3 Stavebnictví a architektura

Ve stavebnictví a architektuře se 3D tisk používá k výrobě různých předmětů a konstrukcí, včetně modelů budov a staveb, prototypů atd. Technologie 3D tisku může být užitečná pro navrhování a plánování staveb, protože umožňuje vytvářet přesné a detailní modely budov a zkoumat jejich vzhled.

Jako v mnoha jiných oborech, i ve stavebnictví je otázka nákladů jedním ze základních kritérií. Ukazuje se, že budovy vytištěné metodou 3D tisku by mohly být právě z hlediska nákladů výhodnější než budovy postavené konvenční stavební metodou. Mezi další benefity patří rychlost výstavby, menší personální nároky, minimalizace přepravních a dodacích lhůt a také čistší pracovní prostředí. Dnes je nejvíce stavebních robotů ovládajících technologii tisku v Dánsku, zemi, která je celosvětovým lídrem v oblasti robotiky. [25]

I u nás se plánuje během pár let stavět budovy pomocí 3D tisku. V Třešti vznikla unikátní 3D tiskárna pro tisk konstrukcí budov. V současnosti se jedná o největší 3D tiskárnu v České republice. Tiskárna je schopná, jako jedna z mála na světě, pracovat ve venkovním prostředí bez ochranné stavby a umožňuje tisknout budovu přímo na místě, kde trvale zůstane. Hrubou stavbu je 3D tiskárna schopna vytisknout za 1-2 dny. [26]

Obrázek 1.4: Dům vytištěný 3D tiskárnou [27]

1.8.4 Letecký průmysl

V leteckém průmyslu se 3D tisk používá k výrobě různých předmětů a komponentů, včetně nástrojů, dílů letadel a dalšího leteckého vybavení.

3D tisk se také používá k výrobě prototypů a modelů letadel pro testování a vývoj. Tyto modely a prototypy mohou pomoci při navrhování a vývoji nových letadel nebo při zlepšování stávajících modelů.

1.8.5 Další využití 3D tisku

3D tisk je jedním z oborů, kde zítra znamená včera. Už dnes se tedy setkáte s využitím v oblastech, kde bychom to nečekali. Například při tisku jídla. V tomto případě místo filamentu v extruderu máme zavedenou náplň v podobě těsta, čokolády nebo třeba sýru. NASA rozvíjí tento nápad s cílem zásobovat astronauty na dlouhotrvajících cestách ve vesmíru. Na světě existuje několik restaurací, jež servírují vytisknutá jídla. [10]

V letech 2012 až 2014 se například konala 3D Printshow, kde byla prezentována umělecká díla v různých průmyslových oborech, sochařství, designu nebo módním průmyslu. [11]

Dále se 3D tisk také využívá v automobilovém průmyslu k výrobě prototypů, modelů a náhradních dílů pro automobily. Možná jste někdy zatoužili řídit auto, jehož volant byl vyroben speciálně pro vás. Pomocí 3D tisku můžete tyto představy realizovat a celé auto přizpůsobit vlastním potřebám. V lednu roku 2012 byl veřejnosti představen automobil Strati firmy Locan Motors – futuristické auto vyrobené pomocí 3D tisku metodou rychlého prototypování. [12]

Ve zbrojním průmyslu se 3D tisk používá k výrobě nástrojů, dílů a prototypů pro vojenské účely.

Jak vidíme, 3D tisk v budoucnu má své uplatnění v mnoha odvětvích, a proto je dobré děti s touto technologií seznamovat.

1.9 3D tisk ve školství

Technologie 3D tisku se na základní škole může používat k různým účelům, včetně vzdělávání dětí o technologii 3D tisku, podpory výuky různých předmětů a rozvoje tvůrčích dovedností žáků. Může být použit k výrobě předmětů, pomůcek nebo struktur pro výuku fyziky, chemie, matematiky atd. Dále k výrobě nástrojů nebo pomůcek pro výuku tělesné výchovy nebo pracovních činností.

Technologie poslouží jako nástroj pro rozvoj tvůrčích dovedností. Například mohou žáci navrhovat a tisknout vlastní hračky nebo předměty pro domácnost.

Celkově lze říci, že 3D tisk může být užitečným nástrojem pro vzdělávání studentů na všech typech škol a může pomoci k rozvíjení tvůrčích schopností studentů.

Proč je dobré seznamovat děti na školách s technologií 3D tisku?

- Podpora názornosti: 3D tisk může pomoci studentům rozvinout prostorovou představivost, a mohou si tak lépe zapamatovat informace.
- Podpora rozvoje tvůrčích dovedností: 3D tisk podporuje schopnosti žáků při modelování návrhů v softwaru.
- Příprava na budoucnost: 3D tisk je technologie, která se rychle rozvíjí a která může mít velký význam v mnoha odvětvích průmyslu. Seznamování dětí s 3D tiskem může pomoci připravit je na budoucnost a poskytnout jim dovednosti, které budou moci uplatnit.
- Podpora rozvoje digitálních dovedností: 3D tisk vyžaduje používání počítačů a softwaru, což může pomoci studentům rozvíjet technologické dovednosti a zlepšit jejich digitální gramotnosti.
- Podpora rozvoje kritického myšlení: Používání 3D tisku může pomoci studentům rozvíjet kritické myšlení a schopnost řešit problémy. Učí se během procesu, které nastanou pomocí objevování nebo předchozích chyb.

Celkově lze říci, že seznamování dětí ve školách s technologií 3D tisku může pomoci podporovat jejich vzdělávání a rozvíjet jejich schopnosti a dovednosti.

Ty dovednosti, které jsou důležité pro úspěšné zapojení se do společnosti a budou potřebné v mnoha různých oborech v budoucnu. Navíc, seznamování dětí s 3D tiskem může být zábavné a motivující pro studenty, což může podpořit jejich zájem o vzdělávání.

2 Bezplatné 3D softwary

Modelování objektů v různých softwarech můžeme rozdělit do dvou základních typů:

Sculpting: Je sochařské modelování k vytváření nepravidelných tvarů (lidí, zvířat, rostlin). U sculptingu se tvaruje virtuální hmota podobně jako u sochaře.

3D CAD modeling: Je přesné parametrické modelování dílů na základě zadaných hodnot.

S rychlostí, jakou se dnes 3D technologie vyvíjí, bude jistě rozdělení přibývat. Modelování objektů v programech je náročná činnost a začátky mohou být těžké. Před samotnou tvorbou modelů je třeba se obrnit trpělivostí a seznámit se s uživatelským prostředím programu a jeho obsluhou. Na trhu existuje řada programů pro 3D tisk, z nichž některé jsou určeny pro profesionální použití a jiné jsou vhodnější pro začátečníky nebo pro domácí kutily.

Doporučuji seznamovat se postupně s prostředím v různých softwarech. Do budoucna to může zjednodušit a zrychlit práci při modelování složitějších objektů.

My se zaměříme na programy, které jsou zdarma a jsou vhodné pro použití na základní škole, a to zvlášť pro 1. a 2. stupeň základní školy. Ve všech níže uvedených programech lze importovat i exportovat soubor ve formátu STL. Většina programů je v českém jazyce, některé v anglickém jazyce. U každého programu to vždy uvedeme.

2.1 1. stupeň základní školy

2.1.1 Tinkercad

Tinkercad je bezplatný online software pro 3D modelování, který běží ve webovém prohlížeči. Stačí se zaregistrovat a začít modelovat z jakéhokoli počítače nebo zařízení s připojením k internetu.

Tinkercad používá k vytváření modelů zjednodušenou metodu CSG (constructive solid geometry). CSG je matematický model, který se používá k modelování 3D objektů pomocí jednoduchých tvarů, jako jsou krychle, kvádr, válec, hranol, koule atd. CSG umožňuje vytvářet složité 3D modely pomocí základních funkcí (zarovnání, seskupení, zrcadlení atd.). [16] Program je dostupný v českém jazyce.

Obrázek 2.1: Logo Tinkercad

Dostupnost

www.tinkercad.com

Formát souboru

Podporuje formáty STL, OBJ, SVG.

Výhody/Nevýhody

Software je vhodný pro sculpting. Je intuitivní, uživatel se orientuje velmi rychle. Není příliš vhodný pro parametrické modelování složitějších objektů. Viz modelování válce na obrázku 3.1.3 na straně 47, kde podstavu tvoří pravidelný mnohoúhelník, ale nelze vymodelovat podstavu jako kruh.

Doporučení pro 1. stupeň základní školy

Tinkercad je uživatelsky přívětivý nástroj pro 3D navrhování a modelování. Vzhledem k jeho jednoduchosti a snadnému použití, které žákům umožňuje rychle a snadno vytvářet 3D návrhy a modely bez mnoha předchozích znalostí nebo zkušeností, doporučuji tento software již na 1. stupeň základní školy. Učitel díky němu seznámí děti se základními pojmy 3D tisku, na které později naváže v dalších programech.

2.1.2 SketchUp

Jedná se o uživatelsky přívětivý software, který má jednoduché a intuitivní rozhraní. SketchUp lze použít k vytváření jednoduchých 3D modelů budov, krajin a dalších objektů, což žákům umožňuje vizualizovat a prozkoumat různé koncepty designu. To jim může pomoci rozvíjet jejich prostorovou představivost a dovednosti při řešení problémů.

SketchUp lze navíc použít k vytváření prezentací a vizuálních pomůcek pro různé projekty. Žáci tak mohou prezentovat své nápady a návrhy poutavějším a interaktivnějším způsobem. SketchUp má také širokou škálu zdrojů a výukových programů dostupných online, které mohou učitelům a žákům pomoci naučit se orientovat v softwaru a zlepšit své dovednosti. SketchUp má bezplatnou i placenou verzi.

Bezplatnou verzi lze stáhnout a nainstalovat do počítače, po instalaci nevyžaduje připojení k internetu. Je k dispozici pro počítače Windows a Mac. Bezplatná verze ve srovnání s placenou verzí má určitá omezení, ale stále poskytuje dostatečné možnosti použití pro výuku žáků ve 3D grafice. Existuje také webová verze aplikace SketchUp s názvem SketchUp Free, kterou lze používat přímo ve webovém prohlížeči bez nutnosti stahování nebo instalace jakéhokoli softwaru. Tato verze SketchUp je zjednodušenou verzí plného softwaru, ale stále má mnoho stejných základních funkcí. [17] Program je dostupný v českém jazyce.

Obrázek 2.2: Logo SketchUp

Dostupnost

www.sketchup.com

Formát souboru

Podporuje formáty STL a mnoho dalších.

Výhody/Nevýhody

Software je vhodný pro sculping. Obsahuje rozsáhlou knihovnu objektů (návrhy domů, okna, dveře, nábytek, bytové doplnky atd.), které lze volně stáhnout a použít při modelování. Není příliš vhodný pro parametrické modelování složitějších objektů. Viz modelování válce na obrázku 3.2.3 na straně 59, kde podstavu tvoří pravidelný mnohoúhelník, ale nelze vymodelovat podstavu jako kruh.

Doporučení pro 1. stupeň základní školy

Stejně jako Tinkercad je i SketchUp jednoduchý a pro začátečníky přívětivý nástroj, který lze použít na 1. stupni základní školy.

2.2 2. stupeň základní školy

2.2.1 Blender

Blender je dostupný na mnoha platformách a operačních systémech. Software Blender je kompletně zdarma, a to i pro komerční využití, pod licencí GNU GPL (česky „obecná veřejná licence GNU“). Několikrát do roka vychází aktualizovaná verze. Program stačí instalovat a začít modelovat.

Blender je bezplatný software pro třírozměrnou počítačovou grafiku, který se používá k vytváření animovaných filmů, vizuálních efektů, uměleckých děl, třírozměrných tištěných modelů, pohyblivé grafiky, interaktivních třírozměrných aplikací, virtuální reality a dříve i videoher.

Mezi funkce programu Blender patří 3D modelování, polohování textury na model, texturování, digitální kreslení, editace rastrové grafiky, inverzní kinematiky, simulace tekutin a kouře, simulace částic, simulace měkkých těles, sochařství, animace, renderování, pohyblivé grafiky, střihu videa a kompozic. [18] Program je dostupný v českém jazyce.

Obrázek 2.3: Logo Blender

Dostupnost

www.blender.org

Formát souboru

Blender ukládá data do jediného souboru s příponou .blend. Tento .blend formát podporuje kompresi, digitální podpisy, zakódování, zpětnou kompatibilitu a může být použit jako knihovna, do níž přistupujete z jiného souboru. Modely lze exportovat i importovat v mnoha formátech včetně STL.

Výhody/Nevýhody

Software je profesionálním nástrojem pro sculpting a nejen pro něj. Dá se použít k animaci, vizuálním efektům atd.

Není příliš vhodný pro parametrické modelování. Při modelování válce, kde podstavu tvoří pravidelný mnohoúhelník, ale nelze zvolit podstavu jako kruh viz obrázek 3.3.3 na straně 67.

Doporučení pro 2. stupeň základní školy

Blender je výkonný a všestranný 3D animační a modelovací software, který se používá v mnoha průmyslových odvětvích, včetně filmu, vývoje videoher a vizualizace architektury. Díky tomu je cenným nástrojem pro výuku žáků o 3D animaci, digitálnímu umění a dalších příbuzných oborech a také jim dává šanci prozkoumat pokročilejší tvorbu digitálních médií.

Pracovní rozhraní programu Blender může být pro začátečníky dost komplikované. Možnosti přepínání několika pracovních režimů střídající se s různými možnostmi zobrazení modelů působí na první pohled nepřehledně. Po delší práci v programu a zorientování se v možnostech zobrazení začíná být program intuitivní. Vyžaduje pokročilejší technické znalosti a zkušenosti. Vzhledem k tomu, že se jedná o složitější software, doporučuji jej na 2. stupeň základní školy.

2.2.2 Onshape

Onshape je cloudový software pro počítačové navrhování (CAD), který uživatelům umožňuje vytvářet, upravovat a sdílet 3D modely. Obsahuje řadu nástrojů pro skicování, modelování, sestavování a spolupráci, stejně jako možnost přístupu a úpravy modelů z jakéhokoli zařízení s připojením k internetu.

Onshape také obsahuje funkce pro správu verzí a pracovních postupů, takže se dobře hodí pro použití ve strojírenství a výrobě. Onshape je placený software, který nabízí různé druhy předplatného, včetně bezplatné verze. Bezplatná verze je určena pro fanoušky, učitele a studenty. Umožňuje jim vytvářet a upravovat 3D modely, avšak s určitými omezeními na úložišti a počtu soukromých dokumentů, které lze vytvořit.

V placené verzi nabízí Onshape přístup k pokročilejším funkcím, většímu úložišti a také možnosti vytvářet soukromé dokumenty a spolupracovat na nich. Tyto plány jsou určeny pro použití ve strojírenství a výrobě a obvykle je používají společnosti a organizace. [19] Protože programujeme v on-line prostředí, dá se stránka automaticky přeložit, tak jako jsme to udělali my. Tuto volbu však nedoporučuji, protože přeložení funkcí často neodpovídá realitě (viz postup). Program je dostupný v aglickém jazyce.

Obrázek 2.4: Logo Onshape

Dostupnost

www.onshape.com

Formát souboru

Podporuje formáty STL a mnoho dalších.

Výhody/Nevýhody

Onshape je vhodný nástroj pro parametrické modelování přesných dílů na základě zadaných hodnot.

Doporučení pro 2. stupeň základní školy

Onshape je profesionální 3D modelovací software, který se primárně používá ve strojírenství a výrobě. Je navržen pro použití profesionály a zkušenějšími uživateli, kteří jsou obeznámeni s koncepty a technikami 3D modelování. I když se rozhraní Onshape poměrně snadno používá, může být složité pro mladší žáky.

2.2.3 Meshmixer

Autodesk Meshmixer je software pro 3D modelování, který uživatelům umožňuje vytvářet, upravovat a opravovat 3D modely. Je zvláště užitečný pro práci s trojúhelníkovými sítěmi a má širokou škálu nástrojů pro úpravy, tvarování a analýzu 3D modelů.

Obsahuje různé booleovské operace, jako je sjednocení, rozdíl a průnik, které lze použít k vytvoření složitých modelů. Obsahuje sochařské nástroje pro tvarování a vyhlazování modelů a také nástroje pro přidávání a odebírání detailů, analytické nástroje pro měření a kontrolu modelů, včetně 3D pravítka, kalkulátoru plochy povrchu a kalkulátoru objemu.

Autodesk Meshmixer je softwarový program ke stažení. Lze jej stáhnout a nainstalovat do počítače se systémem Windows nebo Mac z webu společnosti Autodesk. Po stažení a instalaci jej lze používat offline, nevyžaduje připojení k internetu. Software je dostupný v anglickém jazyce. [23]

Obrázek 2.5: Logo Meshmixer

Dostupnost

www.meshmixer.com

Formát souboru

Podporuje formáty STL a mnoho dalších.

Výhody/Nevýhody

Meshmixer je primárně určen pro úpravy a tvorbu 3D modelů, zejména pro sochařské a organické tvary. Tento software disponuje mnoha nástroji, které umožňují uživatelům snadné tvarování, upravování složitých organických tvarů a dalších uměleckých děl. Program je vhodný pro úpravu modelů ve formátu STL.

Pokud jde o parametrické modelování, Meshmixer není nejlepší volbou. Tento software se zaměřuje především na volnou tvorbu, což znamená, že nezahrnuje přesné nástroje pro vytváření geometrických tvarů a parametrických modelů.

Doporučení pro 2. stupeň základní školy

Autodesk Meshmixer je výkonný 3D modelovací software, který vyžaduje určité předchozí znalosti 3D modelování. Autodesk však na svých webových stránkách poskytuje mnoho výukových programů a zdrojů, které mohou uživatelům pomoci naučit se software efektivně používat.

2.2.4 Fusion 360

Fusion 360 je software, který umožňuje vytvářet tzv. „plné modely“, které mají definované hmotnosti a objemy podle materiálů, který je jim přiřazen. Pro každý model lze spustit simulace, které umožní vizualizovat, co se s objekty stane v reálném světe, když budou příslušným způsobem zatěžovány.

Bezplatná verze je určena pro jednotlivce a malé týmy a nabízí řadu funkcí pro konstrukci, analýzu a simulaci produktů. Například: návrh a tvorba 3D modelů s možností importu a exportu souborů různých formátů, možnost generování 2D výkresů z 3D modelu, řezání a frézování s možností generování kódu NC (Numerical Control), simulace a analýza výkonu produktu, včetně analýzy FEM (Metoda konečných prvků), integrované nástroje pro správu verzí a revizí projektu, možnost připojení se k oblíbeným aplikacím, jako je např. GitHub a Microsoft Teams, spolupráci a sdílení projektů s ostatními členy týmu. Program je dostupný v anglickém jazyce.

Fusion 360 lze používat jak online, tak offline a je třeba se registrovat. Má webovou verzi, která je dostupná přes prohlížeč, a také desktopová verze, kterou je nutné stáhnout a nainstalovat na počítač.

Jedná se o mocný nástroj pro návrh a simulaci bez nutnosti utratit velké finanční prostředky. [24] Program je dostupný v anglickém jazyce.

Dostupnost

www.autodesk.com

Obrázek 2.6: Logo Fusion 360

Formát souboru

Podporuje formáty STL a mnoho dalších.

Výhody/Nevýhody

Software je dokonalým příkladem parametrického modelování. Obsahuje mnoho pokročilejších nástrojů, které vyžadují předchozích zkušeností s modelováním.

Doporučení pro 2. stupeň základní školy

Fusion 360 je relativně snadno ovladatelný program s intuitivním uživatelským rozhraním. Software může být užitečný nástroj pro učení dětí na druhém stupni základní školy o 3D designu a inženýrských konceptů.

2.2.5 Geogebra

GeoGebra je matematický software, který umožňuje práci s geometrickými objekty, jako jsou body, vektory, úsečky, kružnice a mnoho dalších. Může být použit pro vzdělávání v matematice, fyzice a dalších předmětech. Software poskytuje interaktivní učební materiály a umožňuje také vytvářet vlastní modely a simulační scénáře. Je k dispozici pro různé platformy včetně Windows, Mac a Linux.

Software podporuje export souboru ve formátu STL, ale pouze v online verzi. Umožňuje uživatelům vytvořit 3D modely a exportovat je pro další úpravy nebo tisk. Není to však vhodný nástroj pro 3D modelování, neboť primárně slouží k vytváření matematických objektů a neobsahuje širší nabídku nástrojů pro modelování. Program je dostupný v českém jazyce. [20] Informaci o programu uvádíme pro zajímavost.

Dostupnost

www.geogebra.org

2.2.6 FreeCAD

FreeCAD je bezplatný a open-source 3D software. Je primárně používán pro vytváření 3D modelů pro použití v inženýrském a architektonickém designu. Má širokou škálu funkcí a nástrojů, které umožňují uživatelům vytvářet modely dílů, budov atd.

Obrázek 2.7: Logo Geogebra

Program má modulární architekturu a může být rozšířen o různé pracovní plochy pro konkrétní úkoly, jako je strojírenství, architektonický design a elektrotechnika. Software také poskytuje Pythonovou konzoli, která umožňuje uživatelům psát makra, skripty a automatizovat opakující se úkoly.

FreeCAD používá parametrický přístup k modelování, což znamená, že uživatel může definovat parametry modelu a později je změnit a model se podle toho aktualizuje. Má také širokou škálu nástrojů pro tvorbu, úpravy a manipulaci s 3D modely. Podporuje import a export mnoha populárních formátů souborů, včetně STL. Může být skvělým nástrojem pro žáky, nadšence a profesionální inženýry, kteří hledají silný, ale bezplatný 3D modelovací software.

FreeCAD je open-source software, je volně dostupný ke stažení pro různé operační systémy, jako jsou Windows, MacOS a Linux. Uživatelé si mohou stáhnout instalační soubor a nainstalovat ho na svůj počítač, aby mohli software používat. Primárně není dostupný jako online verze, ale existují některé weby, které poskytují vzdálené využití FreeCAD na jejich vlastním serveru, kde se uživatelé mohou přihlásit a pracovat na svých projektech pomocí webového rozhraní.

Za zmínku stojí, že jako open-source software je zdrojový kód FreeCADu veřejně dostupný, což umožňuje uživatelům měnit, vylepšovat a distribuovat software. To také znamená, že při používání softwaru nejsou žádné skryté náklady nebo poplatky a uživatelé mohou také přistupovat ke komunitnímu fóru pro podporu. Program je dostupný v anglickém jazyce. [21]

Obrázek 2.8: Logo FreeCAD

Dostupnost

www.freecadweb.org

Formát souboru

Podporuje formáty STL a mnoho dalších.

Výhody/Nevýhody

FreeCAD je dokonalým příkladem parametrického modelování. Obsahuje mnoho pokročilejších nástrojů, které vyžadují předchozích zkušeností s modelováním.

Doporučení pro 3. stupeň základní školy nebo pro nadané žáky 2. stupně

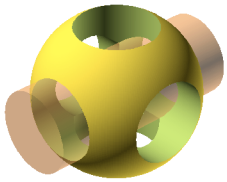
FreeCAD je vhodný pro žáky 3. stupně, mají-li žáci předešlé zkušenosti s 3D modelováním a navrhováním. Pokud žáci nemají žádné zkušenosti s 3D modelováním, mohou být pro žáky některé funkce a možnosti FreeCADu složité.

2.2.7 OpenSCAD

OpenSCAD je bezplatná softwarová aplikace pro 3D modelování s otevřeným zdrojovým kódem, která uživatelům umožňuje vytvářet 3D modely pro 3D tisk. Je unikátní v tom, že k vytváření modelů používá jednoduchý a přesný programovací jazyk, spíše než grafické uživatelské rozhraní. Díky tomu je skvělým nástrojem pro uživatele, kteří jsou obeznámeni s programováním nebo chtějí vytvářet parametrické návrhy, kde můžete změnit velikost, tvar nebo jakékoli jiné parametry modelu pouze změnou hodnot v kódu.

Používá se především v technických oborech, jako je strojírenství, architektura a produktový design, laserové řezání, CNC frézování a využívají jej také kutilové k vytváření 3D modelů.

OpenSCAD je třeba stáhnout a nainstalovat do počítače uživatele. Je k dispozici pro Windows, Mac a Linux a lze jej zdarma stáhnout z oficiálních stránek. Jakmile si stáhnete a nainstalujete software, můžete program otevřít a začít vytvářet své 3D modely. Vzhledem k tomu, že používá programovací přístup, je nutné napsat nebo importovat kód, který představuje model, ale software vám poskytuje editor, kde můžete psát a zároveň vidět výsledek v reálném čase. Program je dostupný v anglickém jazyce. [22]



Obrázek 2.9: Logo OpenSCAD

Dostupnost

www.openscad.org

Formát souboru

Podporuje formáty STL a mnoho dalších.

Výhody/Nevýhody

Software OpenSCAD je vynikající program pro parametrické modelování. Je však třeba, aby uživatel znal základy programování, neboť se modelování zakládá na programovacím jazyku.

Doporučení pro 3. stupeň základní školy nebo pro nadané žáky 2. stupně

OpenSCAD je 3D software, který umožňuje uživatelům vytvářet 3D modely pomocí kódu. Tento kód se skládá z jazyka C++ a SCAD jazyka (Scripted CAD). Jazyk SCAD poskytuje uživatelům sadu příkazů pro tvorbu 3D modelů, jako jsou geometrické útvary, transformace atd. Tyto příkazy se pak kompilují do kódu C++, který je interpretován OpenSCAD engine. Jedná se tedy o poměrně pokročilý software. Program doporučuji pro nadané žáky, kteří mají předchozí zkušenosti s programováním.

Shrnutí bezplatných softwarů

	Online	*Offline*	*Registrace*	*Zdarma*	*Stupeň školy*
Tinkercad	✔	✗	✔	✔	1. stupeň
SketchUp	✔	✔	✔	✔	1. stupeň
Blender	✗	✔	✗	✔	2. stupeň
Onshape	✔	✗	✔	✔	2. stupeň
Meshmixer	✗	✔	✗	✔	2. stupeň
Fusion 360	✗	✔	✔	✔	2. stupeň
FreeCAD	✗	✔	✗	✔	2.-3. stupeň
OpenSCAD	✗	✔	✗	✔	2.-3. stupeň

Tabulka 2.1: Přehled bezplatných 3D softwarů

Programy byly porovnávány z hlediska několika zkoumaných parametrů zmiňovaných v jednotlivých kapitolách. Počínaje jejich dostupností přes přehlednost rozhraní po dostupné funkce programů. V následující kapitole bude uveden zkoumaný parametr a jeho následné vyhodnocení v jednotlivých programech.

3 Modelování objektů v programech

V této kapitole uvedeme postup krok po kroku modelování duté krychle, dutého kvádru a dutého válce v programech, které jsou vhodné pro použití na 1. a 2. stupni (viz kapitola 2.1 na straně 42). Z této databáze modelů vybereme ty nejlepší 3D modely a využijeme je na problémové úlohy s geometrickými objekty, se kterými se seznamují žáci na základní škole. Zvolili jsme jednoduché objekty pro modelování také proto, že s těmito tvary začátečníci často pracují a upravují je.

Přitom srovnáme složitost a přesnost softwarů při modelování jednotlivých objektů. Dále si vybereme softwary, ve kterých se navrhují objekty nejsnadněji a v nich navrhneme další modely, které nám pomohou při procvičování učiva na základní škole v matematice. Pro snatší práci čtenářům uvádíme, že ve všech zmíněných programech funguje zkratka $Ctrl + Z$ pomocí níž se lze v softwaru vrátit o krok zpět.

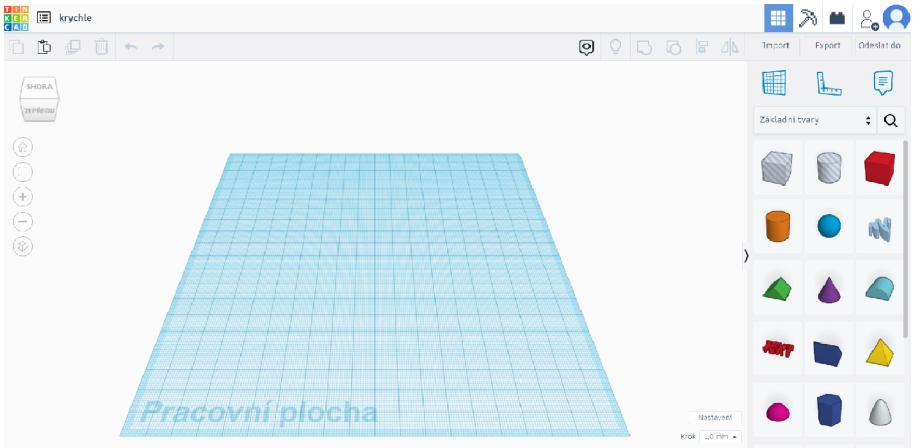
Uvědomujeme si, že postup modelování níže uvedených objektů není jediným způsobem a ke stejnému výsledku lze dojít i jinými cestami. Smyslem uvedených návodů krok po kroku je snazší úvod do softwaru, kdy po jeho absolvování bude čtenář schopen na tyto vědomosti navázat a dál rozšiřovat vědomosti v daném programu.

Součástí této práce jsou webové stránky $3dtisk-proskoly.cz$, které obsahují podrobnější postupy k jednotlivým modelům z této práce a pracovní listy k příkladům, které jsou na této stránce volně dostupné ke stažení a mohou pomoci učitelům při seznámení žáků s 3D technologií a zavádění nových témat ve výuce matematiky.

3.1 Modelování v Tinkercad

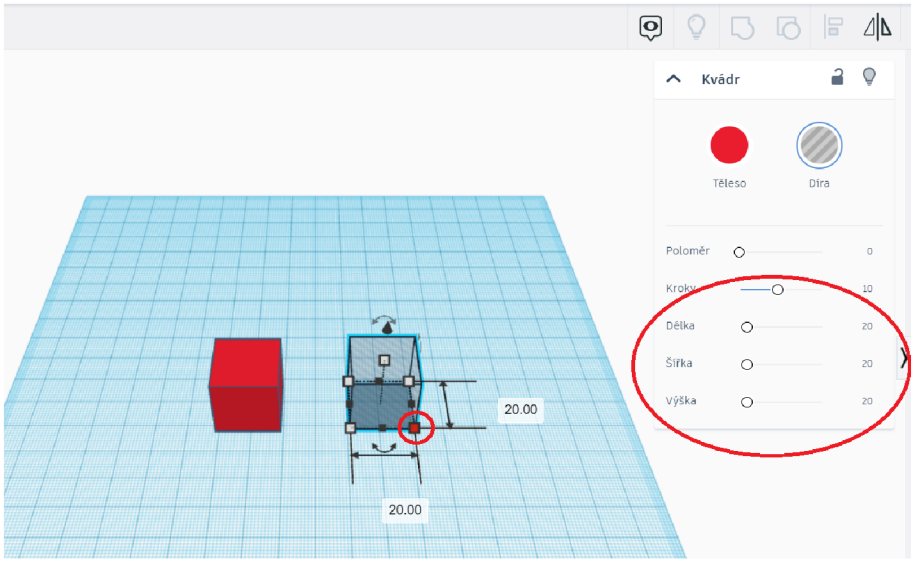
Tinkercad je online software, ve kterém je ovládání intuitivní a vytváření 3D modelů zvládnou začátečníci bez předešlých zkušeností s modelováním. Objekty vybíráme z nabídky v pravém sloupci, které stačí přetáhnout na pracovní plochu a začít upravovat.

3.1.1 Modelování duté krychle



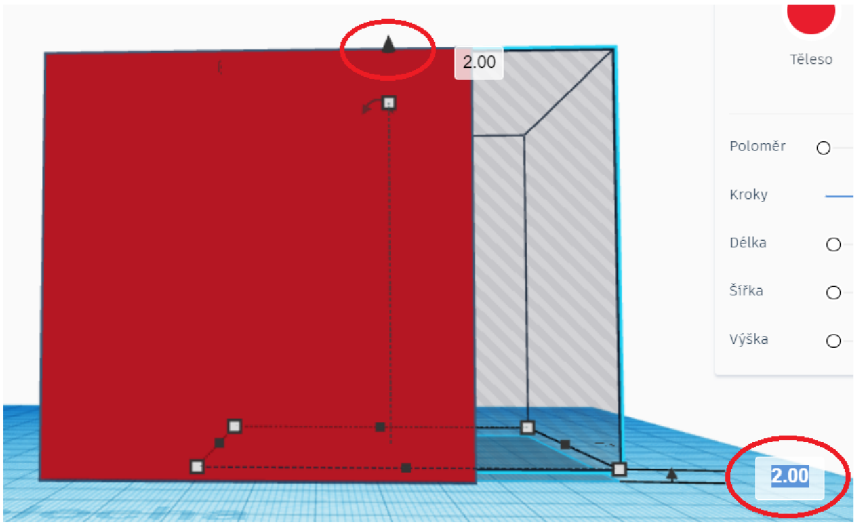
Obrázek 3.1: Prostředí Tinkercad

V pravém dolním rohu vidíme, v jakých jednotkách modelujeme. Tinkercad má automaticky nastavené *mm*. Z nabídky je možné zvolit jiné rozměry. Z pravé části přetáhneme na pracovní plochu červený kvádr a kvádr, který simuluje díru (v textu označován jako kvádr – díra).



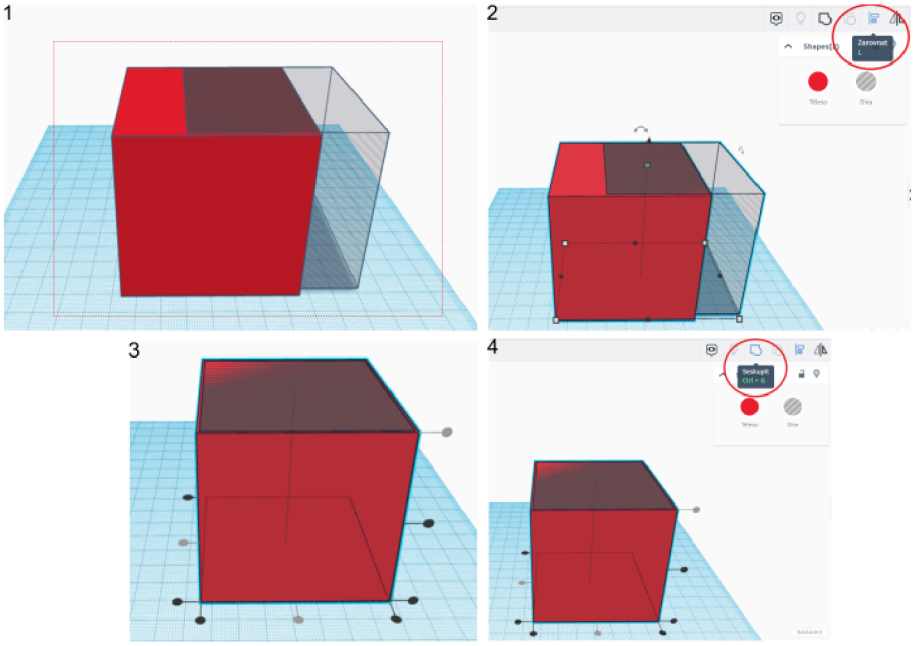
Obrázek 3.2: Nastavíme rozměry kvádrů

Kliknutím kurzoru myši označíme objekt, který budeme upravovat. Rozměry můžeme přepsat u objektu nebo nastavit v nabídce panelu. Rozměry červeného kvádru upravíme na 76 *mm* (délku, šířku) a výšku 74 *mm*. Rozměry kvádru – díry nastavíme na 72 *mm* (délku, šířku, výšku).



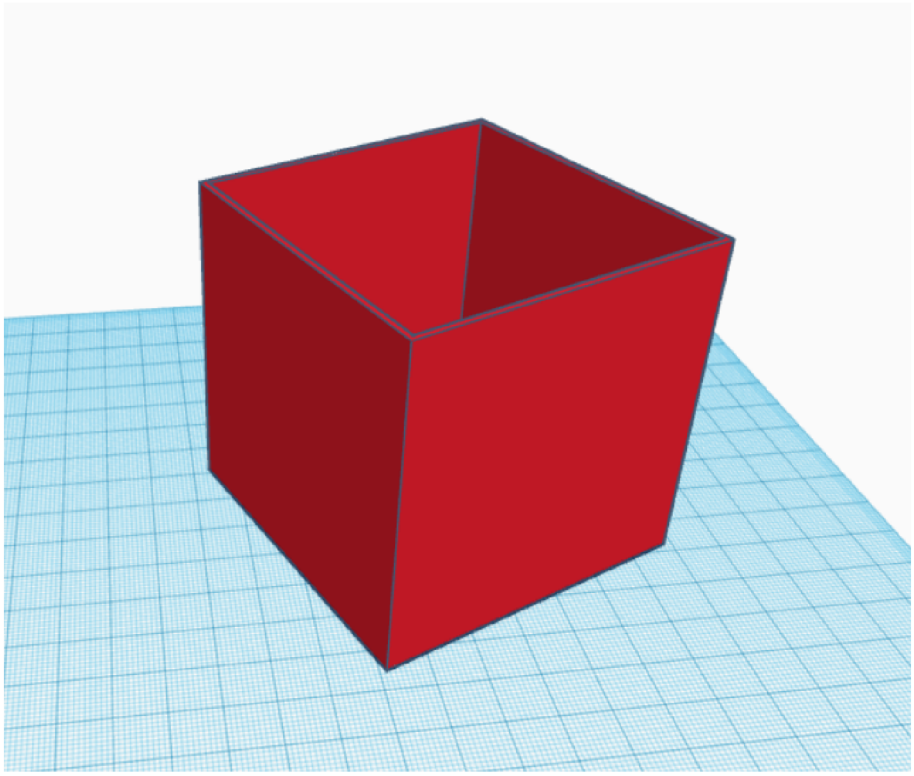
Obrázek 3.3: Výška kvádru – díry

Označíme objekt, který budeme upravovat. Pomocí černé šipky (viz obrázek) posuneme krychli – díru o 2 *mm* výše nad podložku.



Obrázek 3.4: Vytvoření duté krychle

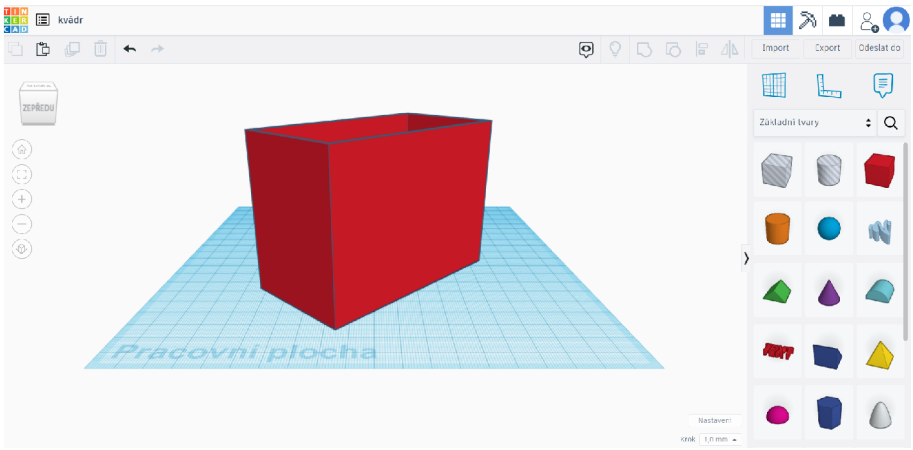
1. Objekty označíme kliknutím na levé tlačítko myši a tažením přes objekty, které chceme označit (viz obrázek).
2. Použijeme funkci *Zarovnat*, nebo zkratku *Ctrl + L*.
3. Zvolíme vhodné zarovnání pomocí černých značek.
4. Použijeme funkci *Seskupit*, nebo zkratku *Ctrl + G*.



Obrázek 3.5: 3D model duté krychle

V pravé horní části okna vybereme funkci *Export* a uložíme ve formátu STL.

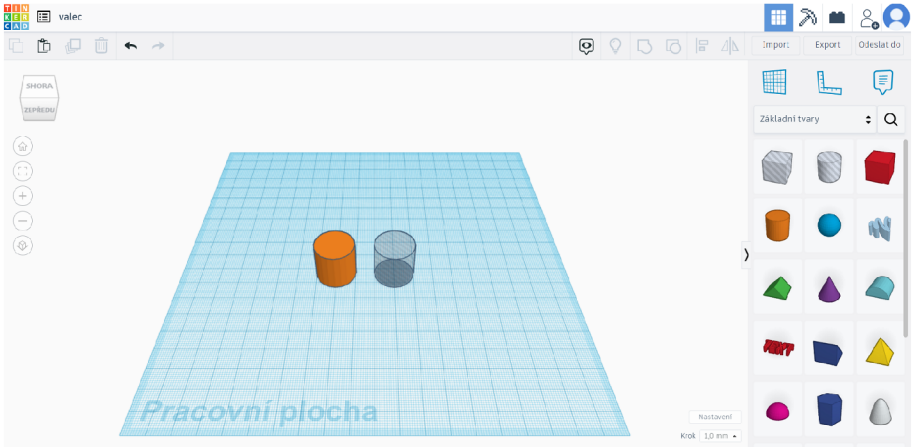
3.1.2 Modelování dutého kvádru



Obrázek 3.6: 3D model dutého kvádru

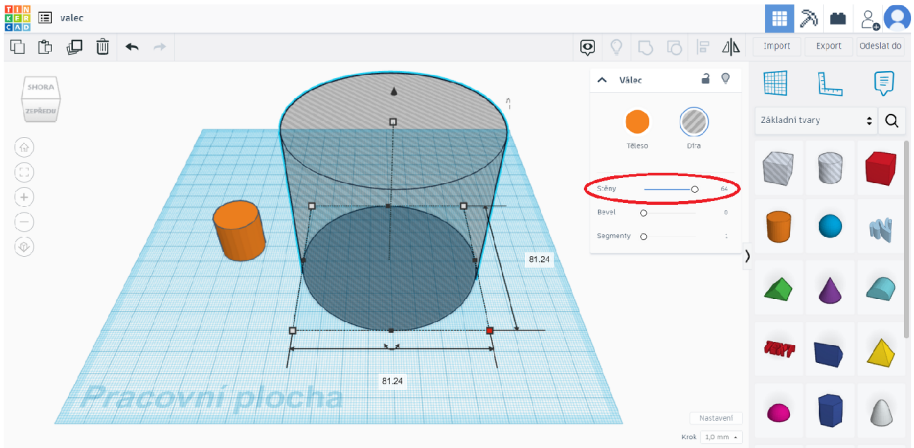
Postup modelování dutého kvádru je totožný jako postup u krychle. Pouze nastavíme jiné rozměry. Pro kvádr – díru podstavu $86,4\ mm$, $60\ mm$ a výšku $72\ mm$. Pro červený kvádr podstavu $90\ mm$, $64\ mm$ a výšku $74\ mm$.

3.1.3 Modelování dutého válce



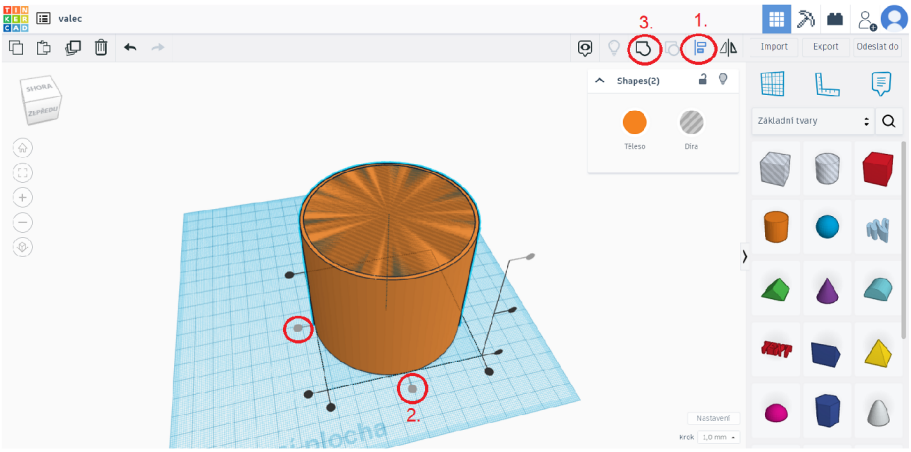
Obrázek 3.7: Zvolení objektů pro dutý válec

Na pracovní plochu umístíme válec a válec – díru.



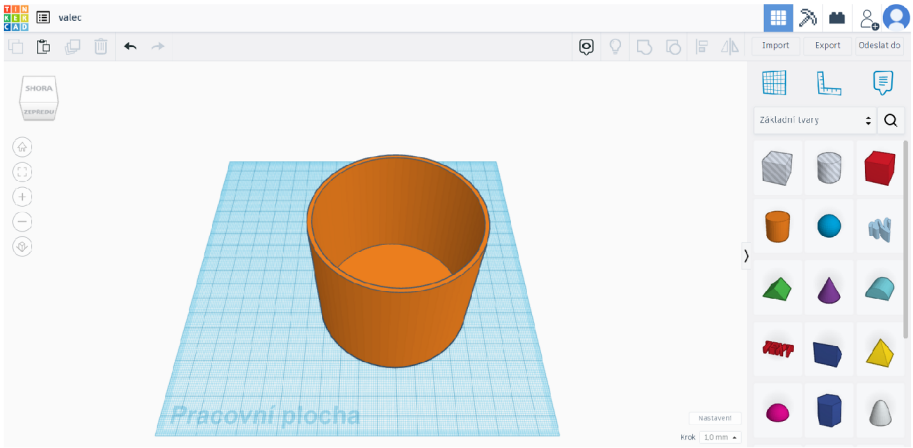
Obrázek 3.8: Nastavení rozměrů válců

Stěny obou válců nastavíme na maximum. Pro válec – díru nastavíme podstavu $81,24\ mm$, $81,24\ mm$ a výšku $72\ mm$. Pro válec nastavíme rozměry $85\ mm$, $85\ mm$ a výšku $74\ mm$. Válec – díru posuneme o $2\ mm$ výše nad podložku.



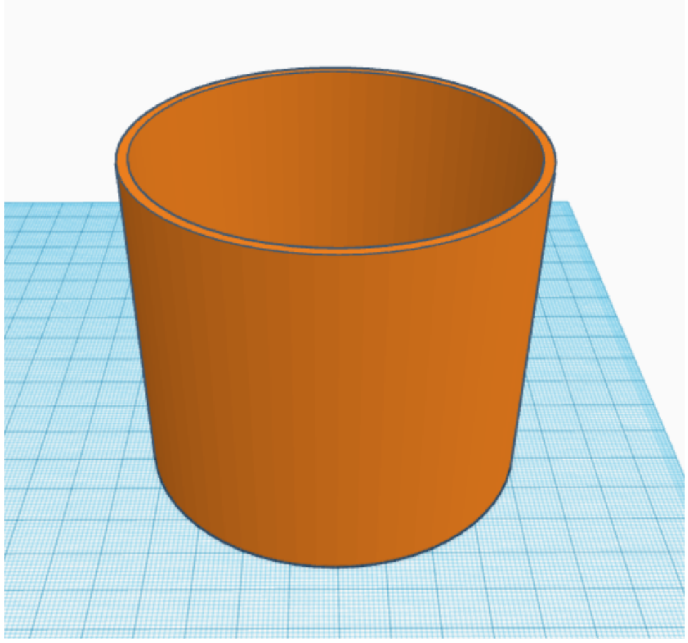
Obrázek 3.9: Vytvoření dutého válce

Označíme válce, zarovnáme válce a objekty seskupíme. Stejně jako u krychle viz obrázek 3.1.1 na straně 45.

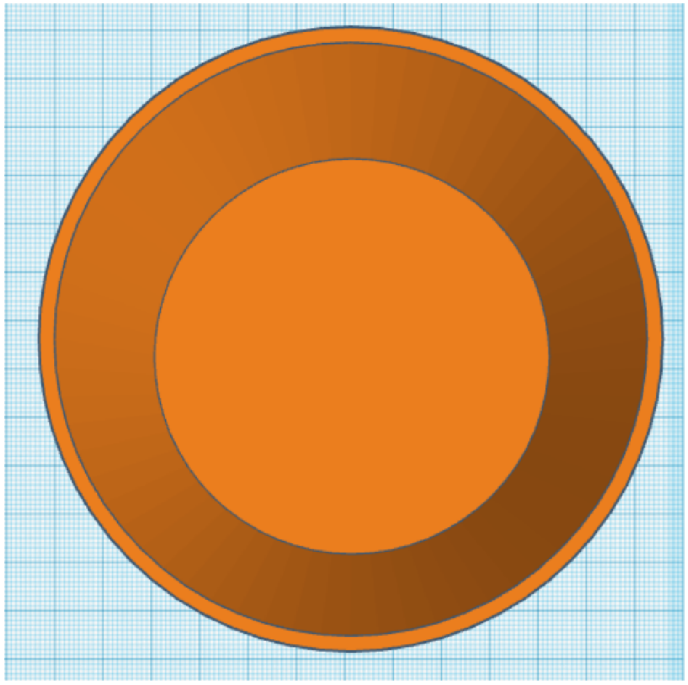


Obrázek 3.10: Uložení 3D modelu ve formátu STL

V pravém sloupci vybereme funkci *Export* a uložíme ve formátu STL.



Obrázek 3.11: 3D model dutého válce



Obrázek 3.12: Pohled shora na 3D model dutého válce

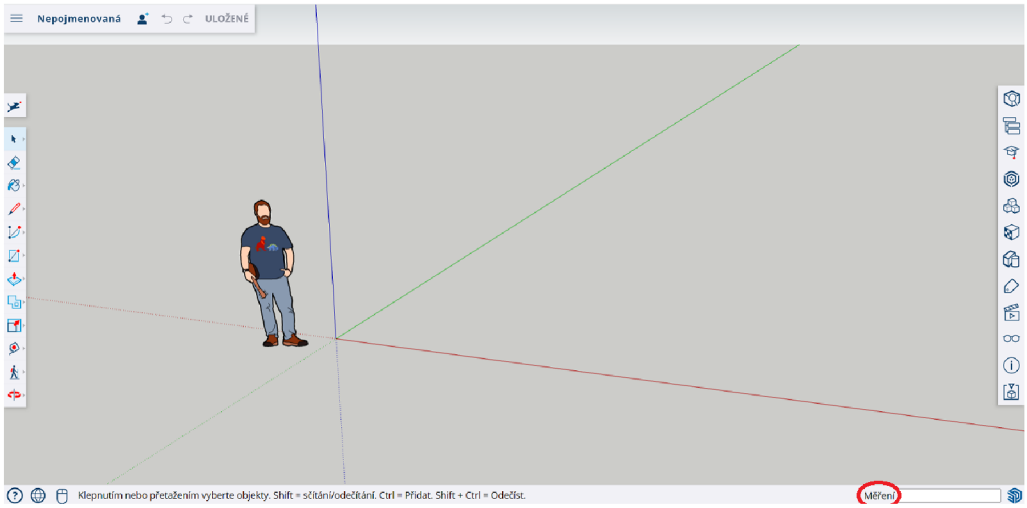
Při pohledu na model válce je vidět, že se jeho plášť skládá z mnoha obdélníků.

3.2 Modelování ve SketchUp

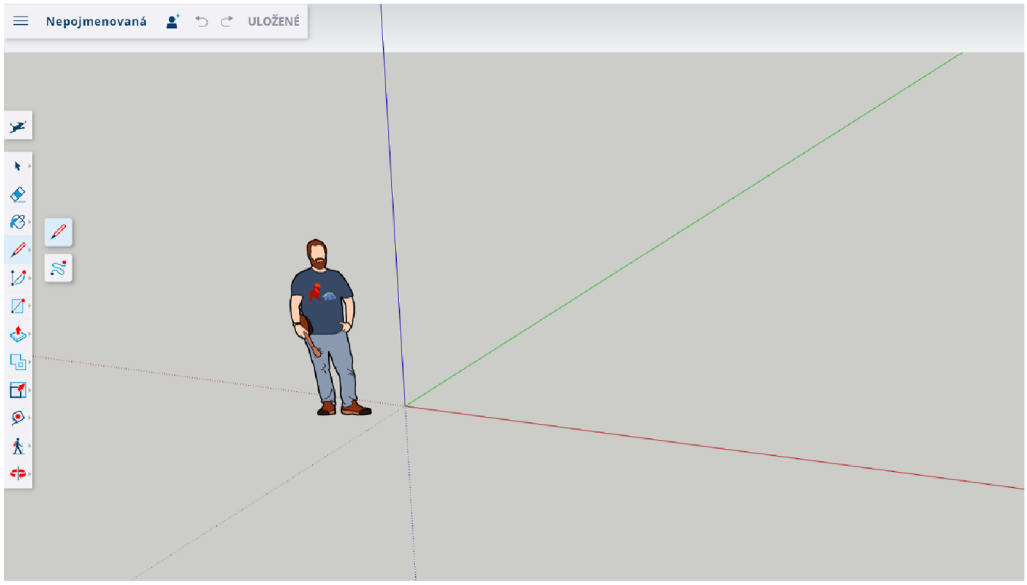
SketchUp zobrazuje osy x, y, z různými barvami pro lepší orientaci při modelování (červená, zelená a modrá). Pro představu velikosti při modelování objektů je ve scéně umístěna postava (lze ji smazat). Před samotným exportem 3D modelu pro tisk ve formátu STL je třeba postavu vždy smazat. V levé horní části okna v nabídce *Nastavení* aplikace jsme zvolili *Výchozí šablonu – milimetry*. Nyní je třeba aktualizovat okno, aby se nastavení projevilo.

Před zvolením dalšího kroku v programu doporučuji pomocí mezerníku přepínat na kurzor myši. Kurzor myši lze zvolit také v nabídce v levé části okna. Za zmínku také stojí vpravo dole okno *Měření*, kde se aktuálně ukazují míry právě modelované části a zde se také dají přepsat.

3.2.1 Modelování duté krychle



Obrázek 3.13: Prostředí SketchUp

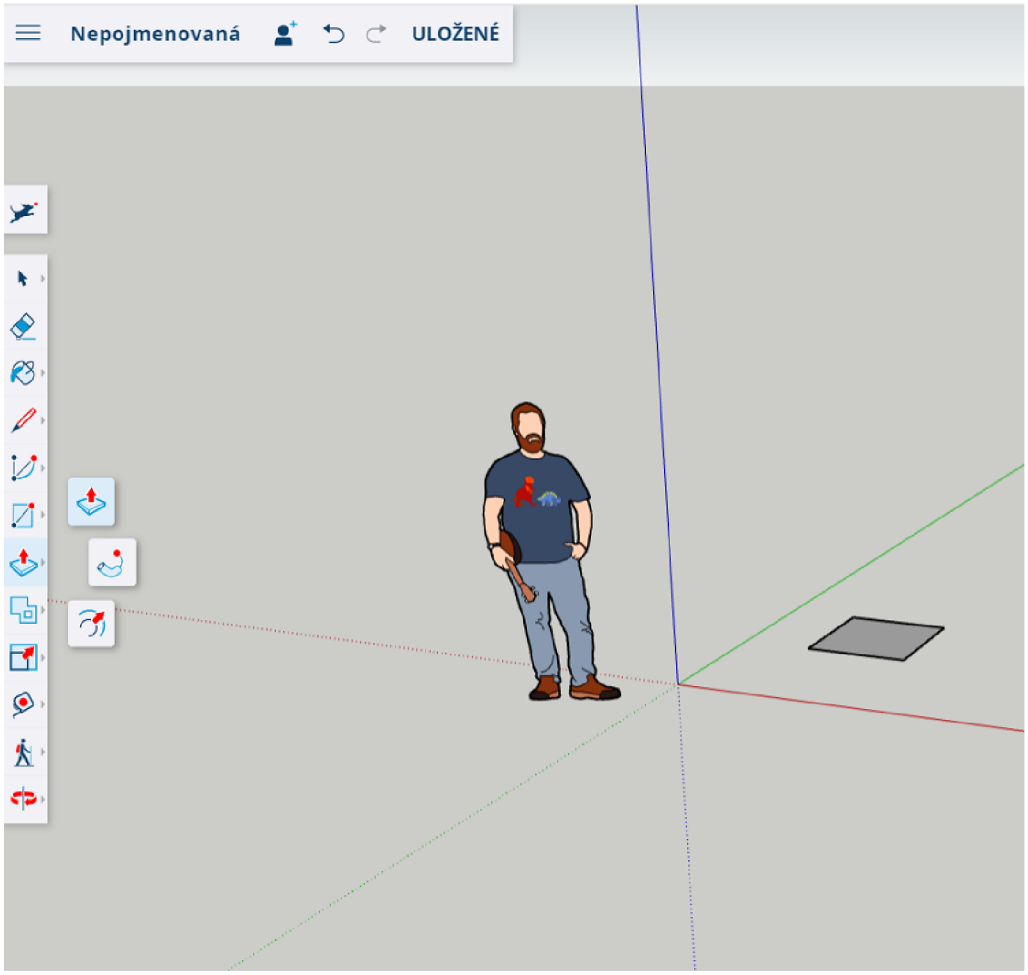


Obrázek 3.14: Postup při modelování duté krychle

Z levého sloupce nabídky vybereme tužku, kterou umístíme na místo ve scéně, kde začneme modelovat. Ve SketchUpu se lehce chytí vodorovný směr s osami. Když máme vodorovnou úsečku s osou, úsečka má stejnou barvu jako osa (červenou, zelenou a případně modrou).

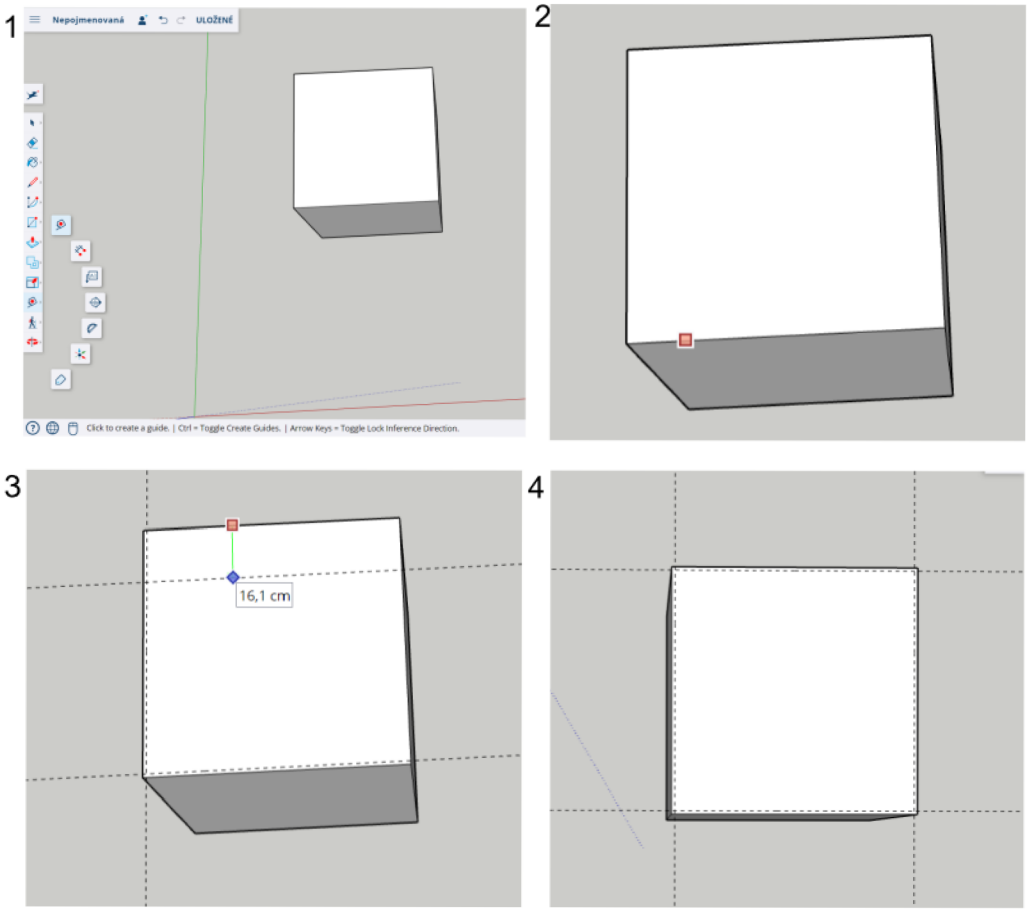
Obrázek 3.15: Postup při modelování duté krychle

Máme-li zvolenou tužku a počátek hrany krychle, stačí na numerické klávesnici napsat přesnou míru. Automaticky se zobrazí v dolním levém rohu *Délka*. Každý rozměr potvrdíme klávesou *Enter*. Rozměr podstavy je 76 *mm* a výška 74 *mm*. Až se spojí počáteční bod s koncovým, podstava se uzavře a vznikne čtverec.



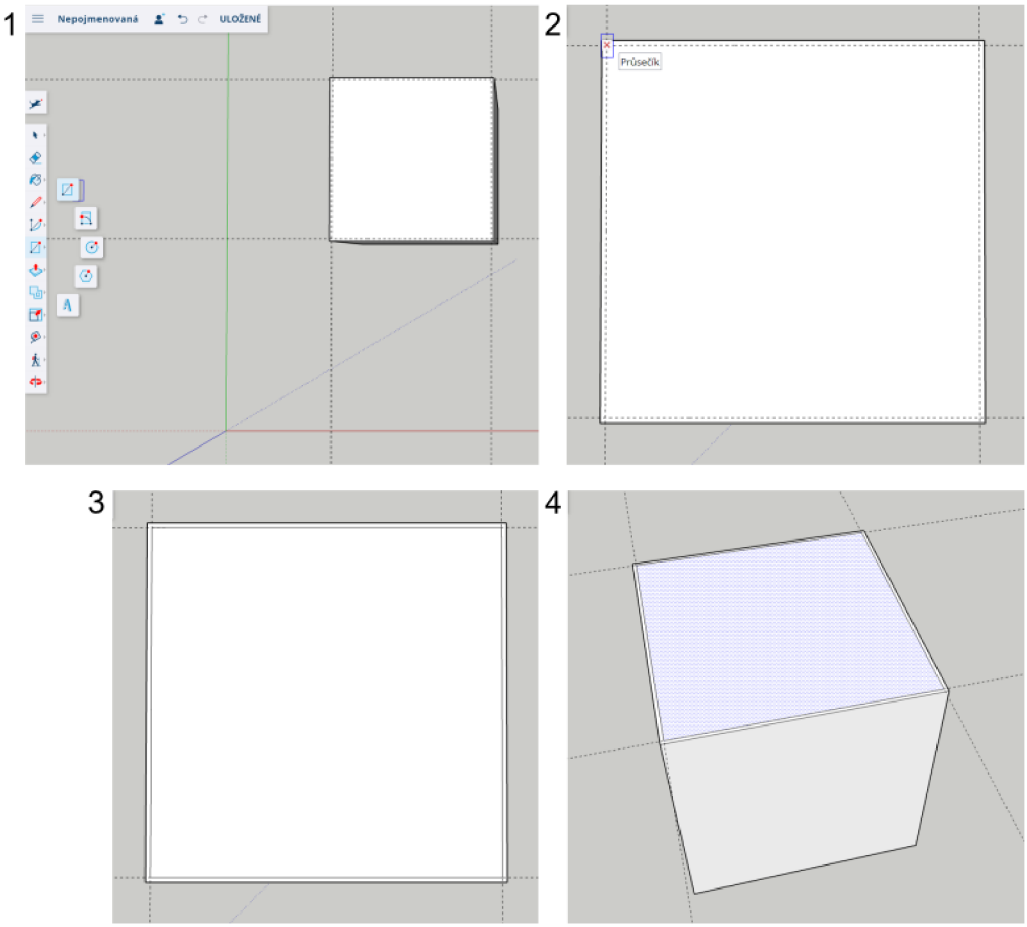
Obrázek 3.16: Postup při modelování duté krychle

Nyní ze čtverce vymodelujeme krychli. V pravém sloupci vybereme *Push/Tah*. Přesuneme se na plochu čtverce. Ve chvíli, kdy se zobrazí modré tečky, můžeme plochu vytáhnout. Výška krychle je 74 *mm*.



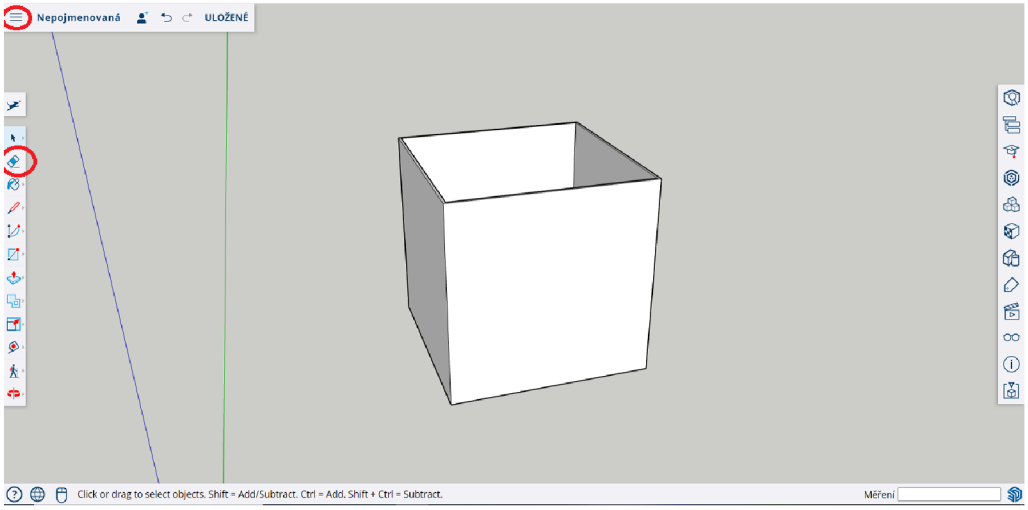
Obrázek 3.17: Postup při modelování duté krychle

1. Nyní nastavíme pomocí *Svinovacího metru* osy, které nám pomohou vymodelovat díru dovnitř krychle.
2. Z nabídky zvolíme *Svinovací metr* a umístíme ho na hranu krychle.
3. Jak daleko budou pomocné osy od hrany krychle, lze jednoduše napsat pomocí numerické klávesnice a potvrdit klávesou *Enter*.
4. Od hrany nastavíme pro všechny čtyři osy 2 *mm*.



Obrázek 3.18: Postup při modelování duté krychle

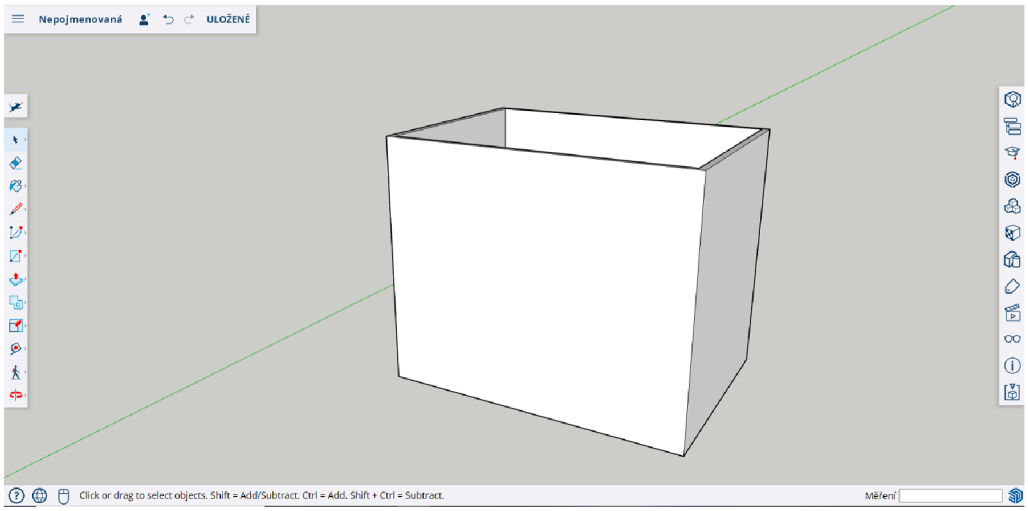
1. Z nabídky vybereme *Obdélník*.
2. Tento *Obdélník* umístíme do průsečíku os na horní podstavě krychle.
3. Vhodně tento *Obdélník* táhneme, aby nám pokryl vnitřní plochu, kterou naznačují osy.
4. Z levého sloupce vybereme *Push/Tah*, přesuneme se na horní podstavu. Když se objeví modré tečky, můžeme táhnout plochu dovnitř – tímto způsobem vznikne v objektu díra. Rozměry můžeme sledovat v okně *Měření* a případně ručně nastavit na numerické klávesnici. Míry potvrdíme klávesou *Enter*.



Obrázek 3.19: 3D model duté krychle

Pomocné osy odstraníme nástrojem *Guma* z levé nabídky a model exportujeme jako STL.

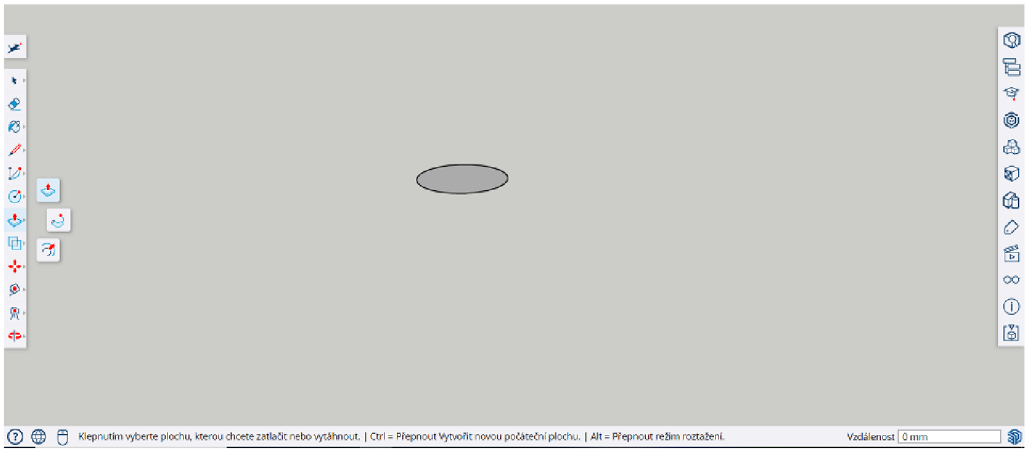
3.2.2 Modelování dutého kvádru



Obrázek 3.20: 3D model dutého kvádru

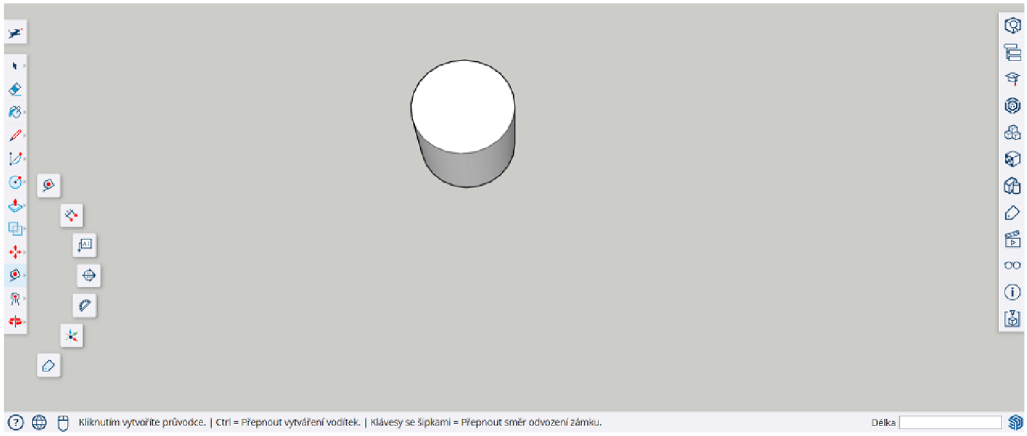
Postup modelování dutého kvádru je totožný jako postup u krychle. Pouze nastavíme jiné míry. Pro vnější kvádr podstavu 90 mm, 64 mm a výšku 74 mm. Pro vnitřní kvádr rozměry $86,4$ mm, 60 mm a výšku 72 mm.

3.2.3 Modelování dutého válce



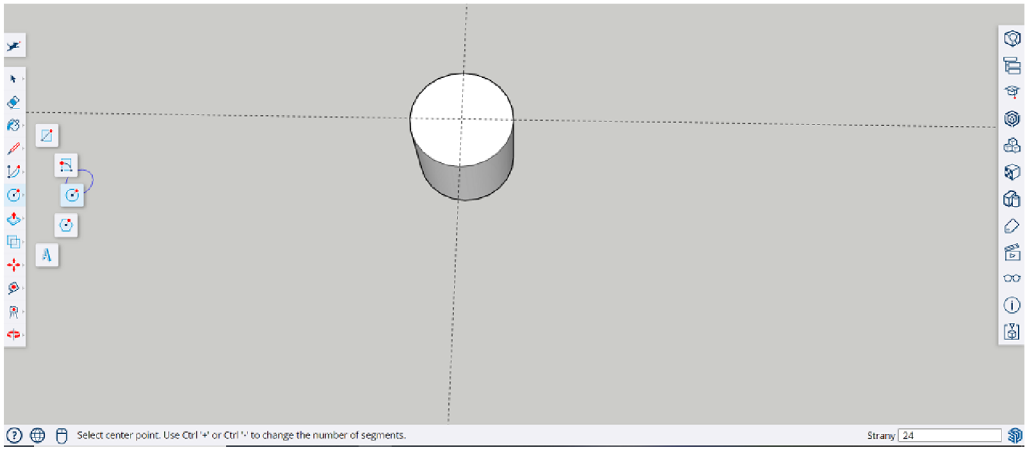
Obrázek 3.21: Podstava válce

Vybereme z levé nabídky *Kruh* a vymodelujeme podstavu kruhu o poloměru 43 *mm*. Poté z nabídky vybereme *Push/Tah* a přesuneme se na podstavu. Ve chvíli, kdy se na podstavě objeví modré tečky, můžeme válec vytáhnout do výšky 74 *mm*. Výšku buď nastavíme tažením, nebo ručně přepíšeme na numerické klávesnici a potvrdíme klávesou *Enter*.



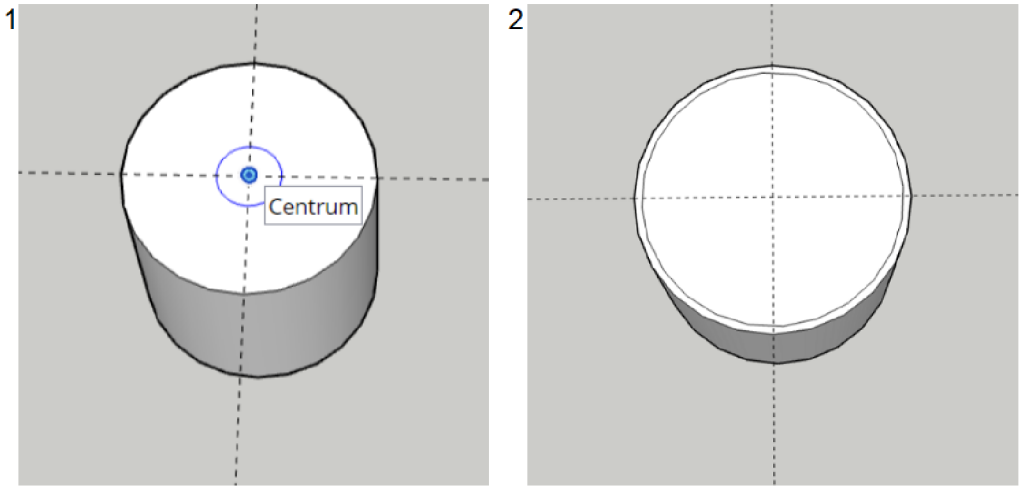
Obrázek 3.22: Střed horní podstavy

Z nabídky vybereme *Svinovací metr* a nastavíme pomocné osy, které určí střed horní podstavy, abychom mohli posléze vytvořit ve válci díru.



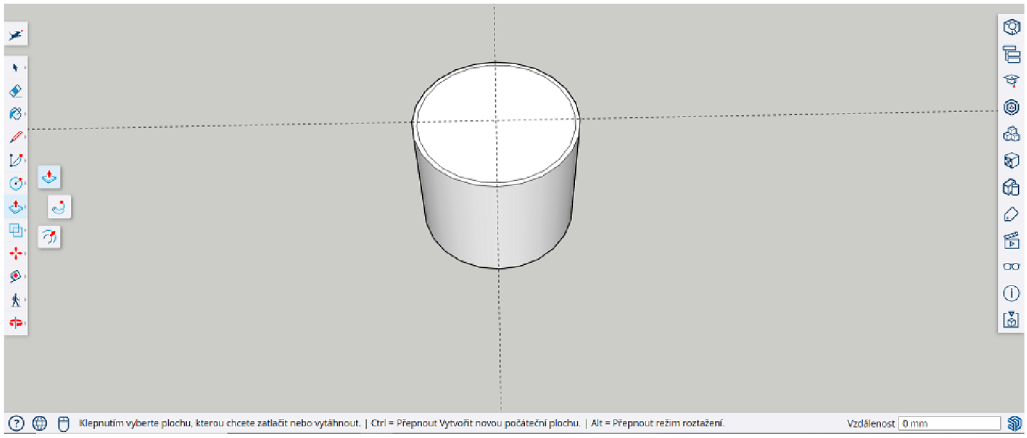
Obrázek 3.23: Pomocné osy válce

Svinovací metr přesuneme na hranu válce. Zachytí-li *Svinovací metr* hranu, zobrazí se malý barevný čtverec. Kurzorem myši se pohybujeme vhodně na hraně, dokud nám neukáže program bod na hraně a zároveň střed válce. V tuto chvíli potvrdíme levým tlačítkem myši první bod, kudy povede osa, a přemístíme se s metrem na protější stranu, dokud nám software opět neukáže protější bod se středem, poté potvrdíme klávesou *Enter*. Stejným způsobem vytvoříme druhou osu, abychom získali střed horní podstavy válce.



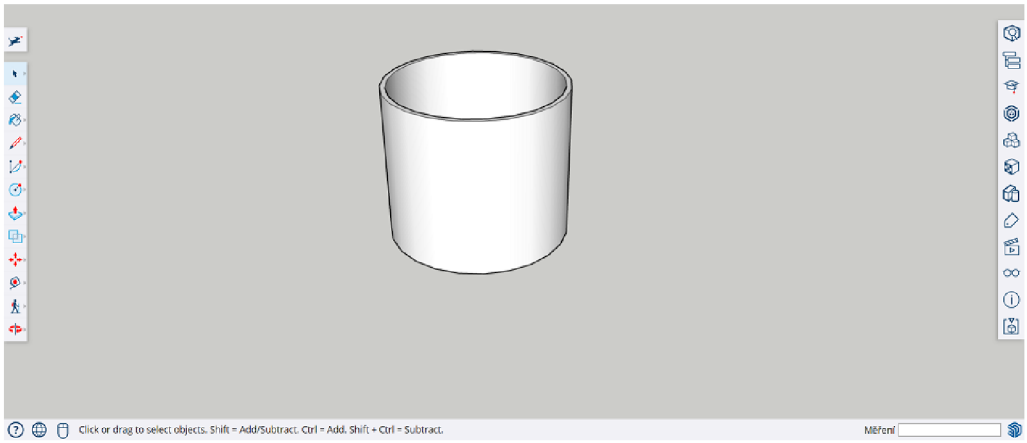
Obrázek 3.24: Kruh určující poloměr díry

Dále z nabídky vybereme *Kruh* a přesuneme se do středu průniku pomocných os (viz obrázek 3.24). Nyní nastavíme poloměr kruhu tažením funkce *Kruh* a sledováním hodnotky v okně *Měření*, nebo přepsáním na numerické klávesnici na $40,62$ *mm* a potvrdíme klávesou *Enter* (viz obrázek 3.24).



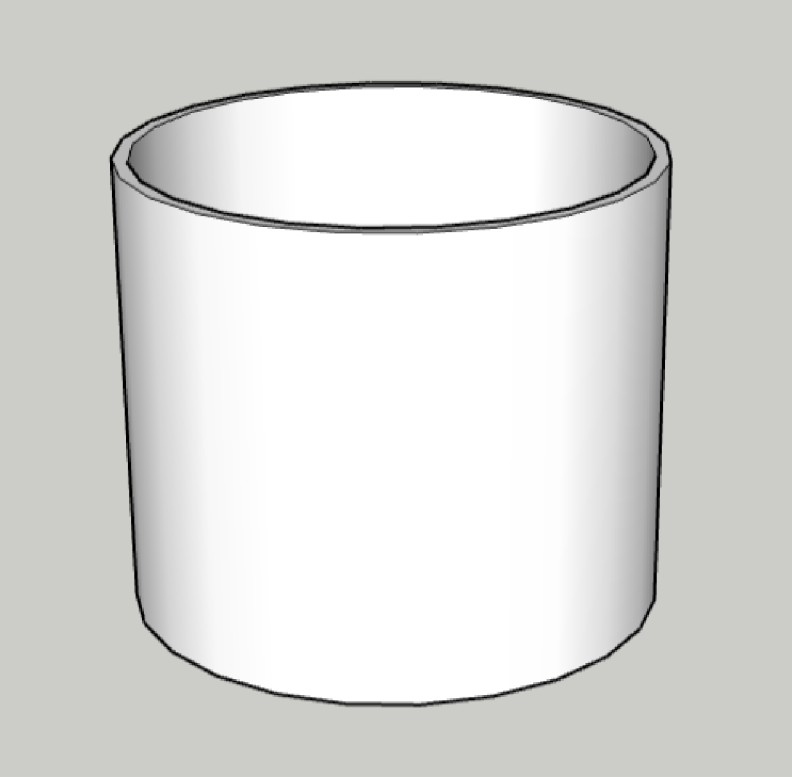
Obrázek 3.25: Vytvoření dutého válce

Z nabídky vybereme *Push/Tah* a přesuneme se na horní podstavu válce. Zobrazí-li se modré tečky, můžeme táhnout pomocí myši a vytvořit díru do válce ve výšce 72 mm.

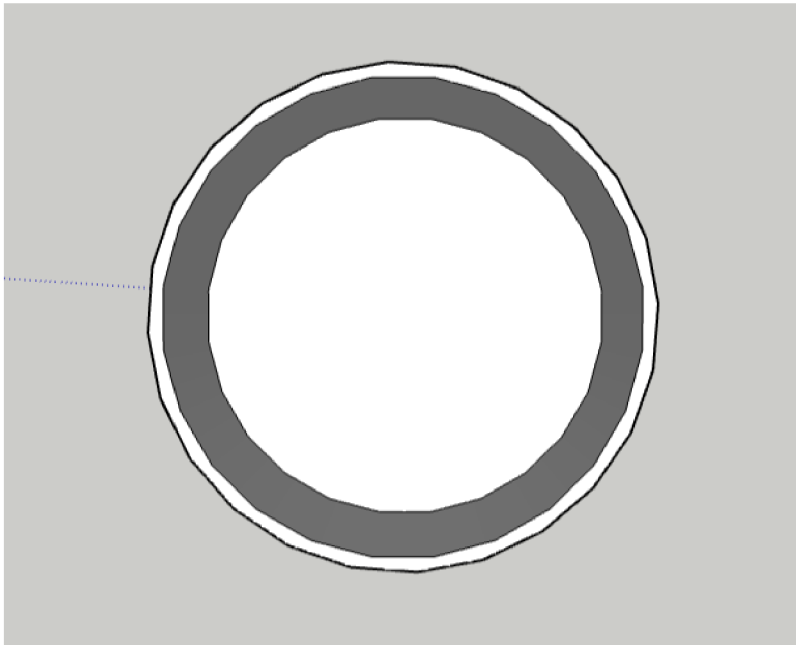


Obrázek 3.26: Odstranění pomocných os

Z nabídky vybereme *Gumu* a držením levého tlačítka myši přejedeme přes osy, které změní barvu do modra a po chvíli zmizí.



Obrázek 3.27: 3D model dutého válce



Obrázek 3.28: Pohled shora na 3D model dutého válce

Při pohledu na model je vidět, že plášť se skládá z mnoha obdélníků, protože podstava válce je tvořena pravidelnými mnohoúhelníky.

3.3 Modelování v Blender

Blender je software nejen pro modelování, ale i pro tvoření animací, rendering, 3D tvorbu her atd. Více viz kapitola 2.2.1 na straně 35.

Popsat jednotlivé funkce a prostředí Blenderu by vydalo na knihu samotnou, proto v této kapitole popíšeme pouze to, co potřebujeme pro tvorbu našich modelů.

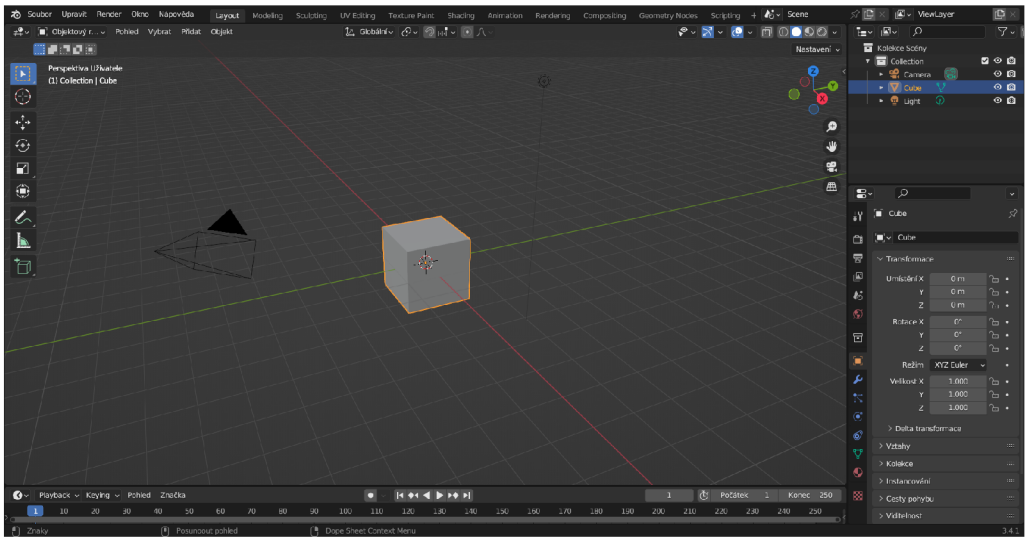
Po otevření programu se otevře prostředí, kde najdeme mnoho oken. My použijeme okno Layout. Za zmínku ještě stojí Objektový režim (vlevo nahoře), ve kterém se nacházíme a budeme modelovat.

Objektový režim: V tomto režimu upravujeme celý objekt.

Editační režim: V tomto režimu upravujeme jednotlivé části objektu (vrcholy, hrany, plochy...).

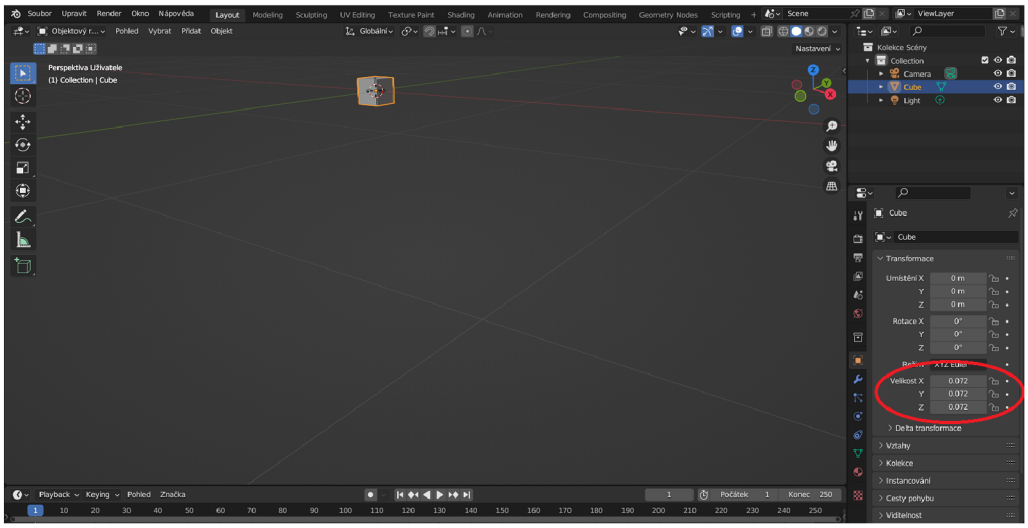
Výchozí nastavení jednotek jsou metry. Je možné nastavit jinou výchozí jednotku. My metry ponecháme. Zadáme-li do okna, kam píšeme rozměry, i jednotku, Blender si sám převede napsané jednotky na metry.

3.3.1 Modelování duté krychle



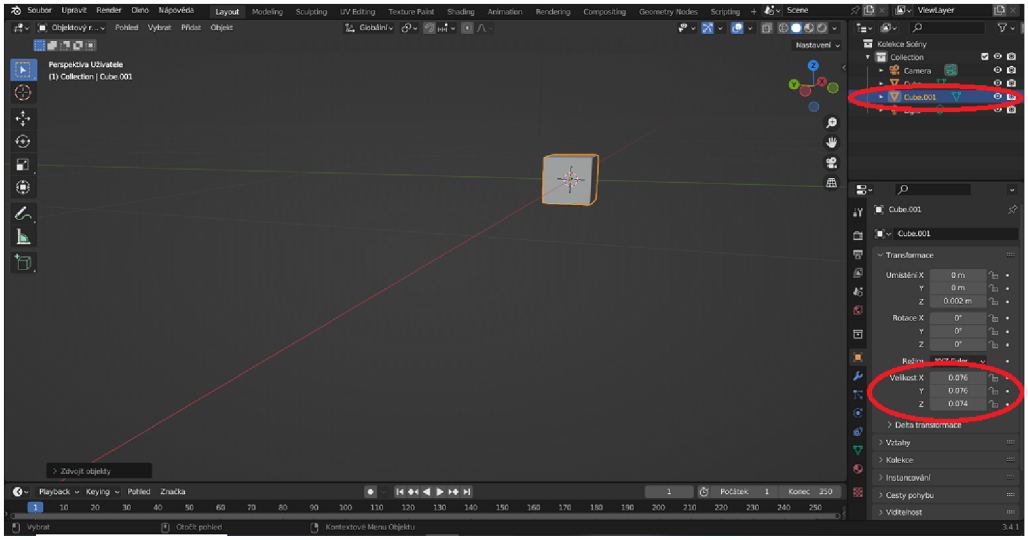
Obrázek 3.29: Prostředí Blender

V pravé horní části okna vidíme objekty, které máme na scéně, i objekt, který máme označený. Ve spodní části vidímě umístění objektu ve scéně, jaké má objekt rozměry a funkce, které lze použít.



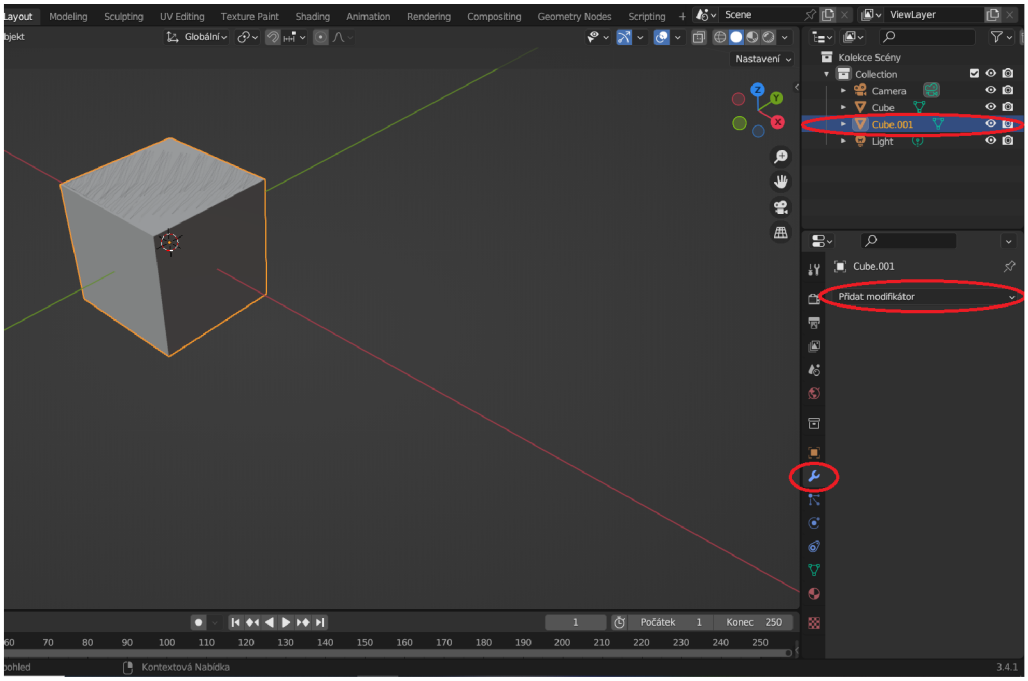
Obrázek 3.30: Nastavení rozměrů objektu

V pravé části sloupce vybereme objekt *Cube* a v nabídce *Velikost X, Y, Z* nastavíme rozměry na 0.072 m.



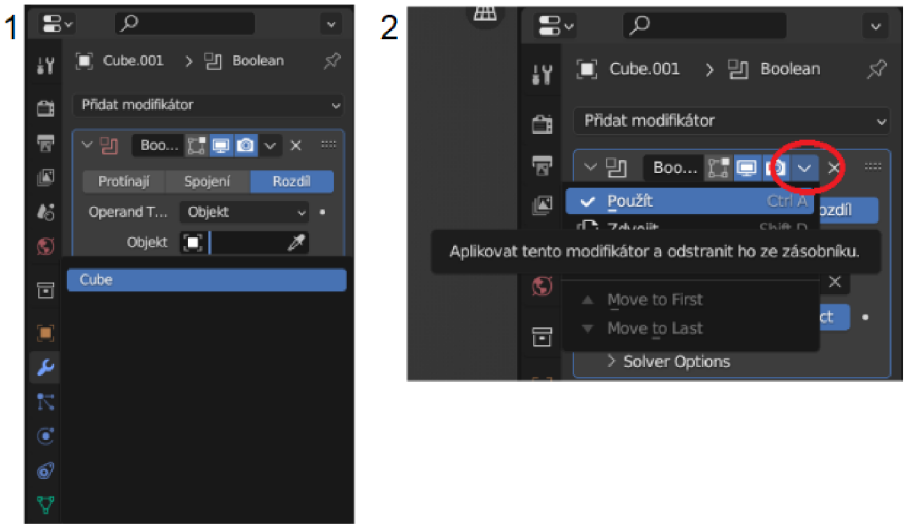
Obrázek 3.31: Duplikování objektu

Objekt duplikujeme pomocí zkratky *Schift + D* a hned potvrdíme klávesou *Enter*, aby se duplikovaný objekt nepřemístil ve scéně. V pravé části se objeví nový objekt *Cube.001*. Tomuto objektu v nabídce *Velikost X, Y, Z* nastavíme rozměry na 0.076 m, 0.076 m, 0.074 m. Vybereme původní objekt *Cube* a nastavíme *Umístění X, Y, Z* osu *Z* na 0.002 m.



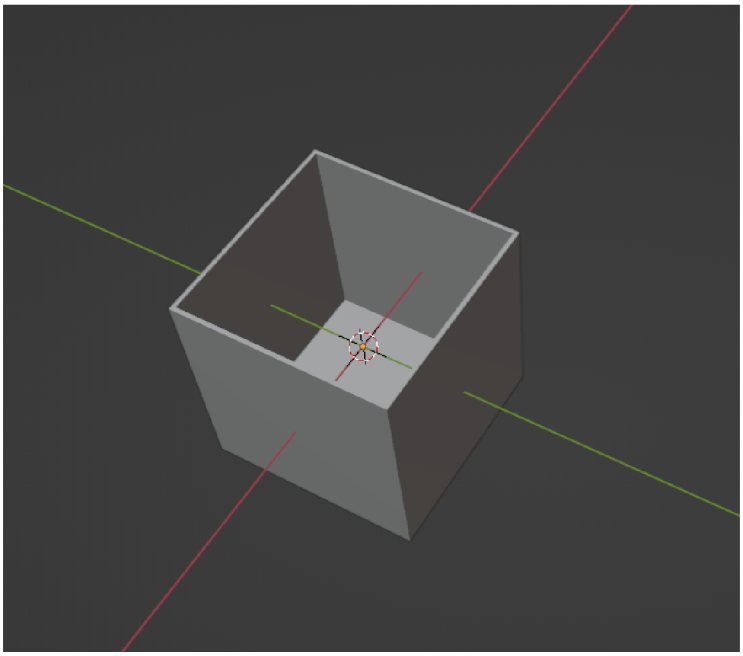
Obrázek 3.32: Modifikátory objektu I.

Objektu *Cube.001* nastavíme modifikátory. V pravé části sloupce vybereme ikonu *Klíč* a z nabídky *Přidat modifikátor* zvolíme *Boolean*. V případě, že chceme nějakým způsobem kombinovat různé 3D objekty, můžeme k tomu využít booleovské operace. Ty se dají také vyvolat stiskem klávesy *W* v objektovém módu pro průnik, součet, rozdíl.



Obrázek 3.33: Modifikátory objektu II.

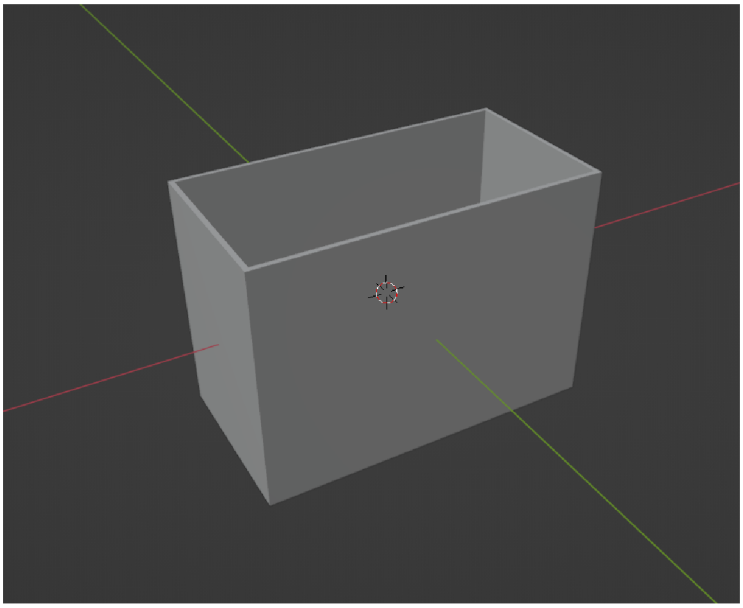
V nabídce *Objekt* vybereme *Cube* a zvolíme *Použít*. Nyní vybereme objekt *Cube* a pomocí klávesy *Delete* objekt smažeme. Vznikne dutá krychle.



Obrázek 3.34: 3D model duté krychle

Pro uložení vybereme záložku *Soubor*, *Export* a uložíme ve formátu STL.

3.3.2 Modelování dutého kvádru

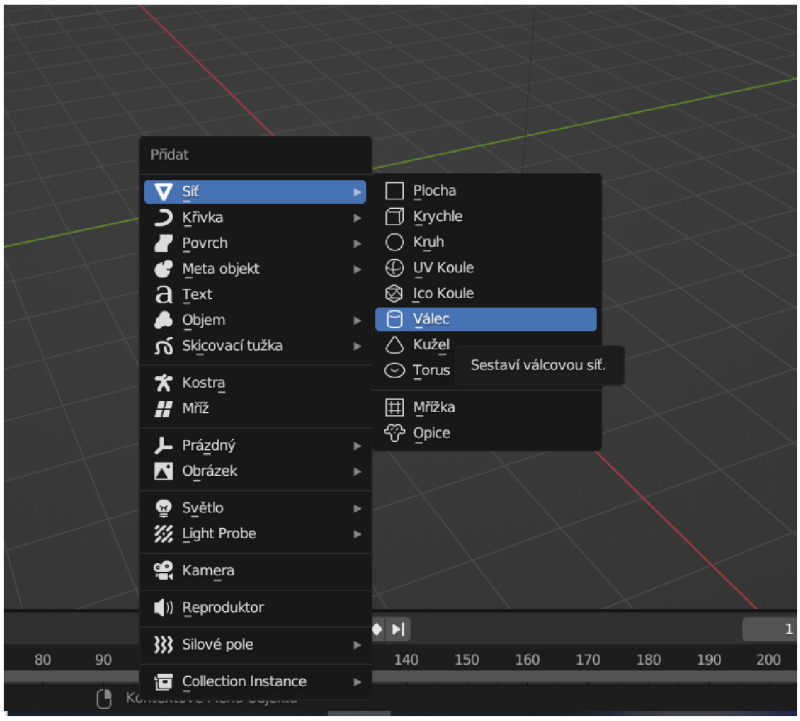


Obrázek 3.35: 3D model dutého kvádru

Postup modelování dutého kvádru je totožný jako postup u krychle. Pouze nastavíme jiné rozměry. Pro *Cube.001* $0,090\ m$, $0,064\ m$ a výšku $0,074\ m$. Pro *Cube* $0,0864\ m$, $0,060\ m$ a výšku $0,072\ m$.

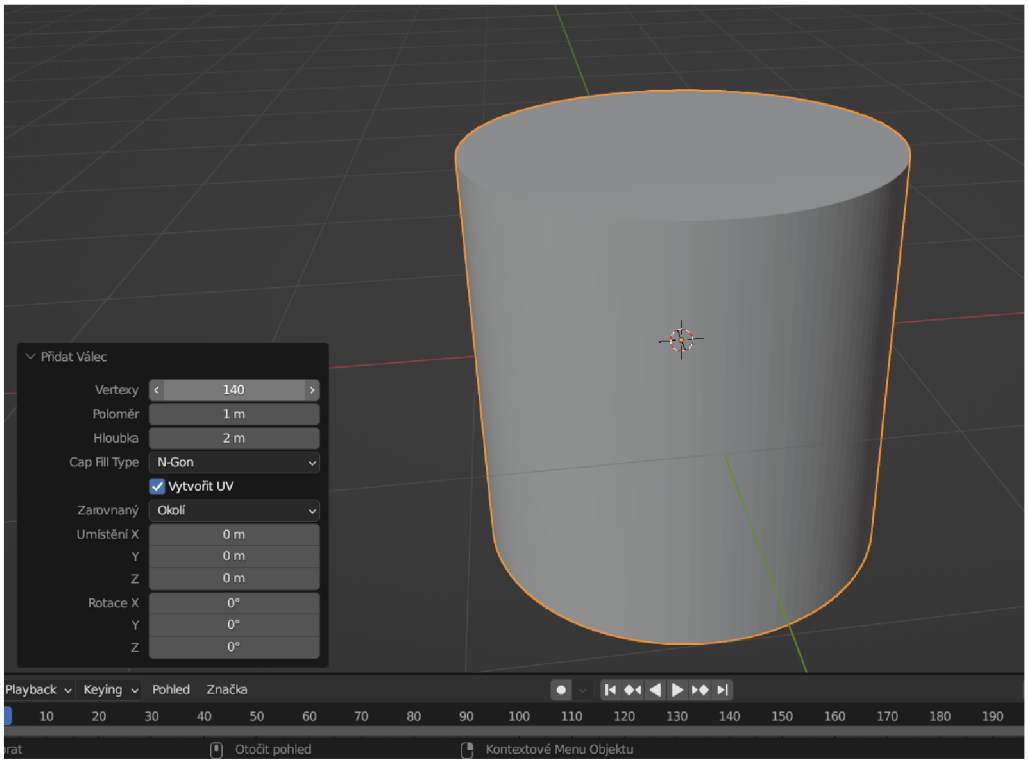
3.3.3 Modelování dutého válce

V Blenderu nelze nastavit podstavu jako kruh, ale jako pravidelný mnohoúhelník. Vertexy (vrcholy) válce jsme nastavili na hodnotu 140. Čím vyšší hodnotu nastavíme, tím jsou větší nároky na paměť a zvětšuje se doba výpočtu. Při překročení velikosti paměti může dojít ke zhroucení programu. Číslo 140 je pro software nenáročné a zvolili jsme ho s ohledem na paměť.



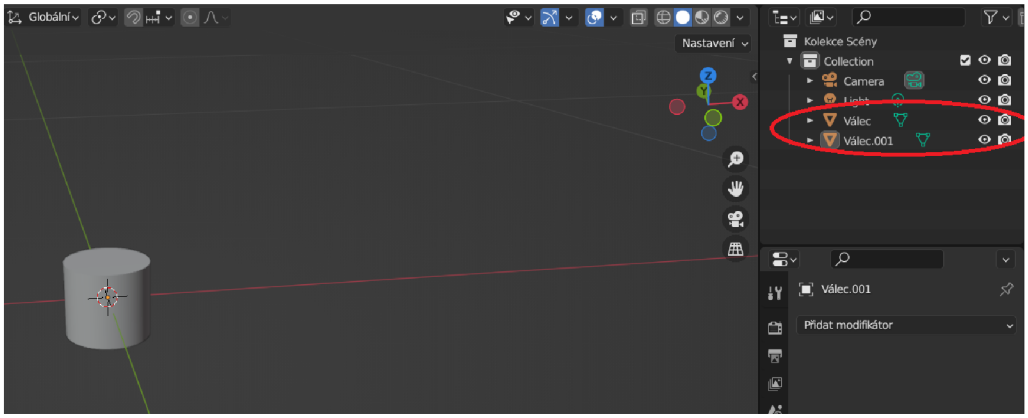
Obrázek 3.36: Vložení nového objektu

V Blender smažeme krychli a pomocí zkratky *Schift + A* vybereme z nabídky *Válec*.



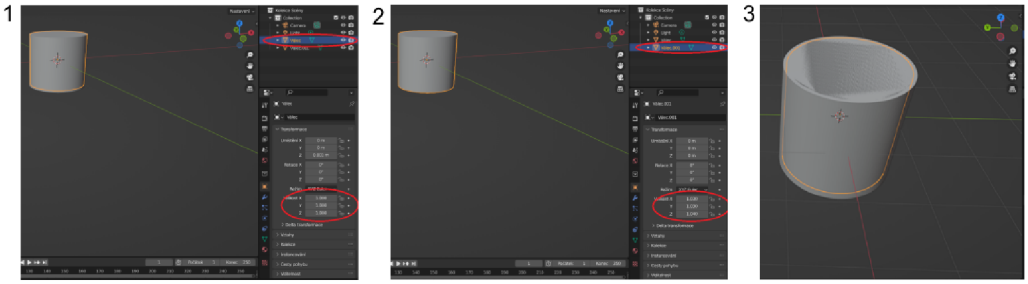
Obrázek 3.37: Vlastnosti válce

Po vložení *válce*, který je označen, rozklikneme nabídku vlevo dole a přepíšeme *Vertexy* na 140 (později počet vrcholů nelze upravit). Hodnotu 140 jsme si zvolili náhodně. Vzhledem k tomu, že se plášť bude skládat z mnoho konečných obdélníků, válec nebude nikdy úplně přesný. V tomto okně nastavíme *Poloměr* na $40,62$ *mm* a *Hloubku* na 72 *mm*.



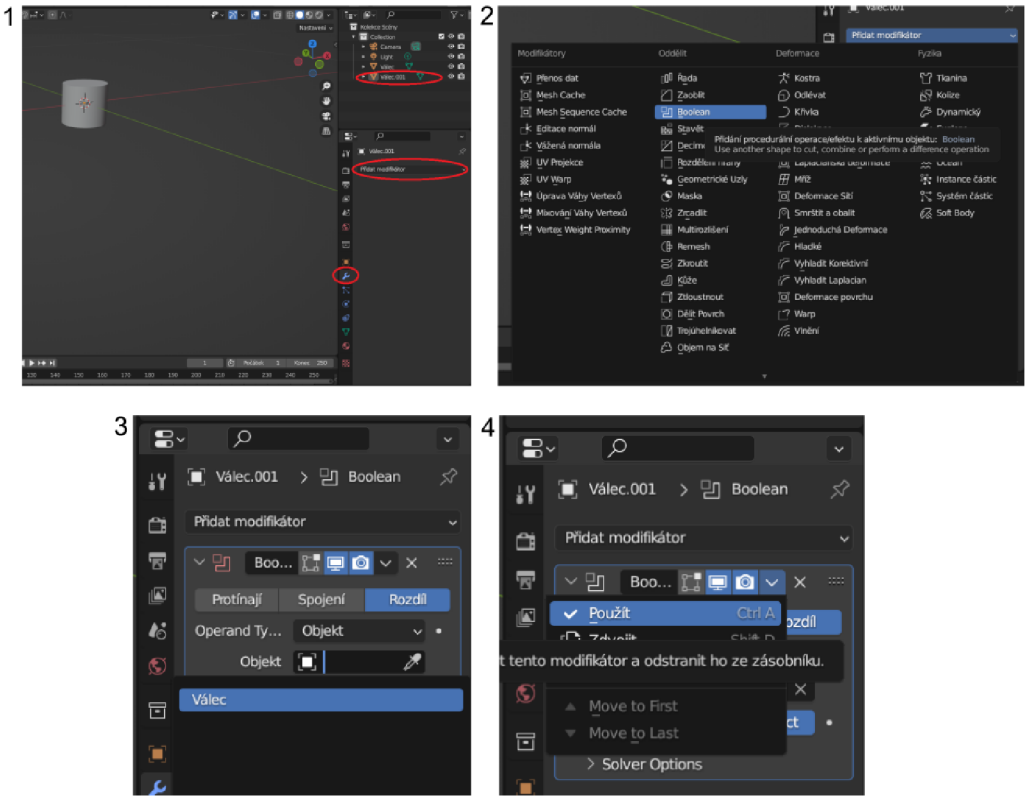
Obrázek 3.38: Duplikování objektu

Objekt duplikujeme pomocí zkratky *Schift + D* nebo pomocí zkratek *Ctrl + C* (kopírovat) a *Ctrl + V* (vložit) a hned potvrdíme pomocí *Enter*, aby se duplikovaný objekt nepřemístil ve scéně. V pravé části se objeví nový objekt *Válec.001*.



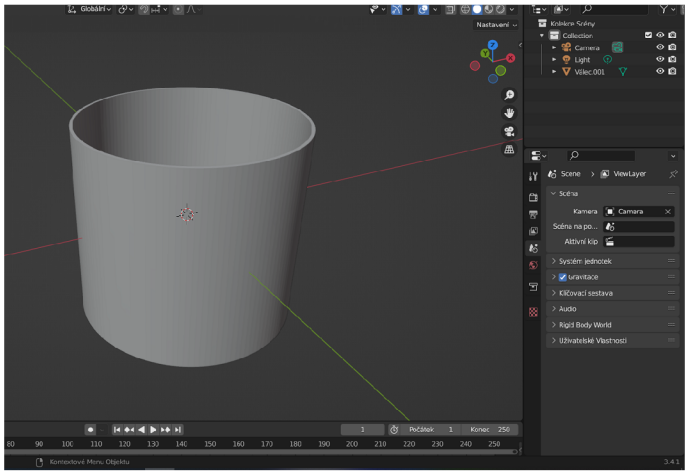
Obrázek 3.39: Objektům nastavíme míry a umístění

1. Pro *Válec.001* nastavíme *Velikost X, Y, Z* na 1,060, 1,060, a výšku 1,040.
2. Pro objekt *válec* zvolíme *Umístění Z* o 2 *mm* tak, aby obě horní podstavy byly ve stejné výšce (viz obrázek 3.39).

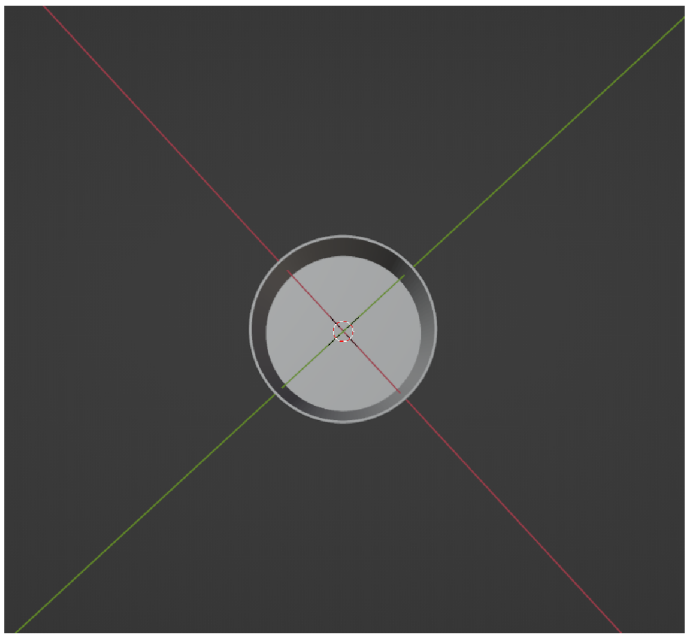


Obrázek 3.40: Nastavení modifikátory

1. Vybereme *Válec.001* a nastavíme mu *modifikátory*. V pravém sloupci vybereme ikonu *klíč*, poté klikneme na *Přidat modifikátory*.
2. Zvolíme funkci *Boolean*.
3. V nabídce *Objekt* vybereme *Válec*.
4. Zvolíme *Použít*. Nyní vybereme *Válec* a pomocí klávesy *Delete* objekt smažeme. Vznikné dutý válec.



Obrázek 3.41: 3D model dutého válce



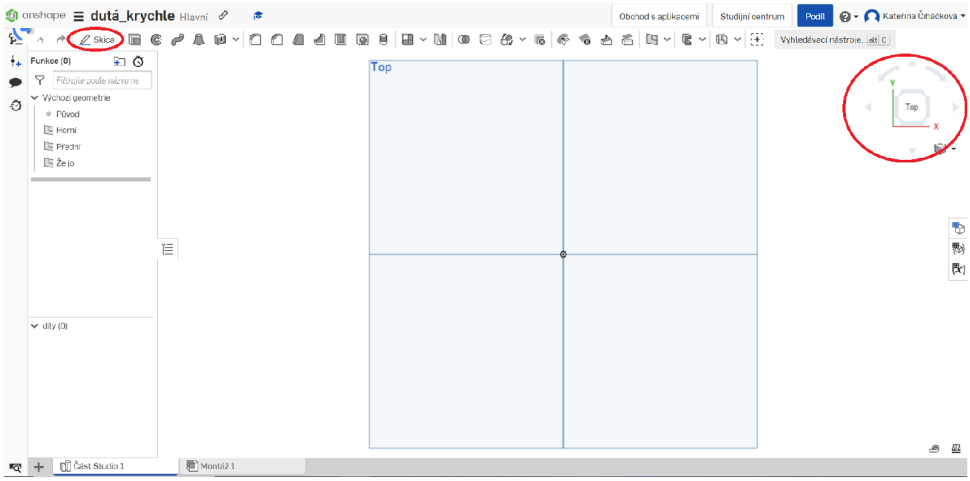
Obrázek 3.42: Pohled shora na 3D model dutého válce

Při pohledu na model je vidět, že plášť se skládá z mnoha obdélníků.

3.4 Modelování v Onshape

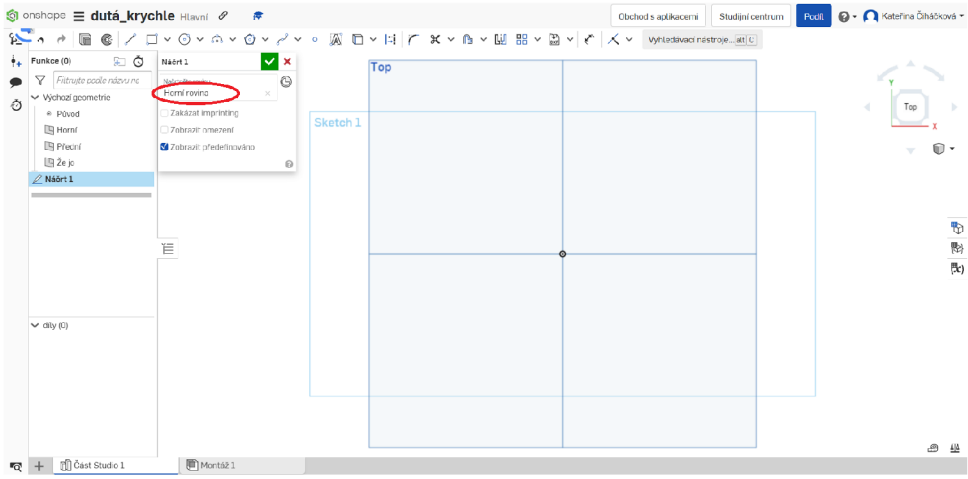
Při prvním spuštění programu Onshape se zobrazí nabídka nastavení, kde si lze zvolit výchozí jednotky, počet zobrazitelných desetinných míst, ovládání myši atd. Po otevření prostředí softwaru v levém sloupci začnou přibývat parametry a díly, které postupně tvoříme v průběhu modelování objektu (tyto parametry a díly lze přejmenovat pro snazší orientaci). V horní části softwaru se nachází funkce pro modelování. Při modelování krychle a kvádru volíme jiný pohled než při modelování válce, abychom čtenáři rozšířili zkušenosti.

3.4.1 Modelování duté krychle



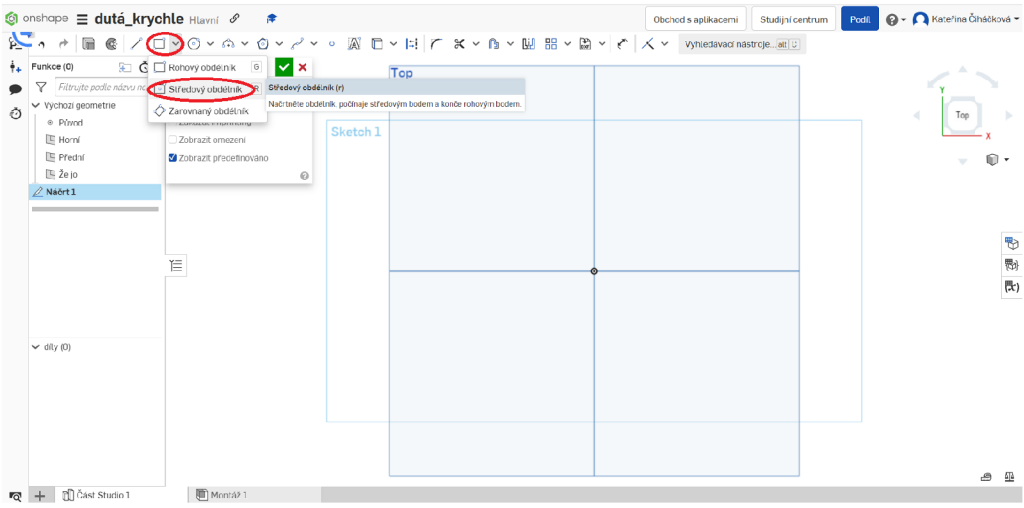
Obrázek 3.43: Prostředí Onshape

V pravé části vybereme rovinu, na kterou budeme modelovat objekt. V horní části vybereme funkci *Skica*.



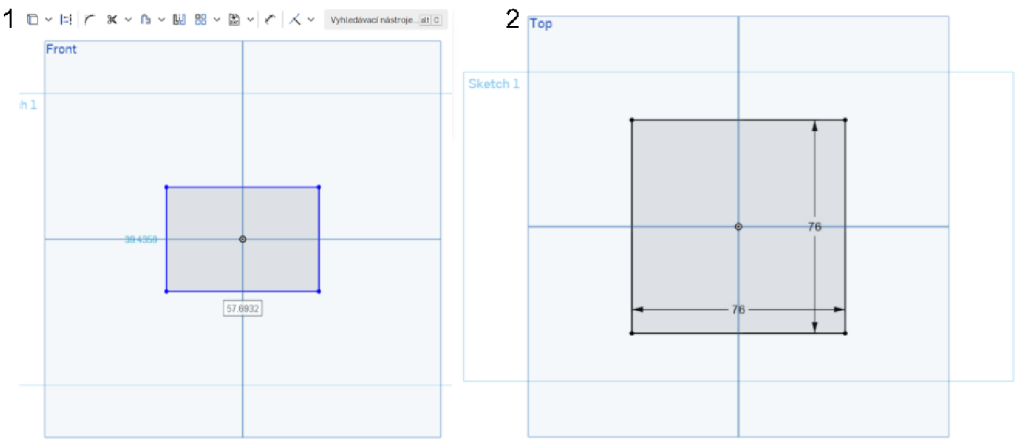
Obrázek 3.44: Funkce Skica

Poté, co jsme vybrali funkci *Skica*, je potřeba softwaru říct, kde má objekt umístit, proto je třeba označit *Horní rovinu* (ozn. ve scéně také jako *Top*) pomocí kliknutí myši. Zvolená rovina se objeví v okně *Náčrt 1*. Nyní můžeme přejít ke vkládání objektu.



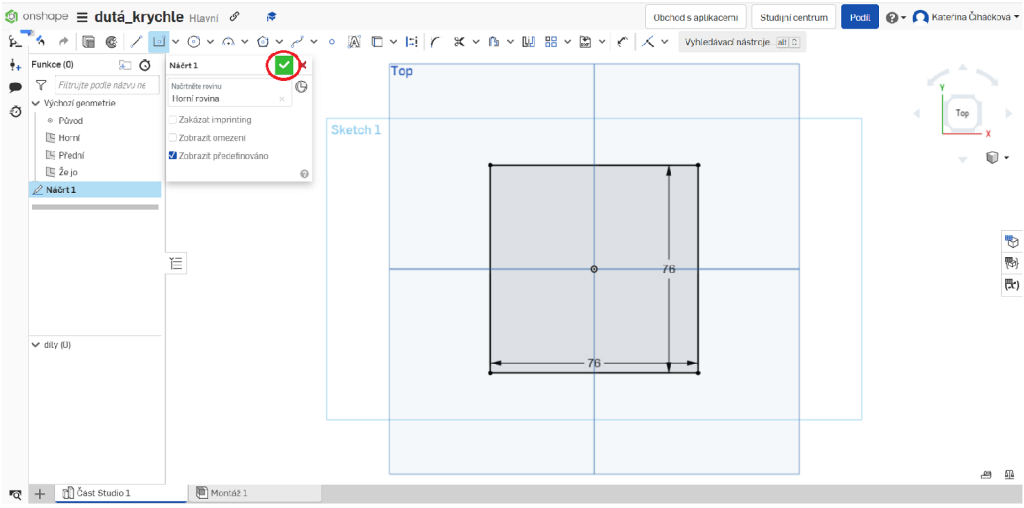
Obrázek 3.45: Středový obdélník

Po zvolení roviny klikneme na ikonu *obdélníku* a vybereme „*Středový obdélník*“, což znamená, že se obdélník vloží do středu roviny. Klikneme na bod značící střed roviny a pomocí rolování kolečka myši vložíme obdélník. Pro konečné vykreslení obdélníku potvrdíme levým tlačítkem myši.



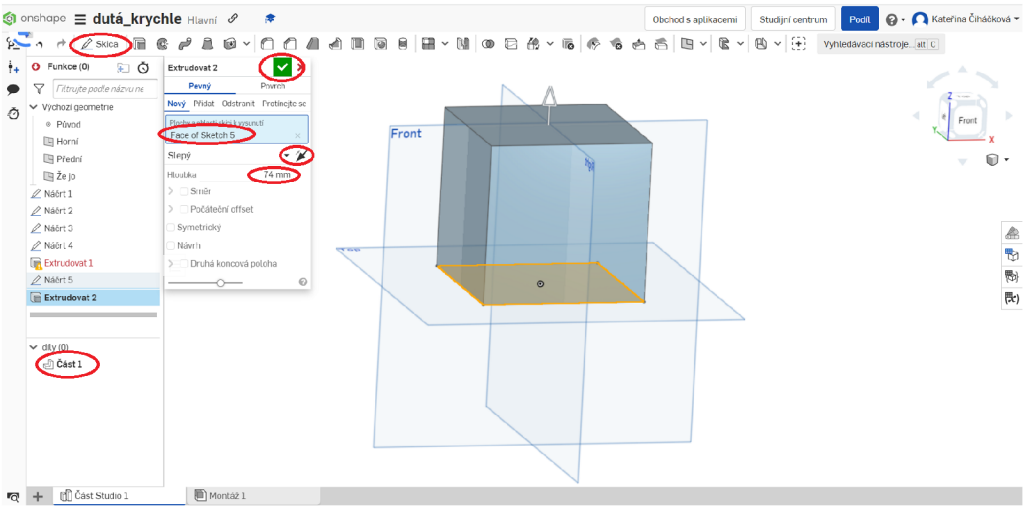
Obrázek 3.46: Rozměry podstavy

Nyní můžeme přepsat míry objektu. Program nám ukazuje rozměry objektu v rámečku. Aktivní je rámeček, který má bílou barvu – na numerické klávesnici nastavíme rozměr na 76 *mm*, klávesou *Enter* potvrdíme (viz obrázek 3.46). Software automaticky nabídne přepsaní druhého rozměru v rámečku. Stejným způsobem přepíšeme druhý rozměr na 76 *mm*, potvrdíme klávesou *Enter*. Vznikne nám tak podstava ve tvaru čtverce (viz obrázek 3.46). Kdybychom chtěli rozměry ponechat, stačí rovnou potvrdit klávesou *Enter*.



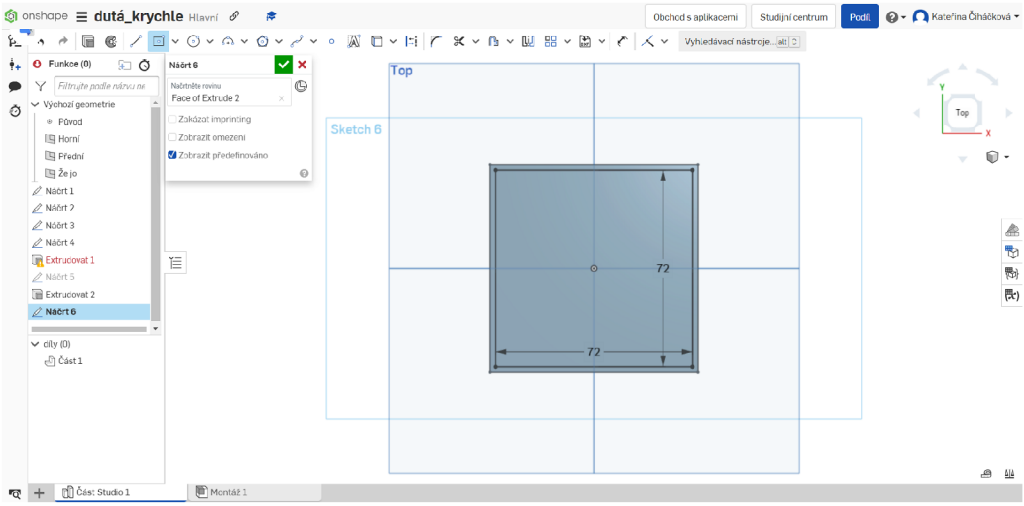
Obrázek 3.47: Náčrt 1

Objekt ve scéně potvrdíme kliknutím na zelenou šipku. Ve scéně je čtverec označen jako *Náčrt 1*.



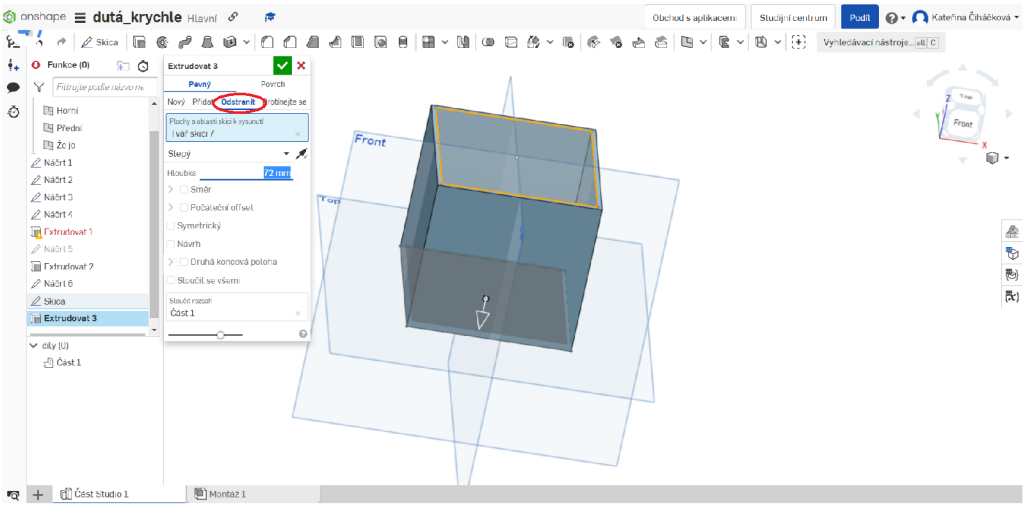
Obrázek 3.48: Extrudování podstavy

Pro vytvoření krychle vybereme funkci *Skica*, poté musíme vybrat objekt pro extrudování. V našem případě čtvercovou podstavu, na kterou stačí ve scéně kliknout, zobrazí se v okně jako *Face of Sketch 5*. V okně hloubku přepíšeme na 74 *mm* a pomocí šipky v okně nastavíme směr extrudování. Vzniklou krychli potvrdíme zelenou šipkou. Nyní je objekt ve scéně označován jako *Část 1*.



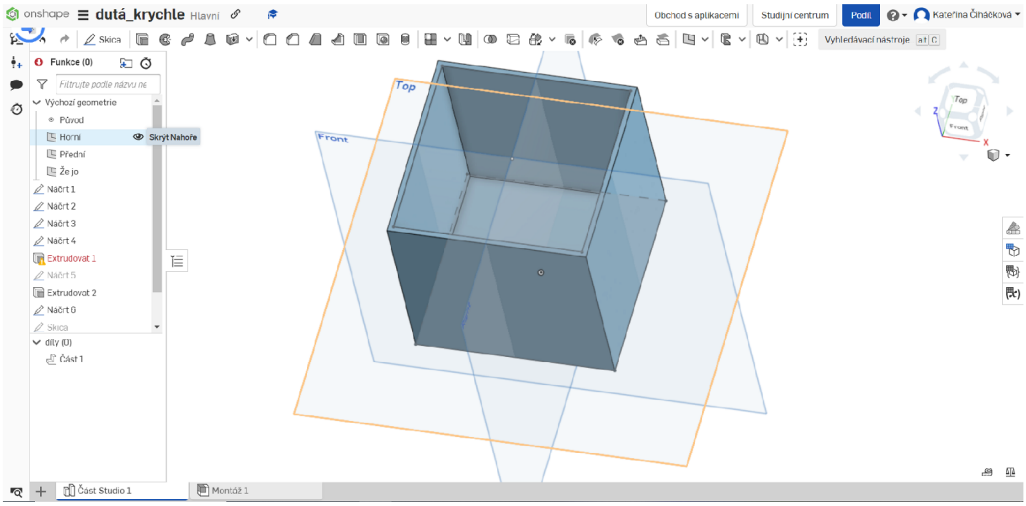
Obrázek 3.49: Umístění čtverce pro budoucí díru

Na horní podstavu kvádru umístíme čtverec pro budoucí díru. Nejprve vybereme funkci *Skica*, poté horní podstavu kvádru, kam chceme umístit objekt. Dále klikneme na ikonu *čtverce* a z nabídky vybereme „*Středový obdélník*“ a pomocí myši jej umístíme na horní podstavu. Rozměry objektu přepíšeme stejným způsobem jako u podstavy krychle. V bílém rámečku přepíšeme rozměr, potvrdíme klávesou *Enter*. Takto nastavíme rozměry čtverce na 72 *mm* (viz obrázek 3.49). Pro potvrzení klikneme na zelenou šipku v okně.



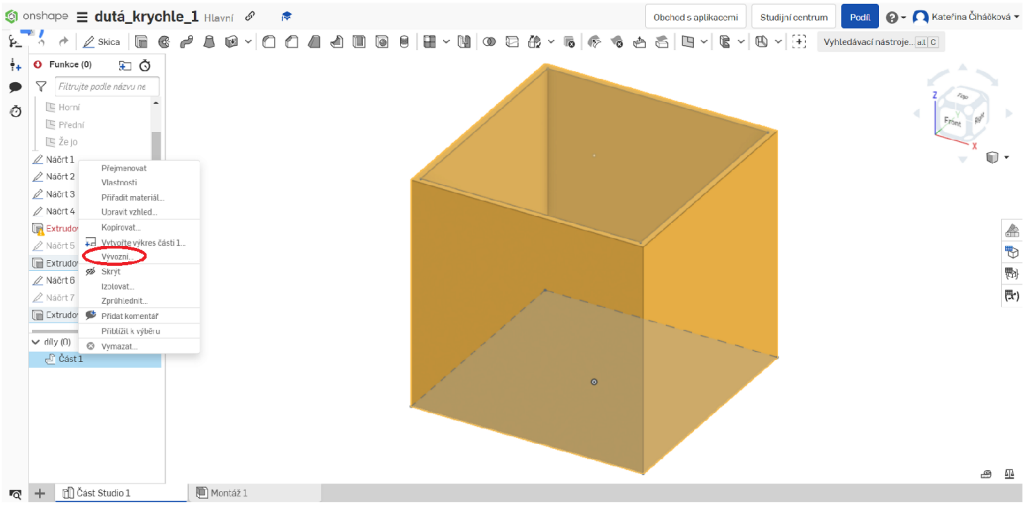
Obrázek 3.50: Modelování díry do krychle

V horní části panelu vybereme funkci *Vysunutí*, poté klikneme na vnitřní čtverec umístěný na horní podstavě objektu. V okně je pojmenován jako *Tvar skici 7*. Dále v okně zvolíme funkci *Odstranit*, přepíšeme hloubku „díry“ na 72 *mm*, zvolíme směr díry pomocí šipky v okně a potvrdíme zelenou šipkou.



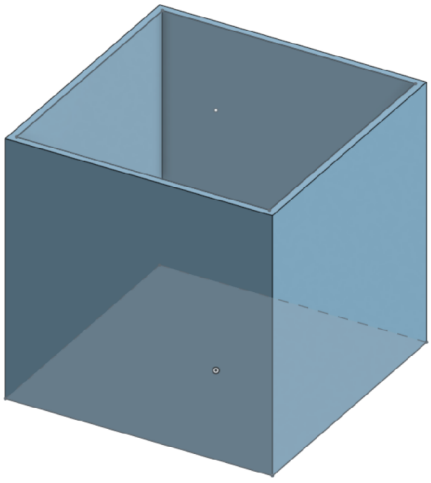
Obrázek 3.51: Skrytí rovin ve scéně

Abychom pořídili pro lepší přehlednost objektu snímky obrazovky bez rovin, tak je ve scéně skryjeme kliknutím na ikonu *oka* v levém horním sloupci (viz obrázek 3.51).



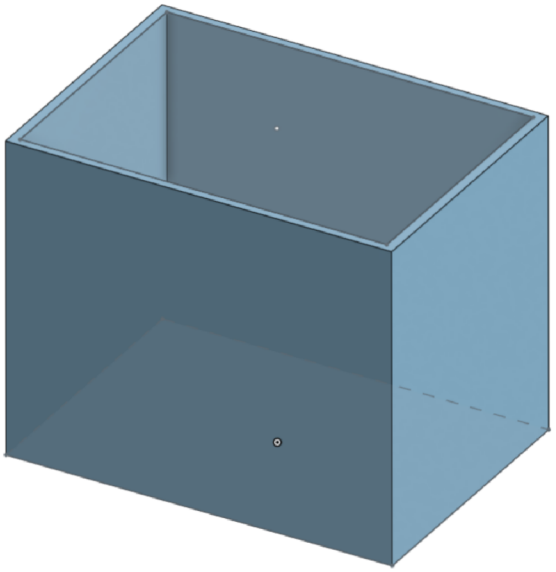
Obrázek 3.52: Uložení modelu jako STL

V levém sloupci klikneme pravým tlačítkem myši na model, který se ve scéně jmenuje *Část 1*. V nabídce zvolíme funkci *Vývozní*, která zastupuje funkci export, a vybereme formát STL.



Obrázek 3.53: 3D model duté krychle

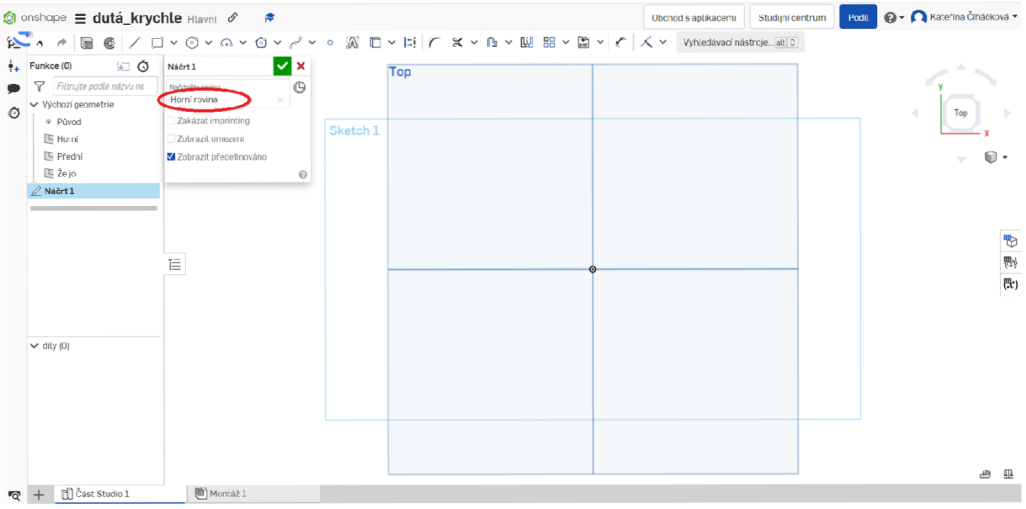
3.4.2 Modelování dutého kvádru



Obrázek 3.54: 3D model dutého kvádru

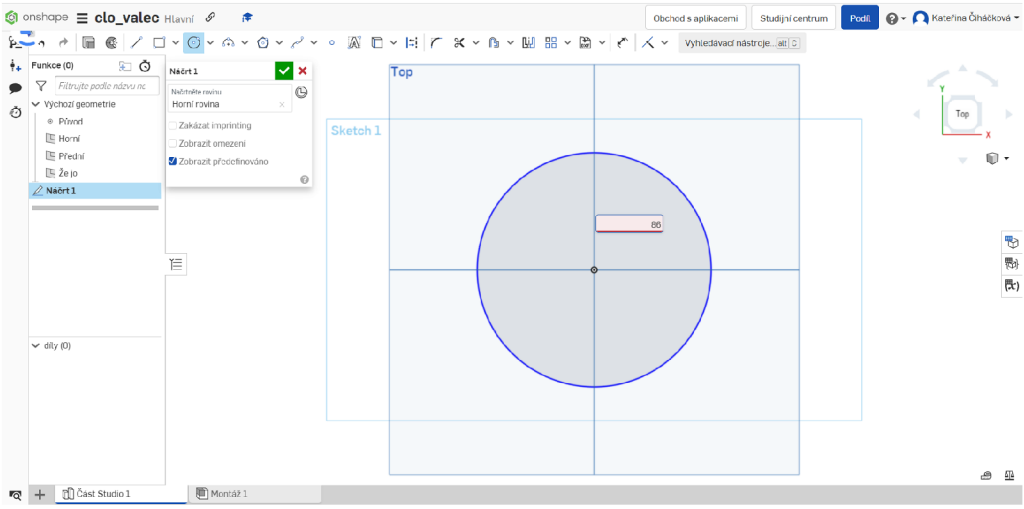
Postup modelování dutého kvádru je totožný jako postup u krychle. Pouze nastavíme jiné rozměry. Pro vnější kvádr podstavu 91 mm, 64 mm a výšku 74 mm. Pro díru $86,4$ mm, 60 mm a výšku 72 mm.

3.4.3 Modelování dutého válce



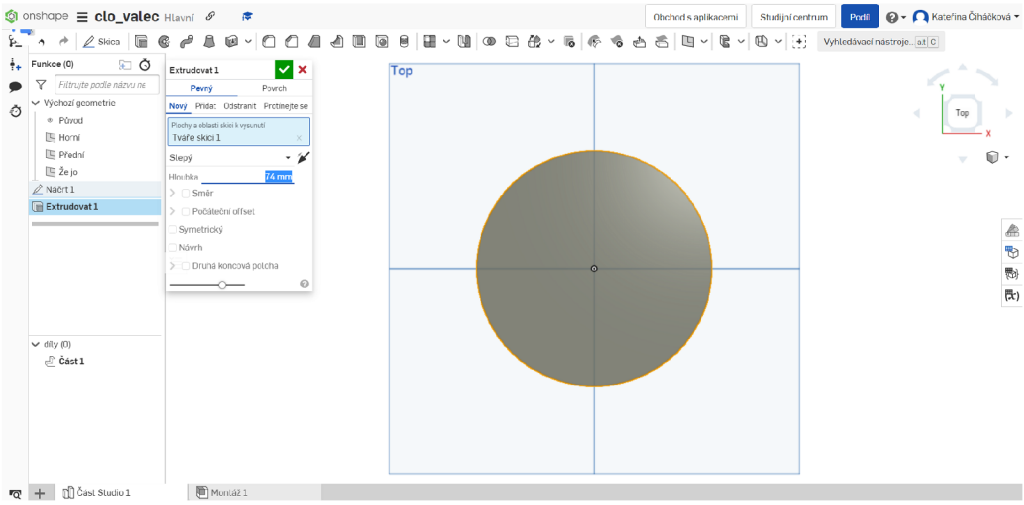
Obrázek 3.55: Rovina a funkce Skica

Nejdříve vybereme rovinu, na které budeme modelovat. V našem případě rovina x y, která je ve scéně označována jako *Top*. V horní části vybereme funkci *Skica* a klikneme na rovinu, v okně se zobrazí jako *Horní rovina*.



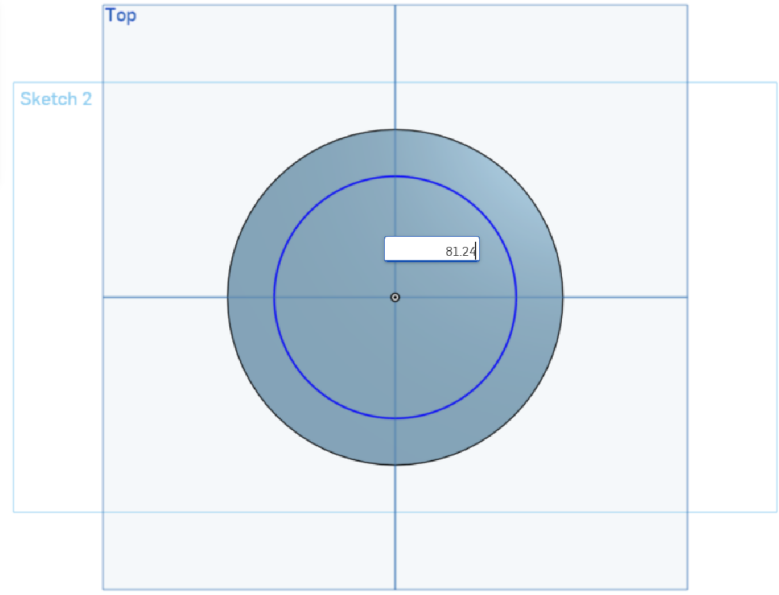
Obrázek 3.56: Středový kruh

Poté, co máme zvolenou rovinu a funkci *Skica*, můžeme na scénu umístit objekt ve tvaru kruhu. Z horního panelu vybereme ikonu *kruh* a z nabídky zvolíme „*Středový kruh*“, což znamená, že se kruh umístí do středu roviny. Přemístíme se do roviny a pomocí myši vložíme kruh, potvrdíme klávesou *Enter*. Poté nastavíme průměr kruhu v bílém rámečku udávající dosavadní průměr kruhu. Rozměr přepíšeme na 86 *mm* a klávesou *Enter* potvrdíme.



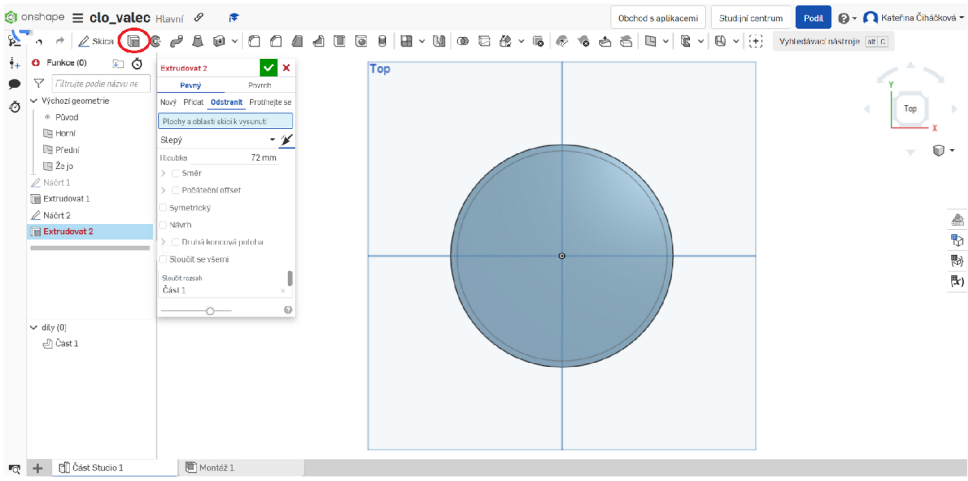
Obrázek 3.57: Extrudování podstavy

Z horního panelu nabídky vybereme funkci *Skica*, poté musíme vybrat objekt pro extrudování. V tomto případě kruh, na který stačí ve scéně kliknout, zobrazí se v okně jako *Tváře skici 1*. V okně hloubku přepíšeme na 74 *mm* a pomocí šipky v okně nastavíme směr extrudování. Vzniklý válec potvrdíme zelenou šipkou. Nyní je objekt ve scéně označován jako *Část 1*.



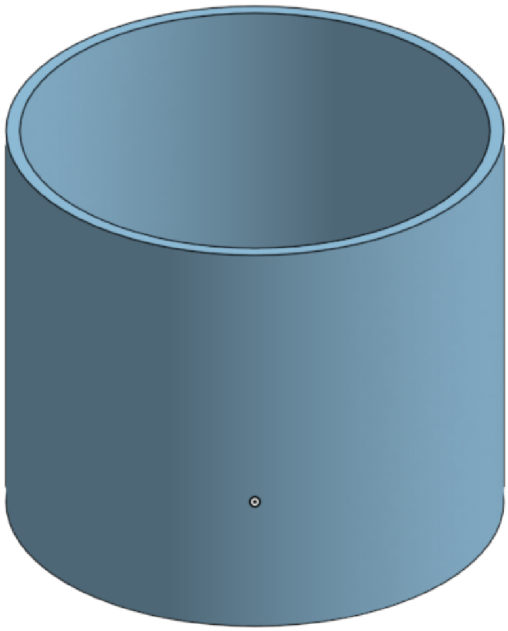
Obrázek 3.58: Umístění kruhu pro budoucí díru

Na horní podstavu válce umístíme kruh pro budoucí díru. Nejprve vybereme funkci *Skica*, poté horní podstavu válce, kam chceme umístit objekt. Dále klikneme na ikonu *kruhu* a z nabídky vybereme „*Středový kruh*“ a pomocí myši jej umístíme na horní podstavu. Rozměry objektu přepíšeme stejným způsobem jako u podstavy válce. V bílém rámečku, který udává průměr kruhu, rozměr přepíšeme, potvrdíme klávesou *Enter*. Takto nastavíme průměr kruhu na $81,24$ mm (viz obrázek 3.58). Pro potvrzení klikneme na zelenou šipku v okně.

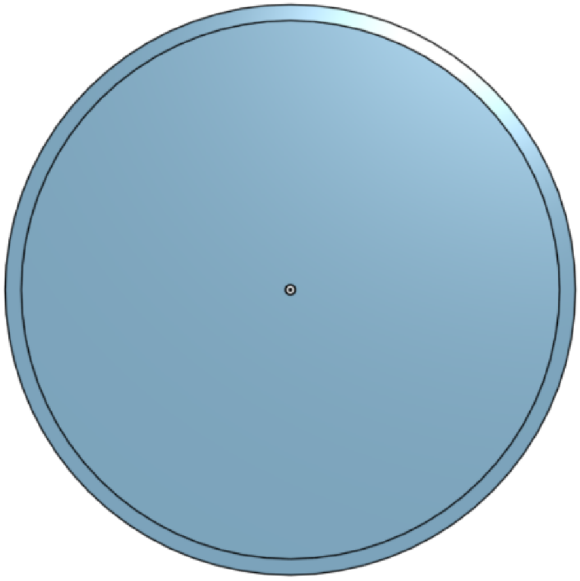


Obrázek 3.59: Modelování díry do válce

V horní části panelu poté vybereme funkci *Vysunutí* a klikneme na vnitřní kruh umístěný na horní podstavě objektu. V okně zvolíme funkci *Odstranit*, přepíšeme hloubku „díry“ na 72 mm, zvolíme směr díry pomocí šipky v okně a potvrdíme zelenou šipkou.



Obrázek 3.60: 3D model dutého válce



Obrázek 3.61: Pohled shora na 3D model dutého válce

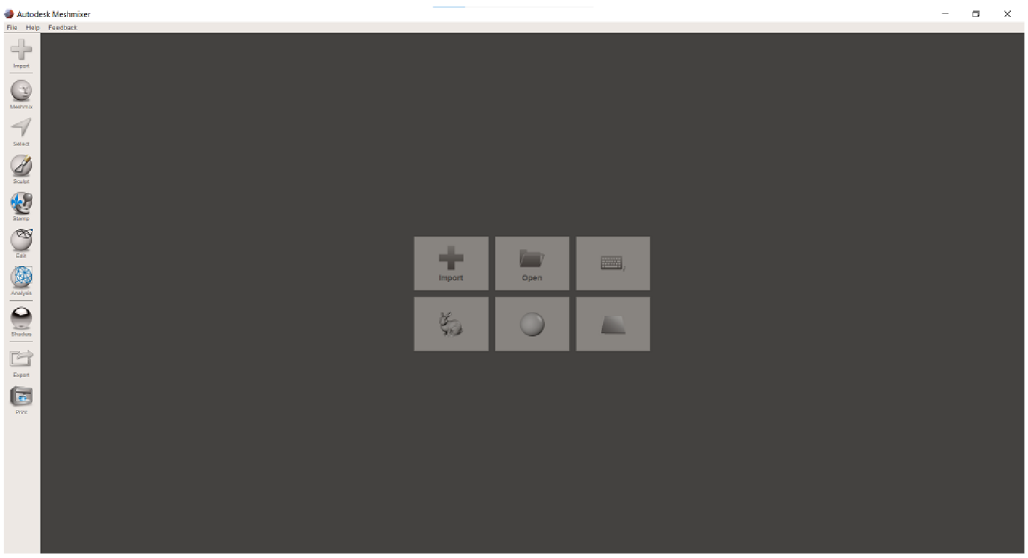
Jak vidíme na obrázku 3.61 a 3.60, plášť válce je hladký a není tvořen z mnoha obdélníků.

3.5 Modelování v Meshmixer

Meshmixer je bezplatný 3D grafický software od společnosti Autodesk, který umožňuje uživatelům modelování a úpravy 3D souborů díky mnoha užitečným nástrojům, včetně nástrojů pro opravu modelů, spojování a oddělování sítí, tvorbu podpůrných struktur pro tisk 3D modelů a mnoho dalších. Uživatelé také mohou vytvářet nové 3D modely, používat hotové modely a provádět další úpravy, jako jsou například modelování textur a aplikace barev.

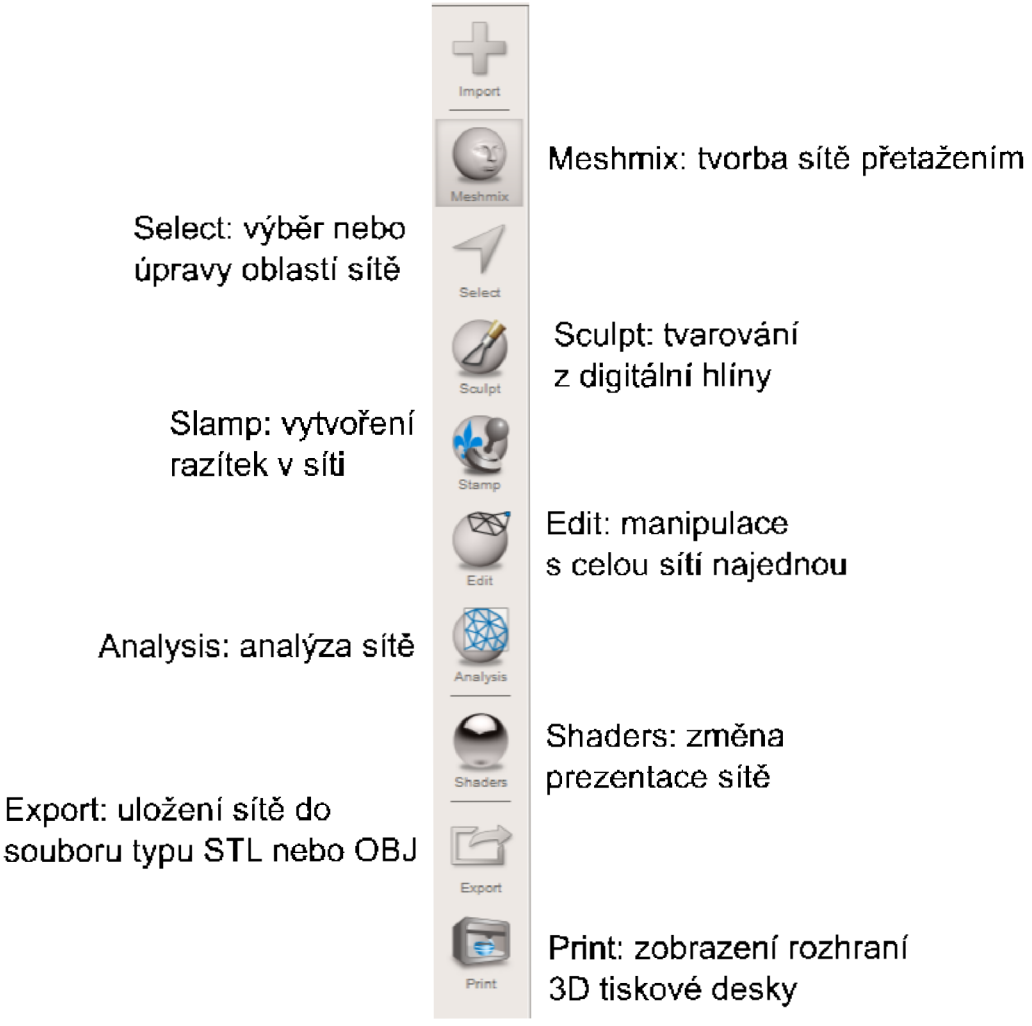
Bohužel zde nezle vymodelovat přesný model duté krychle, dutého kvádru a dutého válce. V programu Meshmixer není přímo zabudována funkce pro parametrické modelování, což nám omezuje možnosti vytváření přesných parametrických objektů. Meshmixer je především určen pro úpravu a opravu sítí polygonů (meshů) a práci s trojrozměrnými modely. Jedná se o program vhodný pro sculpting, ne pro 3D CAD modeling. Proto zde uvedeme pouze základní popis programu.

3.5.1 Prostředí softwaru Meshmixer



Obrázek 3.62: Prostředí Meshmixer

V pravém sloupci prostředí Meshmixer (viz obrázek 3.62) je uvedena nabídka nástrojů 3.63). Tyto nástroje nelze použít pro tvorbu parametrických těles. Můžeme v něm však vytvářet různé sochařské originální modely, které lze poté vytisknout na tiskárně. Program je také oblíbený pro řezání již hotových těles, kde se dají takto nařezané modely dál upravovat a přidávat jim různé vlastnosti.



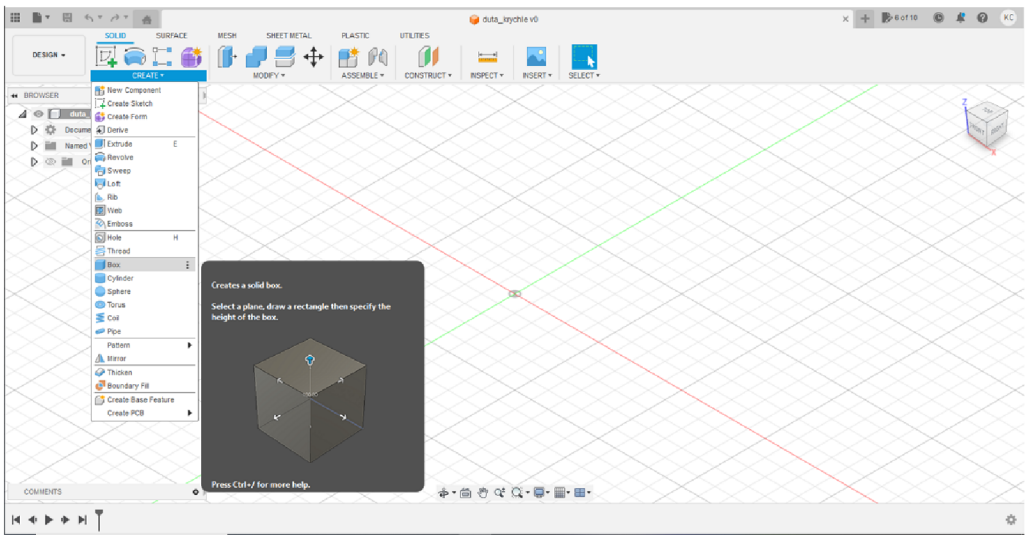
Obrázek 3.63: Nabídka nástrojů Meshmixer s popisky

3.6 Modelování ve Fusion 360

Software Fusion 360 je snadno ovladatelný program s intuitivním uživatelským rozhraním, ale vyžaduje předešlé zkušenosti uživatele. Kdybychom měli popsat jednotlivé funkce Fusion 360 vydalo by na knihu samotnou, proto v této kapitole popíšeme pouze to, co potřebujeme pro tvorbu našich modelů. V jediné aplikaci v sobě kombinuje prostředí pro vytváření průmyslových výrobků, strojírenské návrhy, simulace, spolupráci, obrábění a 3D tisk. Určitě stojí za to se v tomto programu učit modelovat.

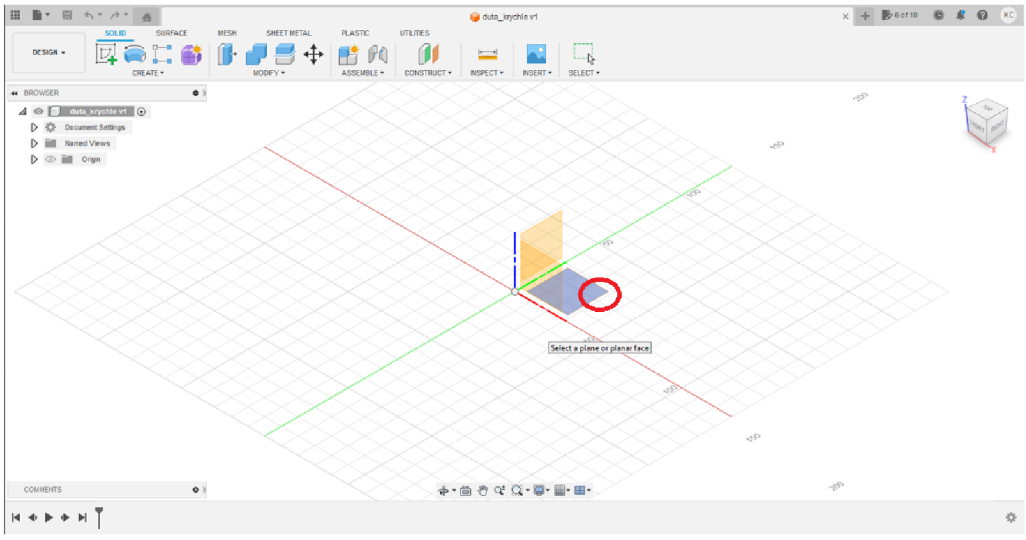
Fusion 360 nabízí zdarma dostupné výukové materiály, včetně videí, návodů a kurzů, které mohou pomoci při seznamování se s prostředím.

3.6.1 Modelování duté krychle



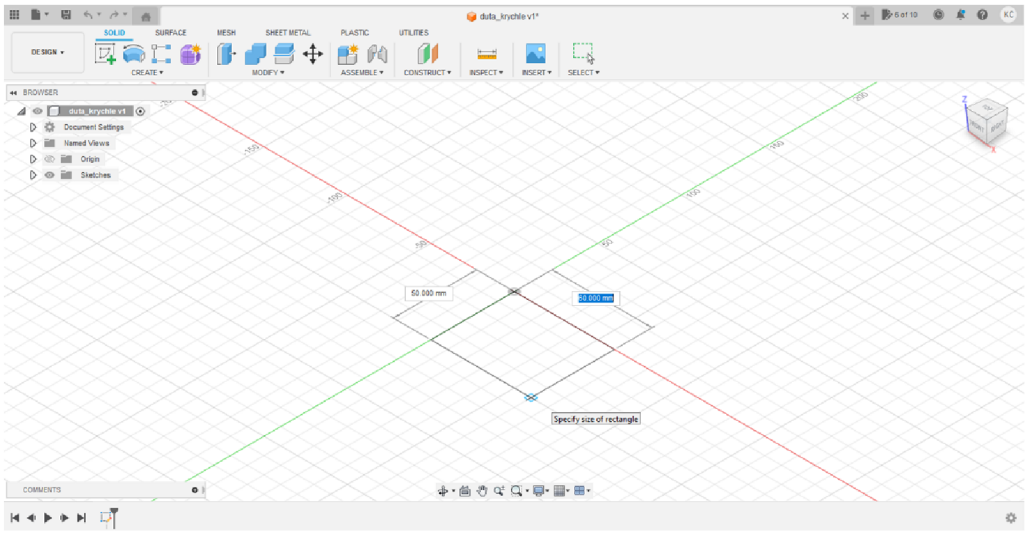
Obrázek 3.64: Výběr krychle z nabídky

Pro vytvoření modelu duté krychle vybereme z horní nabídky příkaz *CREATE* a poté *Box*.



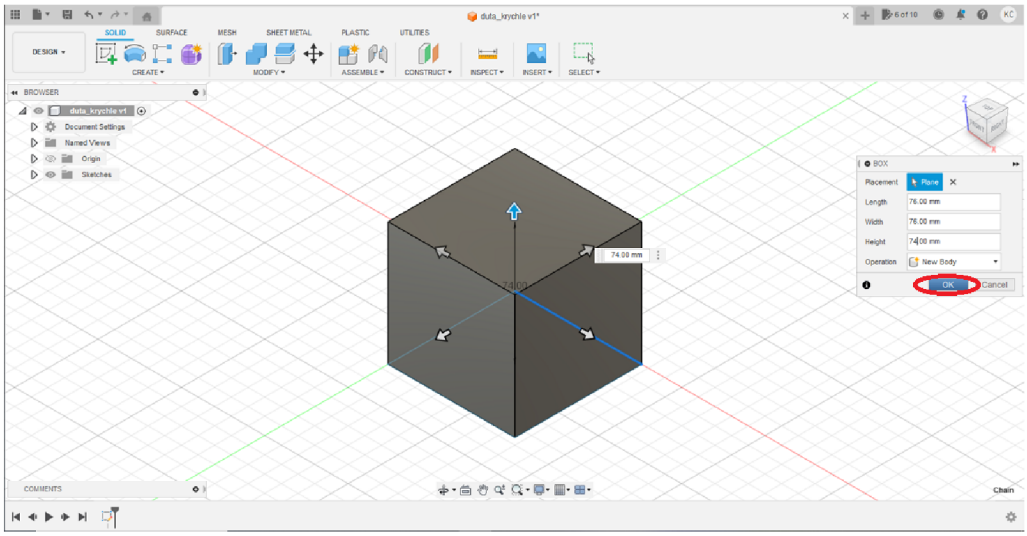
Obrázek 3.65: Výběr roviny pro modelování

Nyní vybereme rovinu, kde budeme modelovat podstavu. V našem případě rovina x y. Kurzorem myši klikneme na čtverec (viz obrázek 3.65), který označuje tuto plochu.



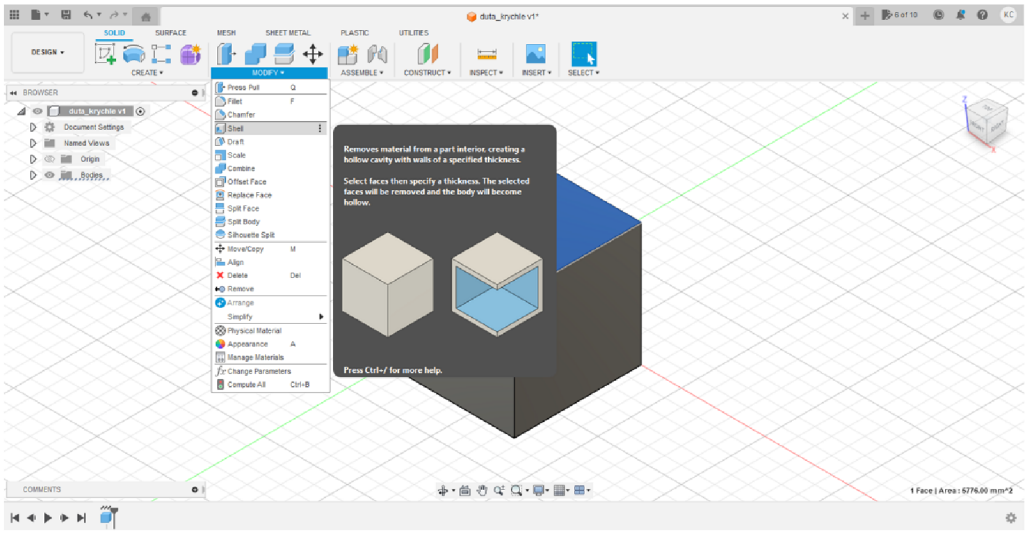
Obrázek 3.66: Rozměry krychle

Klikneme na průsečík os a táhneme myší, přičemž se nám rýsuje podstava krychle. Libovolně potvrdíme klávesou *Enter*, čímž se zobrazí tabulka v pravé části scény, kde budeme moci rozměry podstavy přepsat.



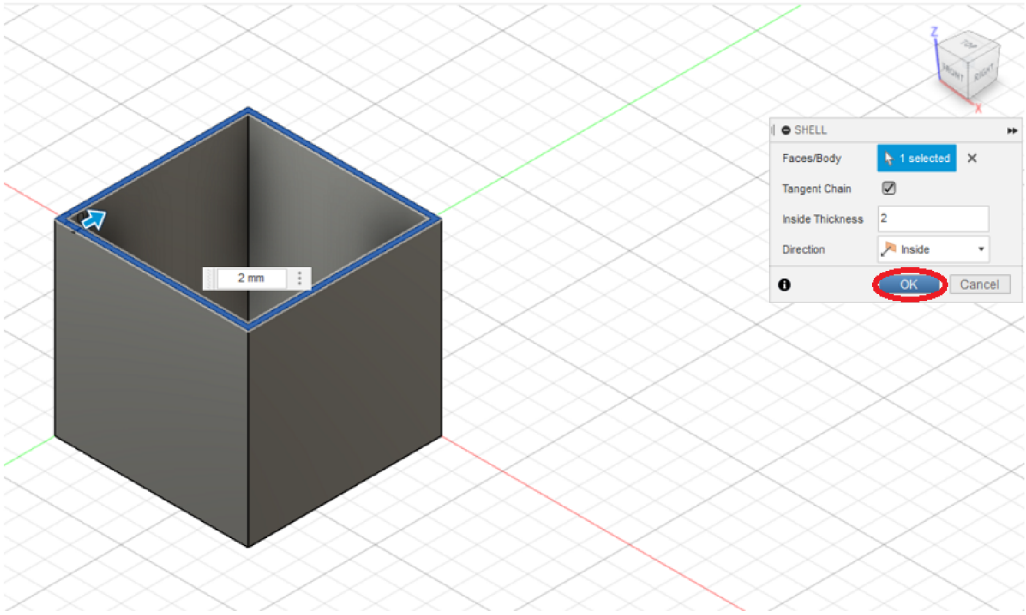
Obrázek 3.67: Nastavení rozměrů krychle

V tabulce nastavíme délku a šířku na 76 *mm* a výšku na 74 *mm*. Potvrdíme kliknutím na tlačítko *OK* v tabulce.



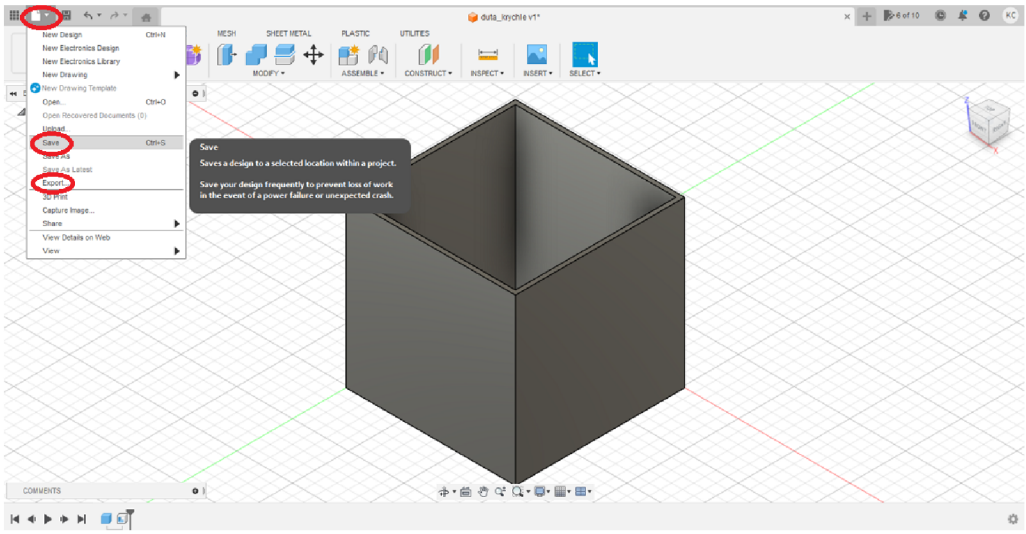
Obrázek 3.68: Vytvoření duté krychle

Pro vytvoření díry v krychli kliknutím myší označíme horní podstavu krychle. Z nabídky vybereme příkaz *MODIFY* a poté *Shell*, čímž se díra vytvoří.



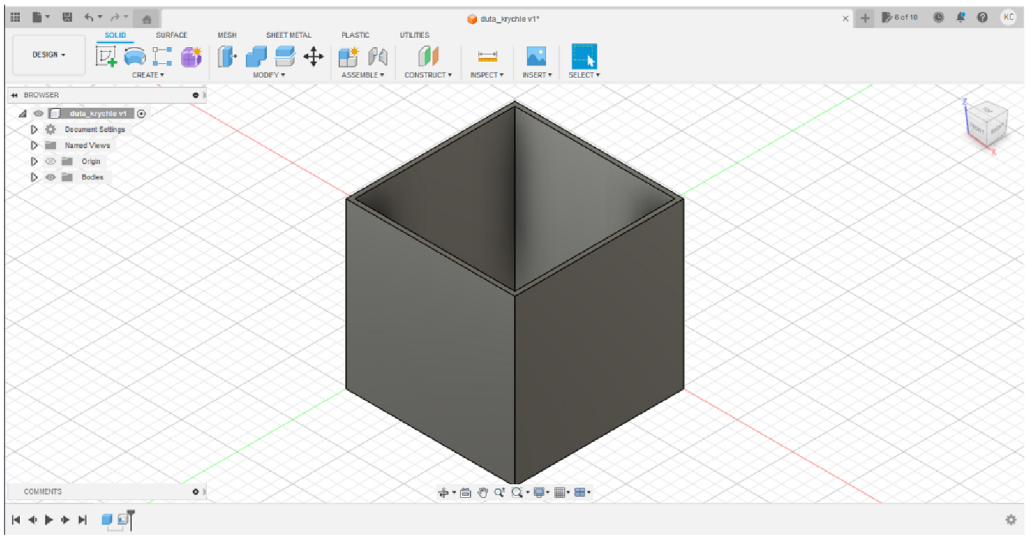
Obrázek 3.69: Nastavení síly stěn krychle

Nyní nastavíme tloušťku stěn na 2 *mm*. Máme dvě možnosti: vpravo přepsat rozměr v tabulce, nebo vlevo přímo na krychli (viz obrázek 3.69). Potvrdíme kliknutím na tlačítko *OK* v tabulce.



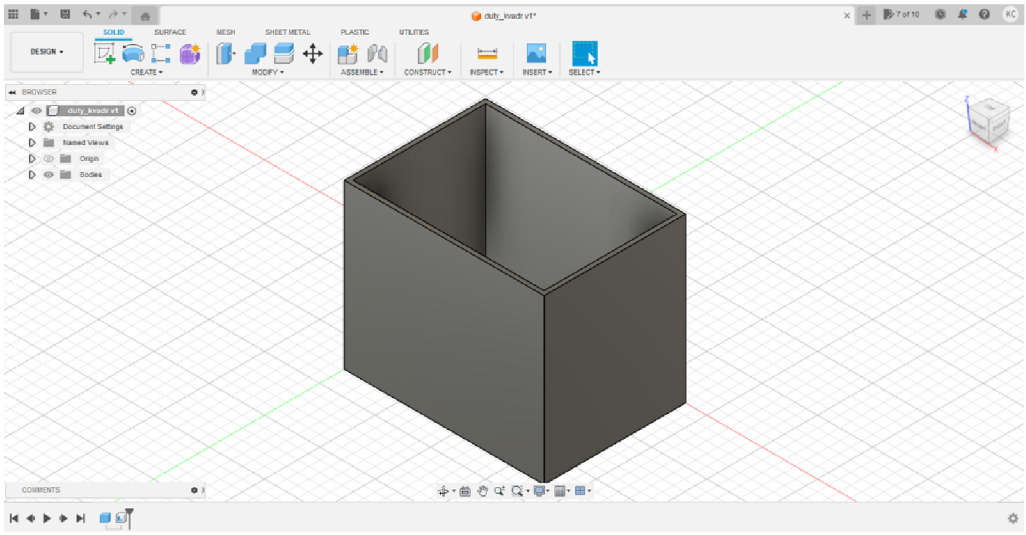
Obrázek 3.70: Uložení modelu duté krychle

Dutá krychle je tím vymodelovaná. Nyní z horní nabídky vybereme kartu (viz obrázek 3.70) a model uložíme – *Save*. Poté v té samé kartě vybereme *Export...* a uložíme ve formátu STL.



Obrázek 3.71: 3D model duté krychle

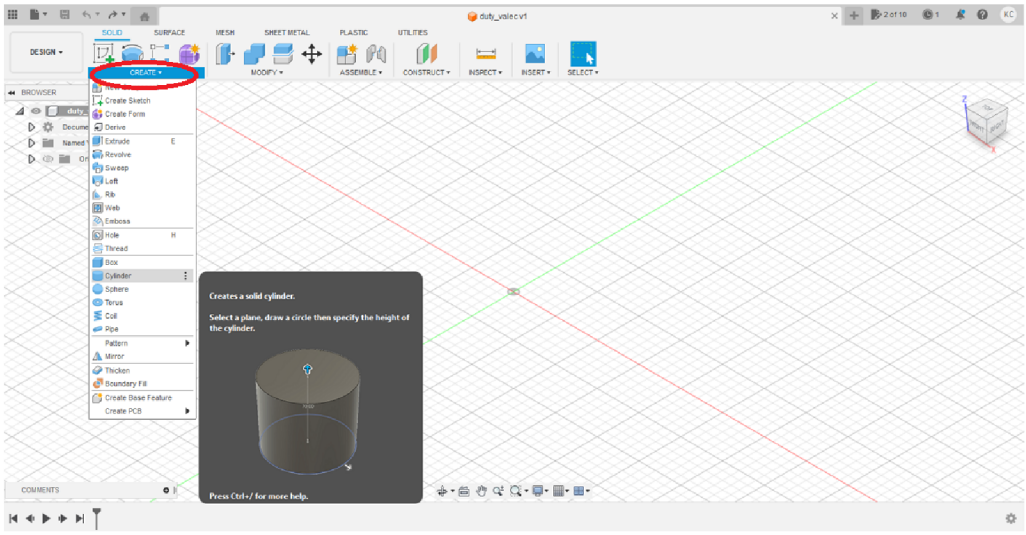
3.6.2 Modelování dutéhé kvádru



Obrázek 3.72: 3D model dutého kvádru

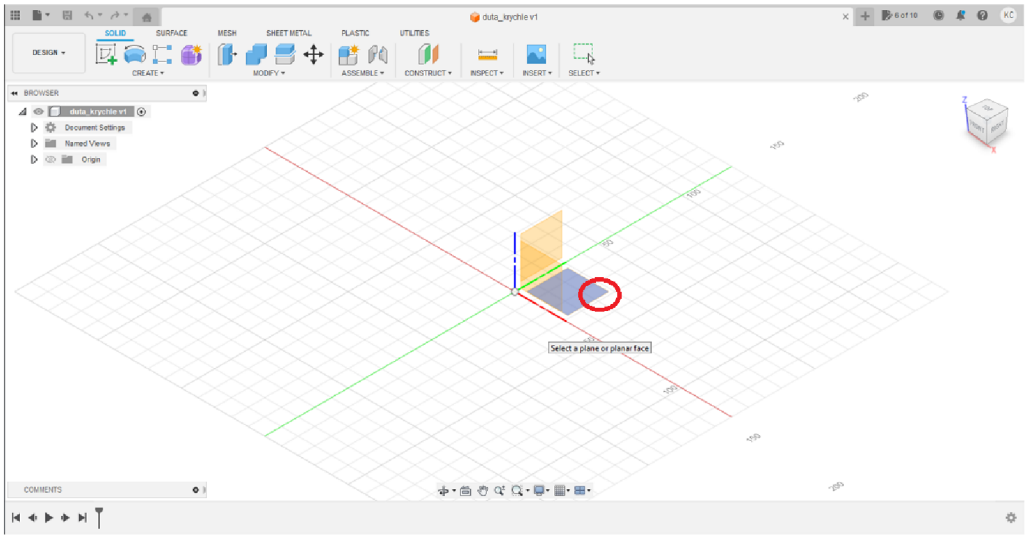
Postup modelování dutého kvádru je totožný jako postup u krychle. Pouze nastavíme jiné rozměry. Pro vnější kvádr podstavu $90,4\ mm$, $64\ mm$ a výšku $74\ mm$. Sílu stěny nastavíme na $2\ mm$.

3.6.3 Modelování dutého válce



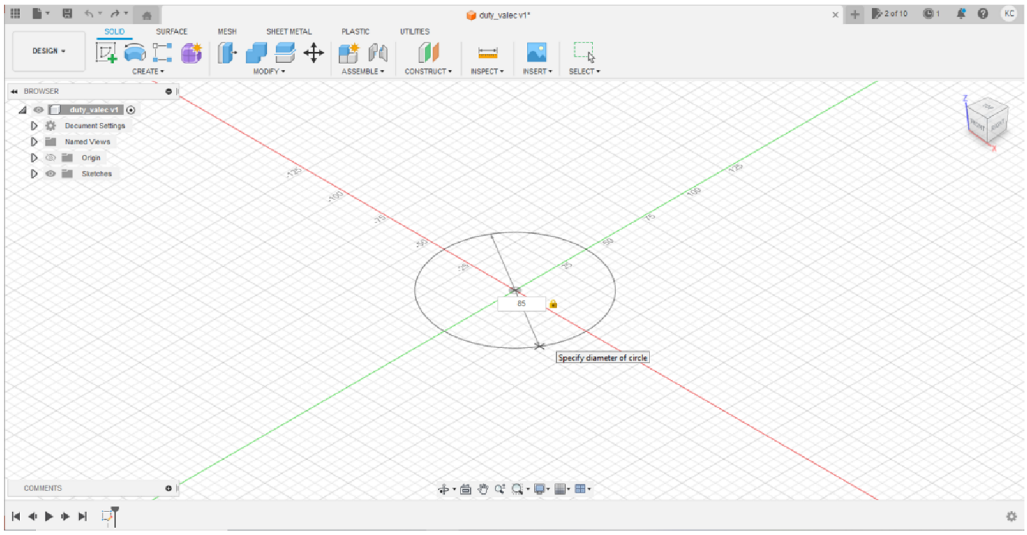
Obrázek 3.73: Modelování vnějšího válce

Pro vytvoření dutého válce z nabídky *CREATE* vybereme příkaz *Cylinder*.



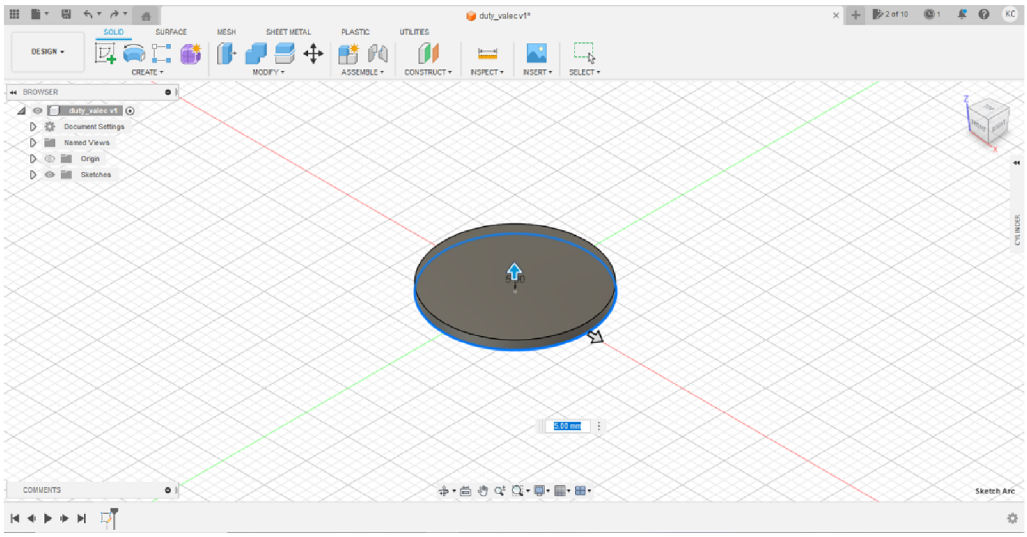
Obrázek 3.74: Výběr roviny

Nyní vybereme plochu, kde budeme modelovat. V našem případě rovina x y. Kurzorem myši klikneme na modrý čtverec (viz obrázek 3.74), který označuje tuto rovinu.



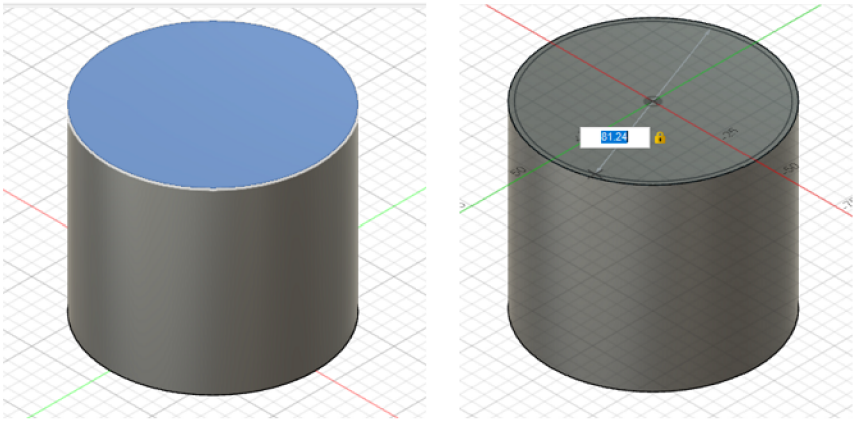
Obrázek 3.75: Rozměr podstavy vnějšího válce

Nyní klikneme do průsečíku os a táhneme myší, přitom se nám zobrazuje průměr podstavy válce. Rozměry můžeme nastavit tažením myši, nebo jednoduše přepsat v rámečku na hodnotu 85 *mm*. Poté rozměr potvrdíme klávesou *Enter*.



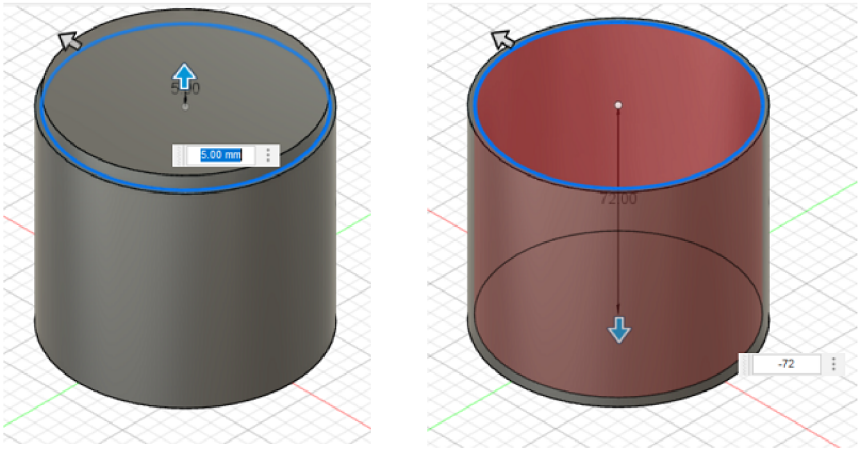
Obrázek 3.76: Výška vnějšího válce

Nyní nastavíme výšku válce na hodnotu 74 *mm*. Rozměr napíšeme do rámečku a potvrdíme klávesou *Enter*.



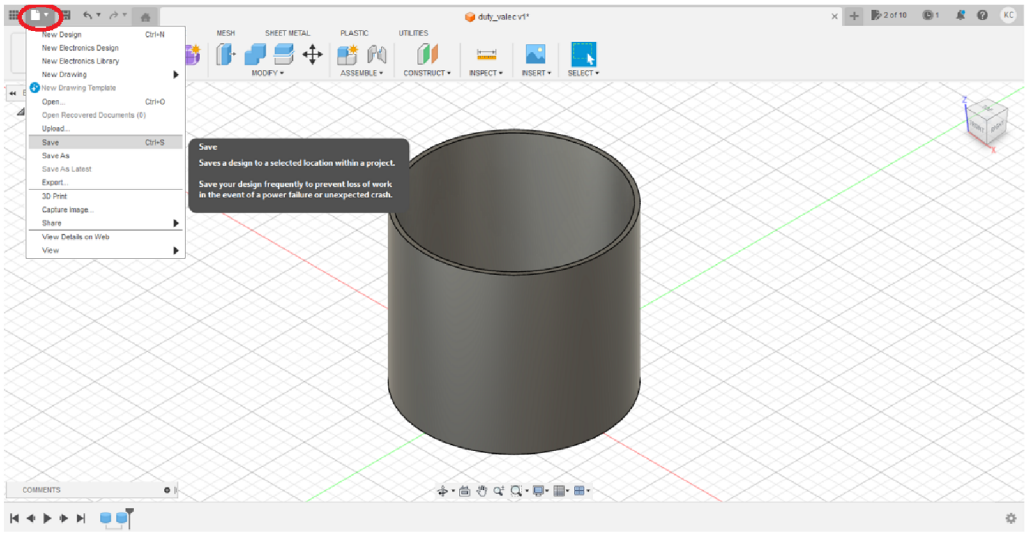
Obrázek 3.77: Rozměr podstavy vnitřního válce

Nyní označíme kliknutím myší horní podstavu válce a budeme tvořit vnitřní válec. Opět z nabídky *CREATE* vybereme *Cylinder* a klikneme kurzorem myši na střed horní podstavy. Táhnutím myši nastavujeme rozměry podstavy vnitřního válce. Průměr podstavy válce můžeme nastavit v rámečku na hodnotu $81,24$ mm a potvrdíme klávesou *Enter*.



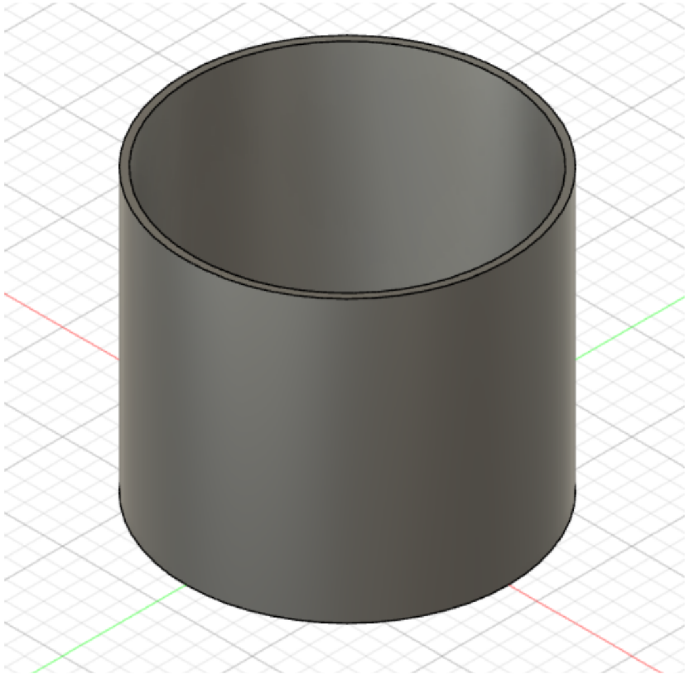
Obrázek 3.78: Výška vnitřního válce

Nyní nastavíme výšku vnitřnímu válci. Aby vznikl dutý válec, musí být výška vnitřního válce záporná. Výšku nastavíme na hodnotu -72 mm. Potvrdíme klávesou *Enter*.

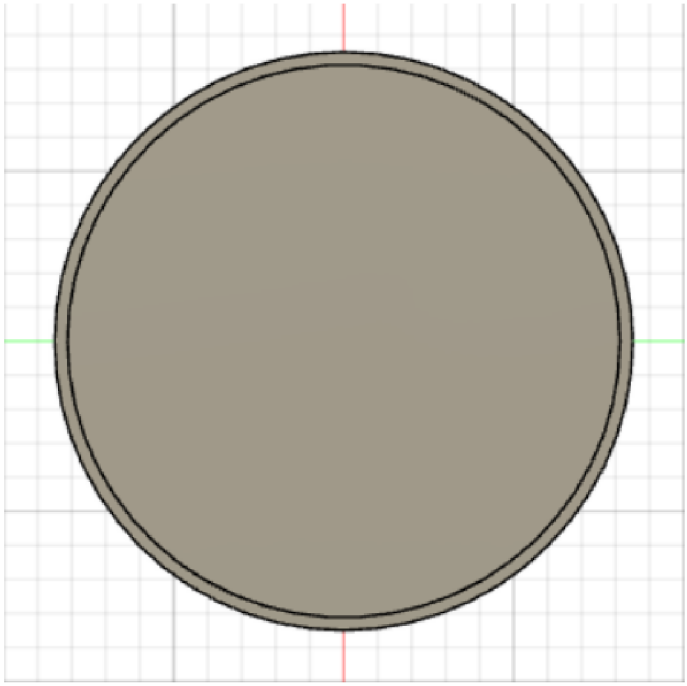


Obrázek 3.79: Uložení modelu válce

Dutý válec je vymodelovaný. Nyní z horní nabídky vybereme kartu (viz obrázek 3.79) a model uložíme – *Save*. Poté v té samé kartě vybereme *Export...* a uložíme ve formátu STL.



Obrázek 3.80: 3D model dutého válce



Obrázek 3.81: Pohled shora na 3D model dutého válce

Podstava válce je kruhová, plášť válce v Onshape je hladký a není tvořen pravidelnými mnohoúhelníky (viz obrázek 3.80 a 3.81).

3.7 Modelování v FreeCAD

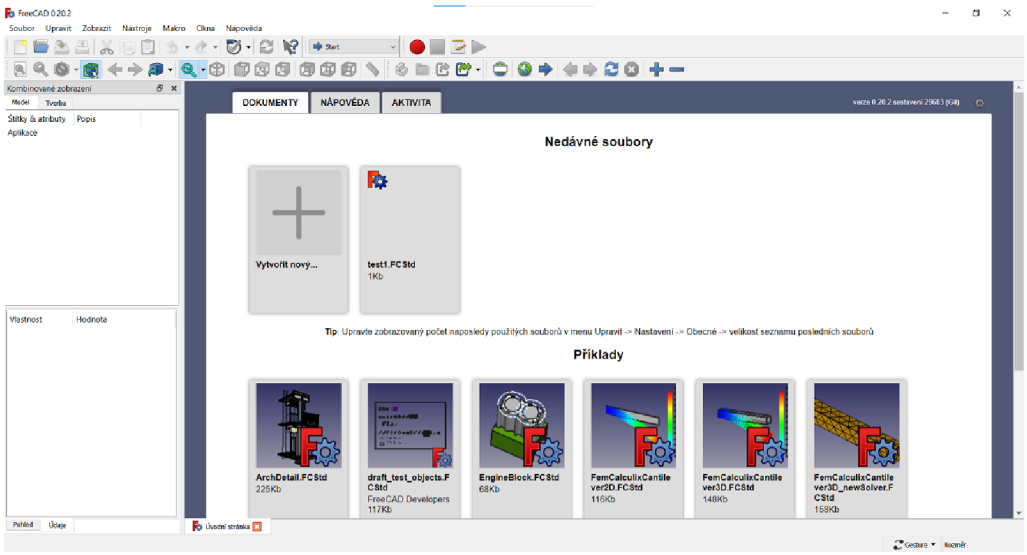
FreeCAD je open-source parametrický 3D CAD software, který slouží k vytváření komplexních návrhů a modelů. Software poskytuje uživatelům mnoho nástrojů pro návrh a modelování různých objektů, včetně kreslení, modelování sítí, křivek a ploch. Software také podporuje práci s různými formáty souborů, jako jsou STEP, IGES, OBJ, DXF, SVG a další.

Další výhodou programu je jeho rozšiřitelnost. Existuje mnoho pluginů a modulů, které lze snadno nainstalovat a použít pro zvládnutí složitějších projektů. FreeCAD také poskytuje mnoho dokumentace a tutoriálů, které pomáhají uživatelům seznámit se s funkcemi a možnostmi tohoto softwaru. Používá se v oblasti strojírenství, architektury a dalších odvětví, kde je potřeba vytvářet a upravovat 3D modely.

V následujícím postupu jsme prostředí nastavili pro začátečníky, pro lepší ovládání v softwaru. Pro opuštění zvolené funkce je třeba vždy kliknout pravým tlačítkem myši. Pro potvrzení obrazce ve scéně levým tlačítkem myši.

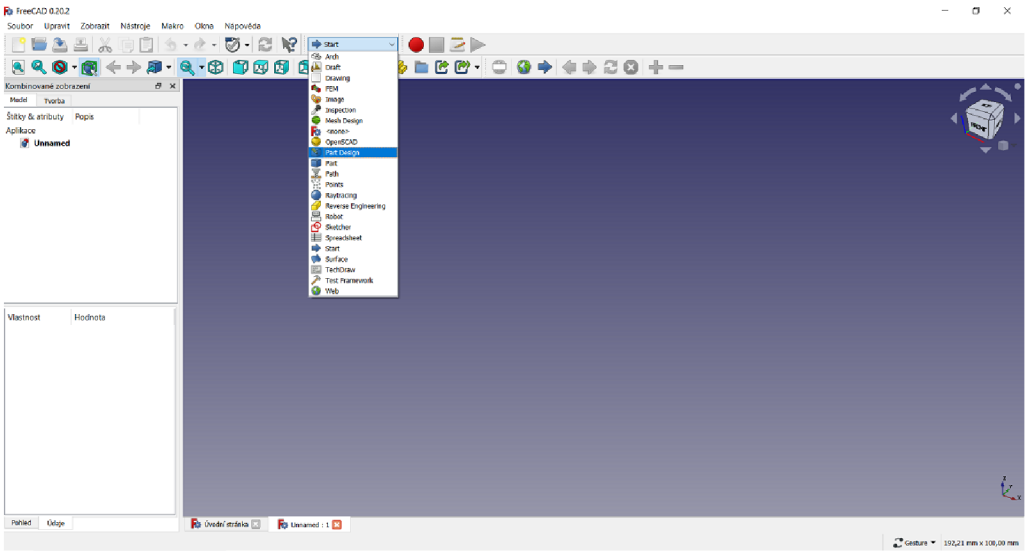
Na webových stránkách *www.3dtisk-proskoly.cz* je umístěn ještě jiný způsob modelování duté krychle. Tento návod může více rozšířit vědomosti v tomto programu. Zde v diplomové práci uvedeme jednodušší postup.

3.7.1 Modelování duté krychle



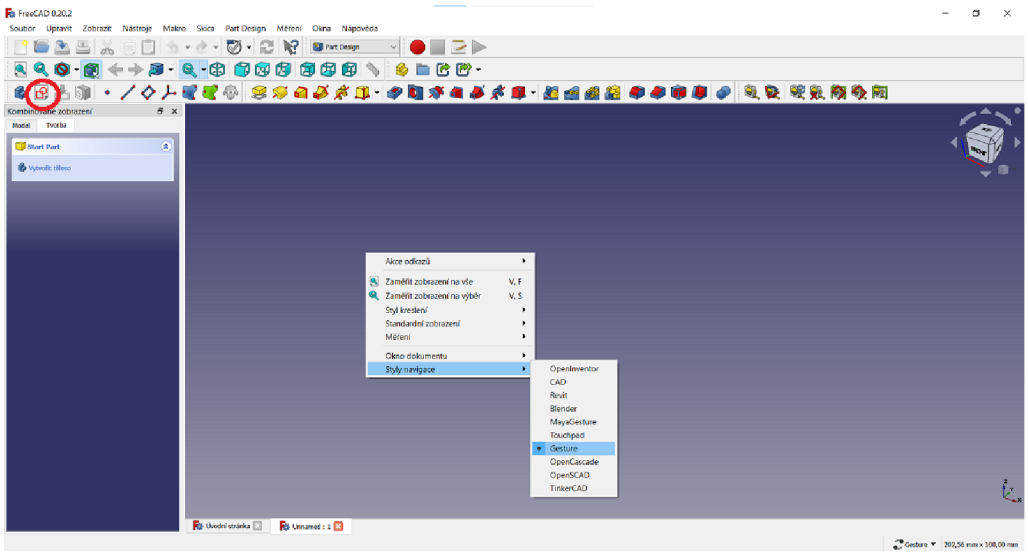
Obrázek 3.82: Nastavení softwaru

Po otevření softwaru FreeCAD klikneme na příkaz *Vytvořit nový...*



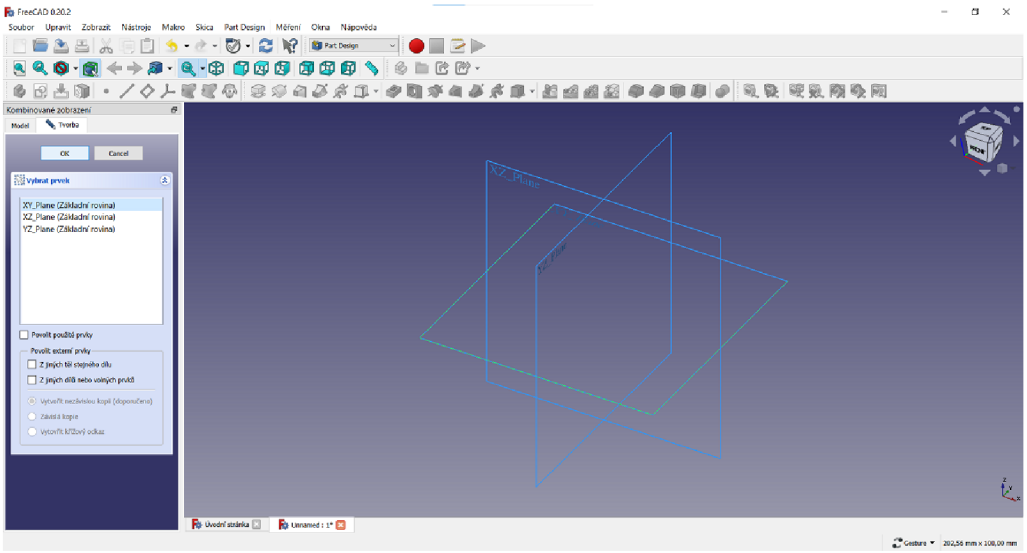
Obrázek 3.83: Nastavení softwaru

Pro začátečníky doporučujeme pracovní stůl *Part Desing*. Snadno se zde modeluje řada objektů (viz obrázek 3.83).



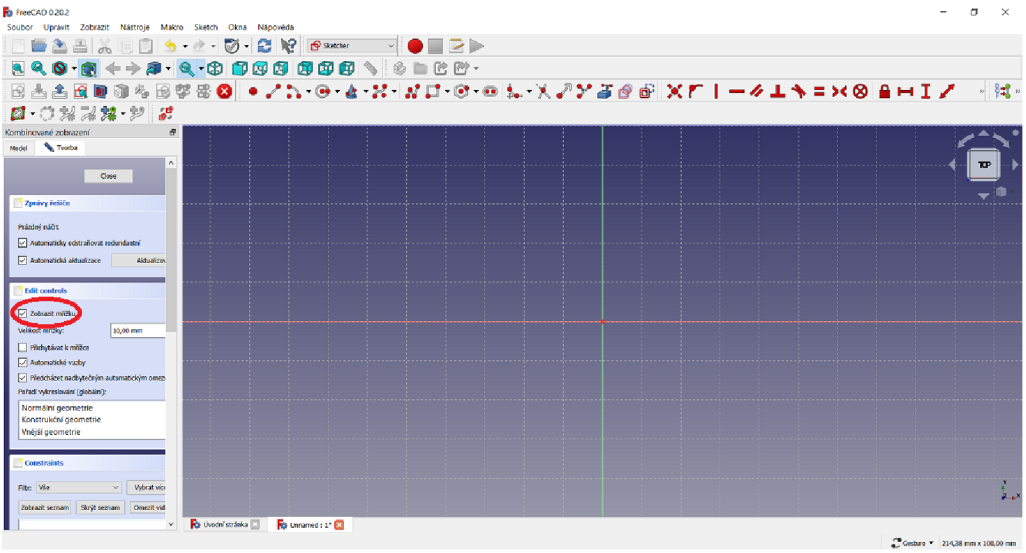
Obrázek 3.84: Styly navigace v FreeCAD

Nyní klikneme pravým tlačítkem myši do scény. Zobrazí se nám tabulka (viz obrázek 3.84), z níž vybereme *Styly navigace* a zvolíme *Gesture*. Toto nastavení nám umožní pouhým pohybem myši rotovat, přibližovat, oddalovat a posouvat po scéně objekty. Poté klikneme na ikonu *Vytvořit náčrt* (viz obrázek 3.84).



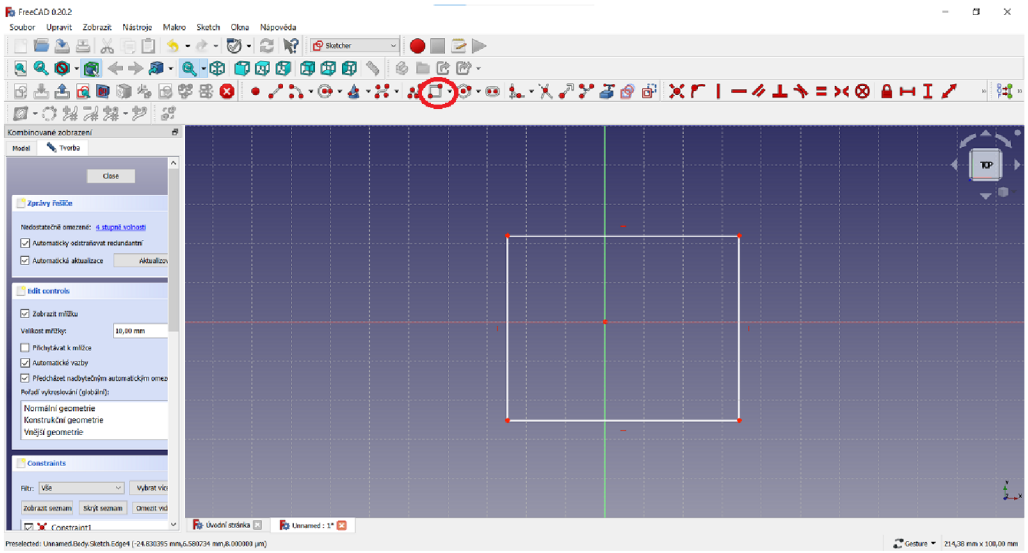
Obrázek 3.85: Výběr plochy pro modelování

Nyní vybereme plochu, na které budeme modelovat. V našem případě rovina x y ozn. *XY Plane (Základní rovina)*. Poté potvrdíme kliknutím na tlačítko *OK* (viz obrázek 3.85).



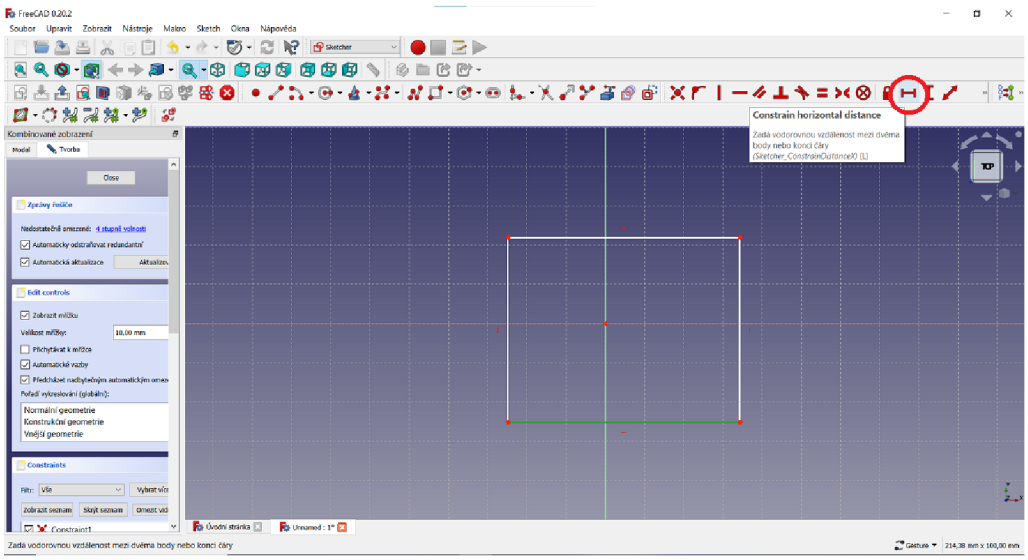
Obrázek 3.86: Nastavení zobrazení mřížky ve scéně

V levé části zaškrtneme *Zobrazit mřížku* pro snazší představu při modelování (viz obrázek 3.86).



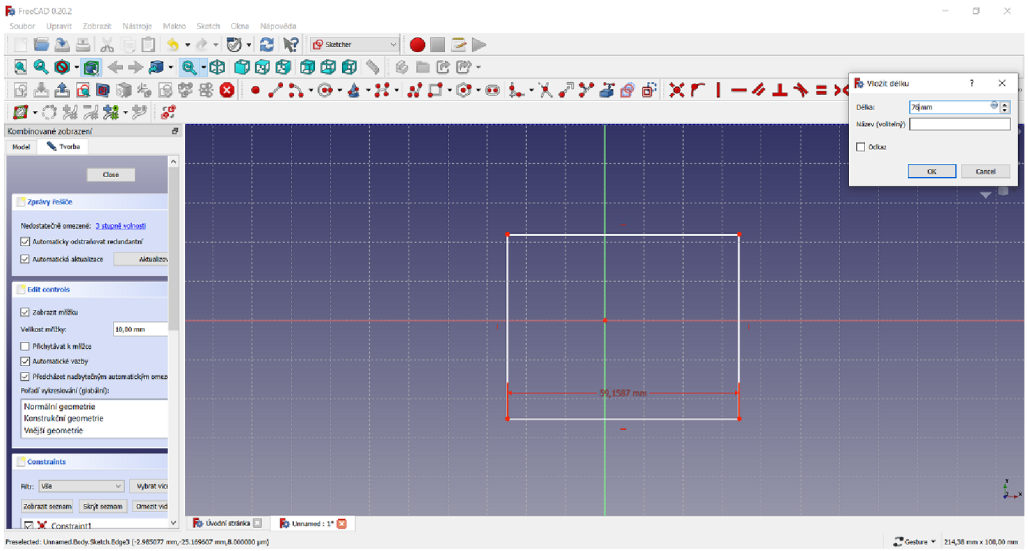
Obrázek 3.87: Vložení objektu

Nyní z nabídky v horním panelu vybereme *Vytvořit obdélníky* (viz obrázek 3.87). Pomocí myši kdekoliv na rovině x y umístíme obdélník (rozměry nastavíme později). Pro potvrzení obdélníku klikneme na levé tlačítko myši. Pro opuštění funkce *Vytvořit obdélníky* klikneme na pravé tlačítko myši.



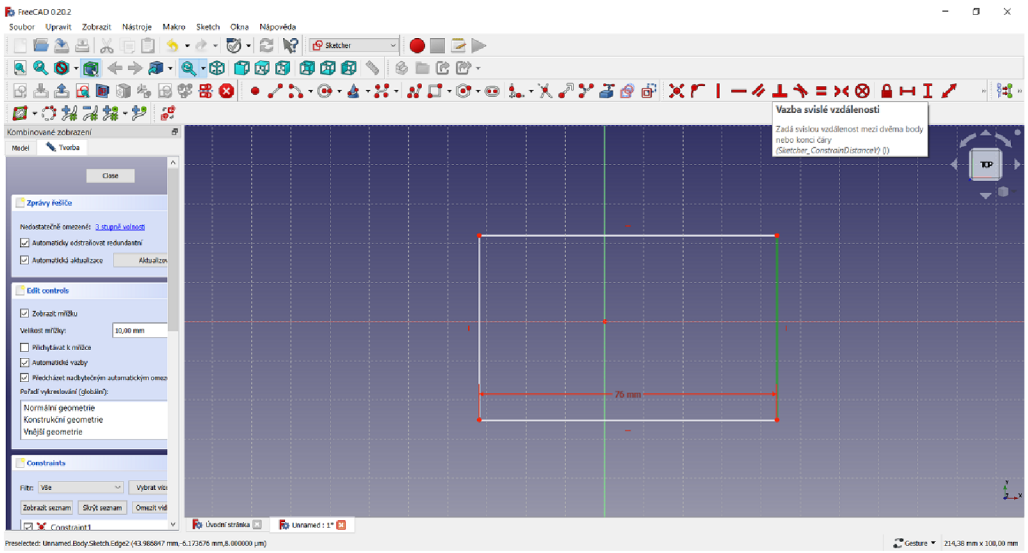
Obrázek 3.88: Nastavení délky objektu

Myší klikneme na hranu, chceme-li upravovat rozměry (hrana změní barvu na zelenou – viz obrázek 3.88). Z horní nabídky vybereme *Constrain horizontal distance*.



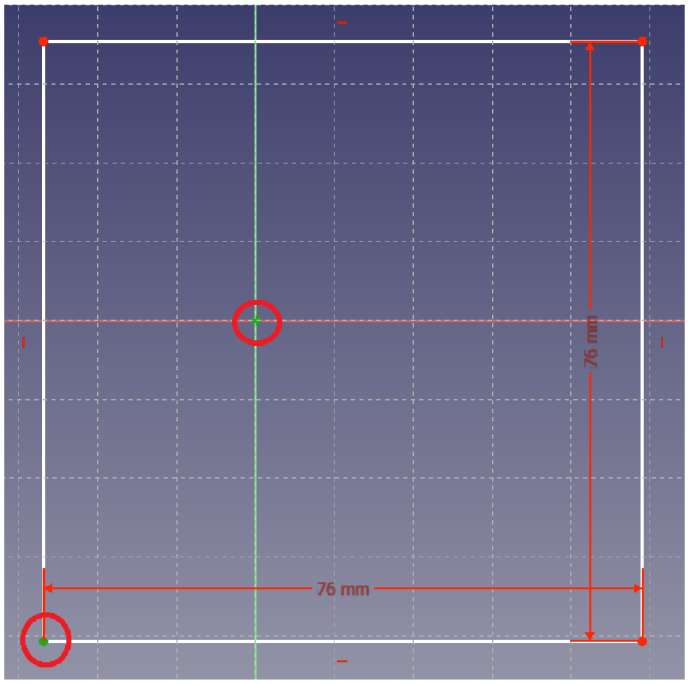
Obrázek 3.89: Nastavení šířky objektu

Délku nastavíme na 76 *mm* (viz obrázek 3.89) a potvrdíme tlačítkem *OK*.



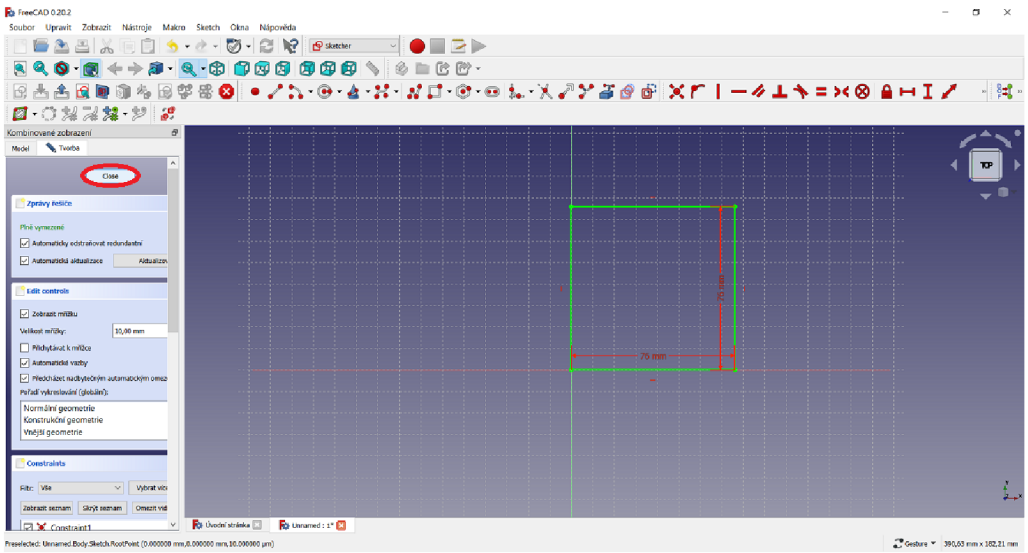
Obrázek 3.90: Nastavení rozměrů objektu

Šířku nastavíme na 76 *mm*. Klikneme na hranu, která změní barvu na zelenou, a vybereme funkci *Vazba svislé vzdálenosti* (viz obrázek 3.90) a rozměr přepíšeme. Potvrdíme tlačítkem *OK*.



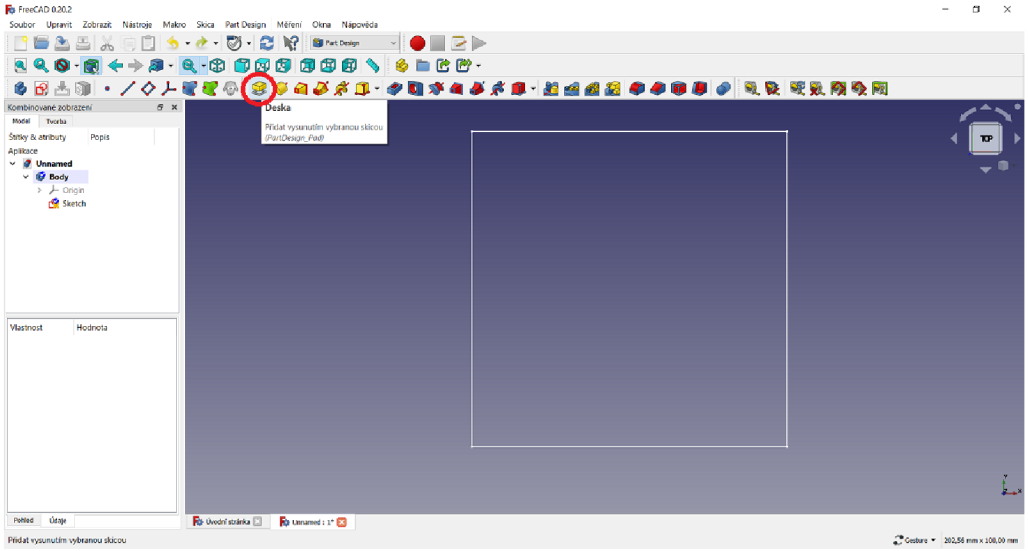
Obrázek 3.91: Sjednocení vrcholů

Nyní přichytíme čtverec do průsečíku os. Nejdříve označíme pomocí myši vrchol, který bude ležet v průsečíku os, a poté klikneme na průsečík os. Oba body změní barvu na zelenou (viz obrázek 3.91). Nyní stiskneme klávesu *C* (Center), čímž se příkaz provede.



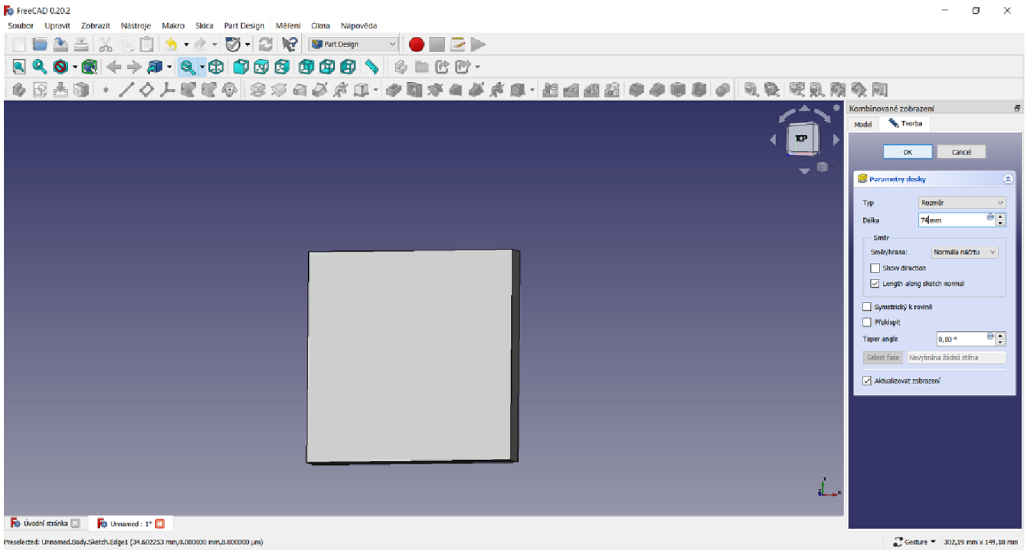
Obrázek 3.92: Sjednocení vrcholů – Detail

Následuje přichycení vrcholu čtverce do středu os. Poté klikneme v levé části na tlačítko *Close* (viz obrázek 3.92).



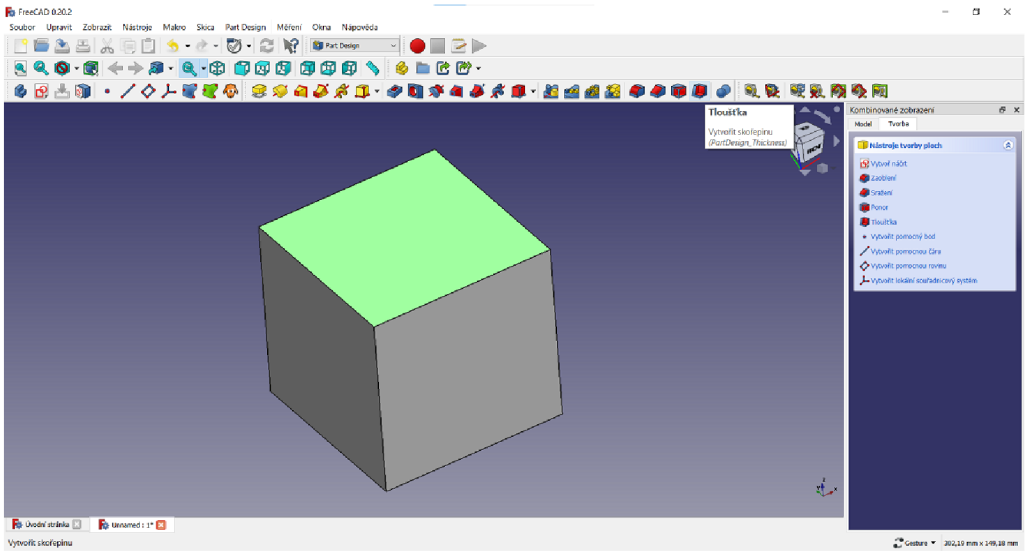
Obrázek 3.93: Podstava budoucí krychle

Vytvoření krychle provedeme tak, že z horní nabídky vybereme funkci *Deska*, pomocí níž přidáme čtverci objem.



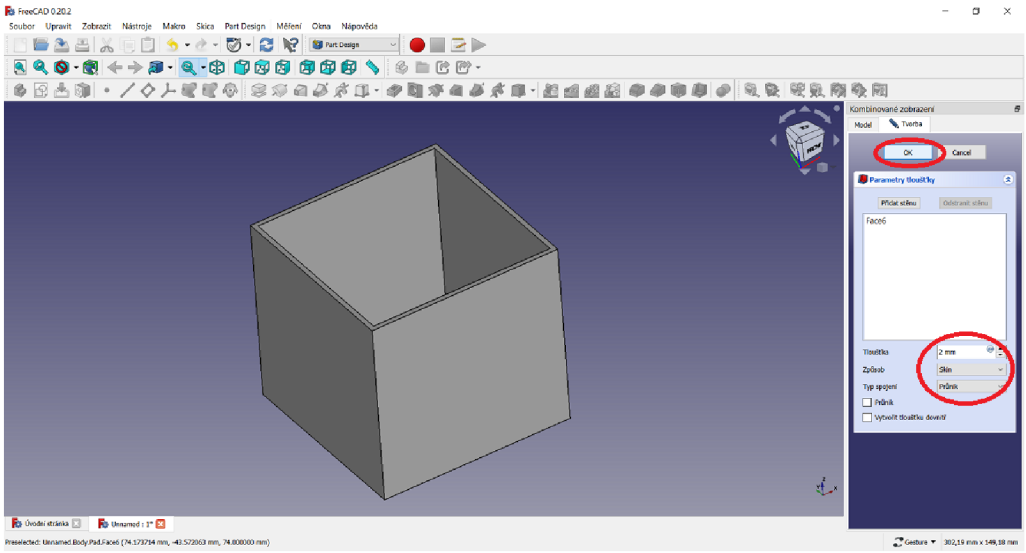
Obrázek 3.94: Vymodelování krychle

Výšku krychle nastavíme na 74 *mm* a potvrdíme tlačítkem *OK* (viz obrázek 3.94).



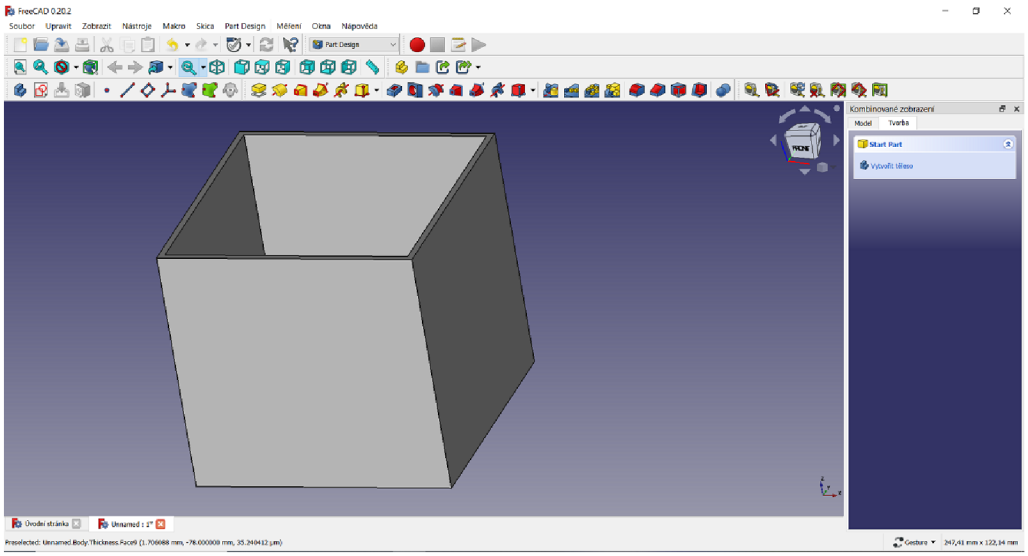
Obrázek 3.95: Modelování skořepiny krychle

Vymodelování díry krychle provedeme kliknutím myši na horní podstavu krychle a výběrem funkce *Tloušťka* (viz obrázek 3.95).



Obrázek 3.96: Modelování duté krychle

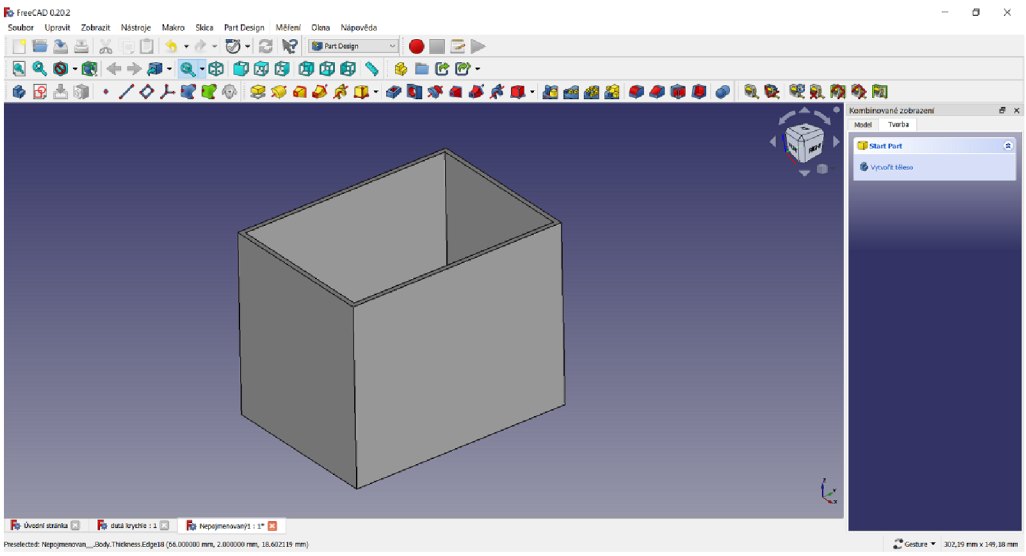
Tloušťku stěn nastavíme na 2 *mm*. Dále vybereme *Typ spojení* – *Průnik* a potvrdíme klávesou *OK*, čímž se díra vytvoří (viz obrázek 3.96).



Obrázek 3.97: 3D model duté krychle

Nyní model duté krychle exportujeme. Na horní liště vybereme *Soubor, Export...* a uložíme ve formátu *STL* (viz obrázek 3.97).

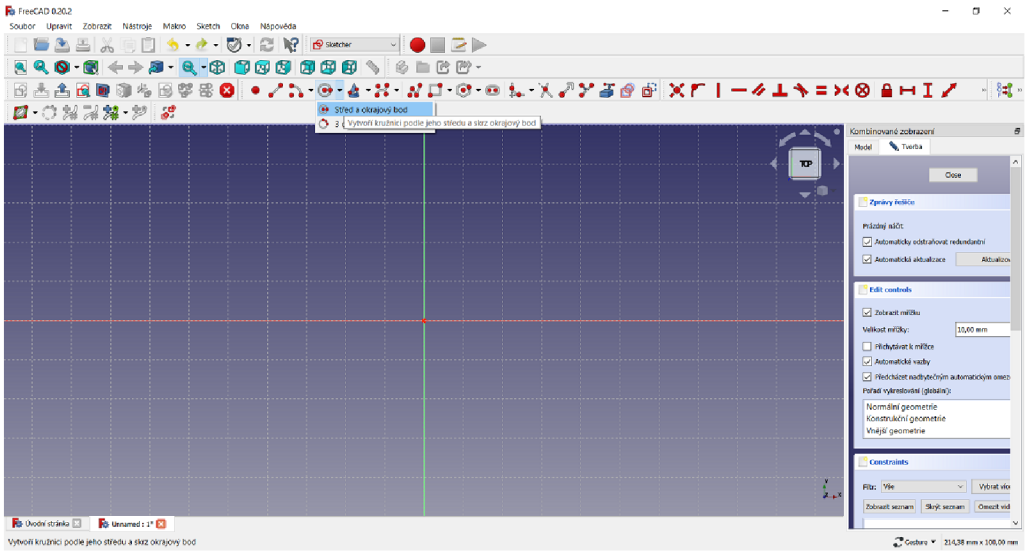
3.7.2 Modelování dutého kvádru



Obrázek 3.98: 3D model dutého kvádru

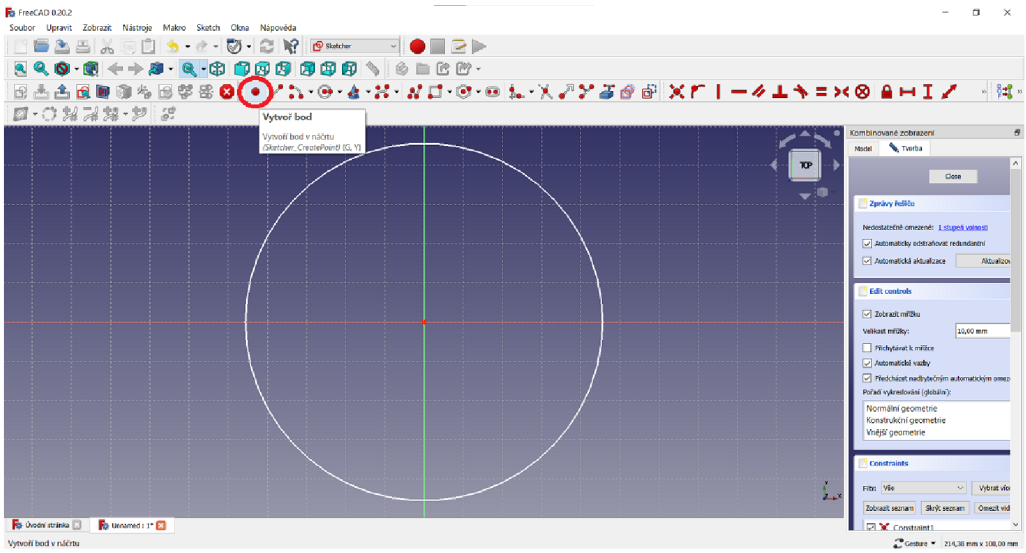
Postup při modelování 3D modelu dutého kvádru je totožný, pouze se liší rozměry. Kvádr má rozměry: délka $90,4\ mm$, šířka $64\ mm$, výška $74\ mm$ a tloušťka stěn měří $2\ mm$.

3.7.3 Modelování dutého válce



Obrázek 3.99: Vytvoření kružnice

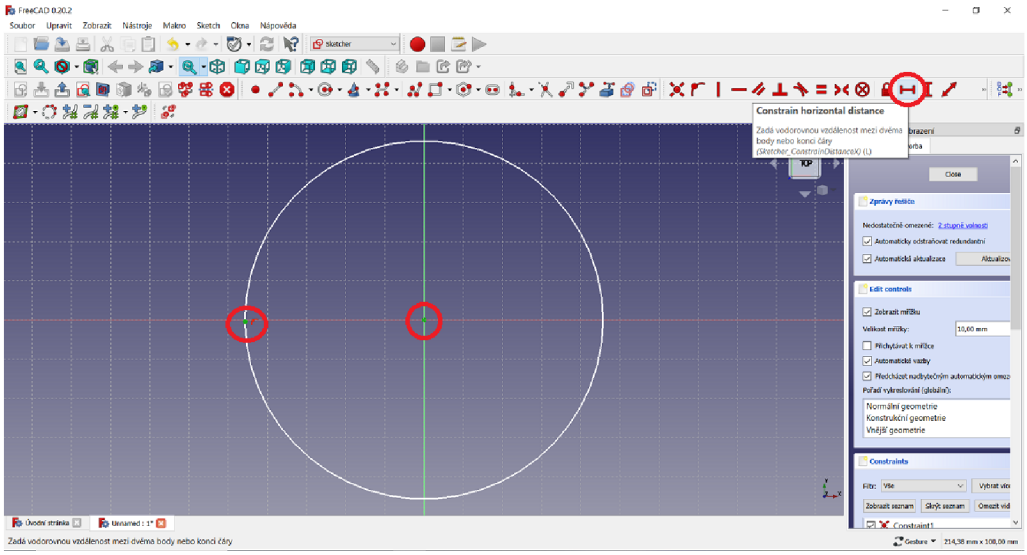
Při modelování dutého válce program nastavíme stejným způsobem jako u předchozího modelování duté krychle. V horní nabídce zvolíme *Part Desing* a poté vybereme *Vytvoř náčrt*. Vybereme rovinu x y ozn. *XY Plane (Základní rovina)*. Poté potvrdíme kliknutím na tlačítko *OK*. Z nabídky zaškrtneme *Zobrazit mřížku*. Z horní nabídky vybereme funkci *Vytvoř kružnici* a zvolíme *Střed a okrajový bod* (viz obrázek 3.99).



Obrázek 3.100: Umístění kružnice ve scéně

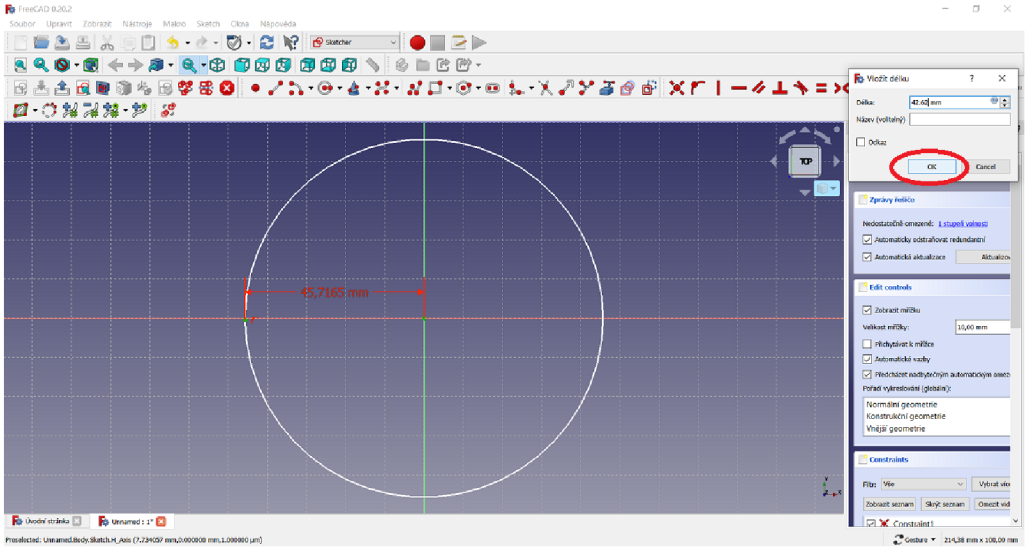
Kurzor myši umístíme do průsečíku os a kružnici vytáhneme do libovolného rozměru a kliknutím myši potvrdíme. Pravým tlačítkem opustíme funkci *Vytvoř*

kružnici. Z horní nabídky vybereme *Vytvoř bod* a tento bod umístíme na kružnici (viz obrázek 3.100).



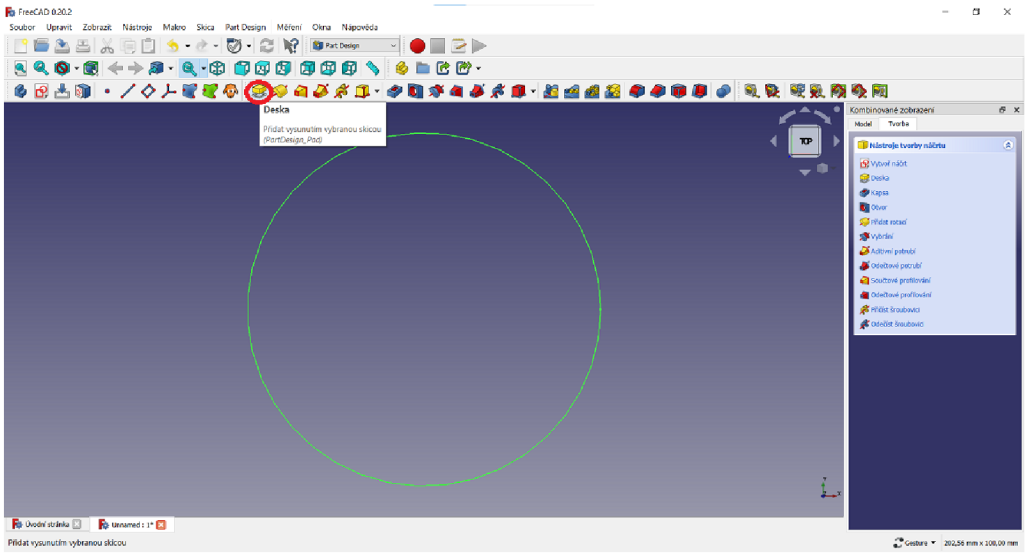
Obrázek 3.101: Poloměr kružnice

Pro změnu poloměru označíme bod na kružnici a její střed (body změní barvu na zelenou), nyní vybereme funkci *Constrain horizontal distance* (viz obrázek 3.101).



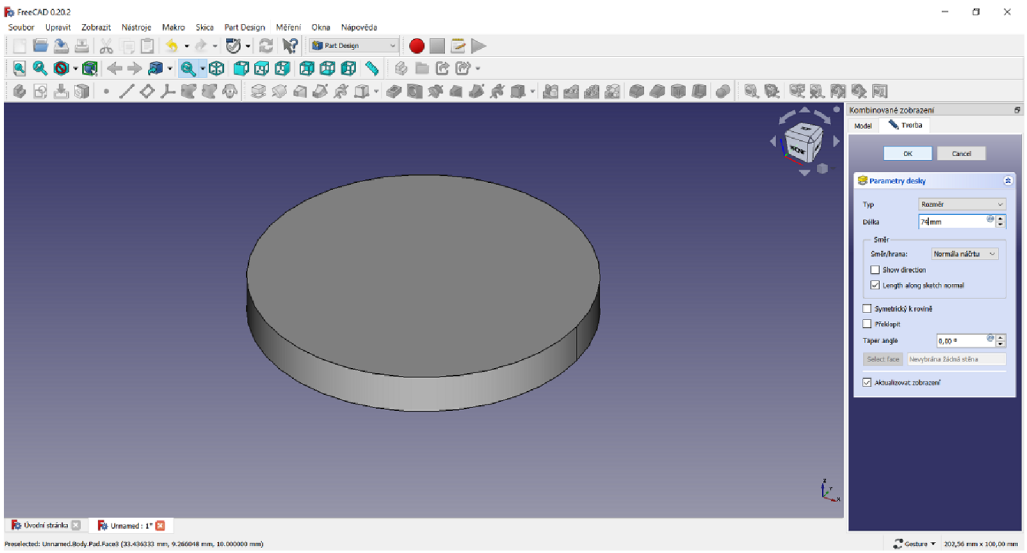
Obrázek 3.102: Potvrzení kružnice ve scéně

Po zvolení funkce *Constrain horizontal distance* nastavíme v okně poloměr na $42,62$ *mm* a potvrdíme tlačítkem *OK*. Okno zavřeme kliknutím na tlačítko *Close* (viz obrázek 3.102).

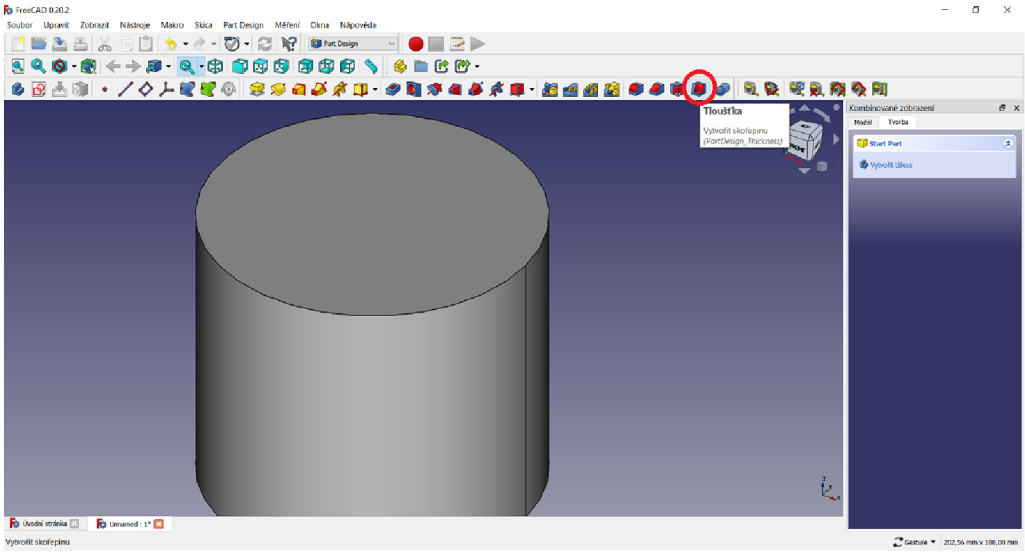


Obrázek 3.103: Vytvoření válce

K vytvoření válce s kruhovou podstavou z nabídky vybereme *Deska* a nastavíme výšku válce na 74 *mm* a potvrdíme kliknutím na tlačítko *OK* (viz obrázek 3.103).

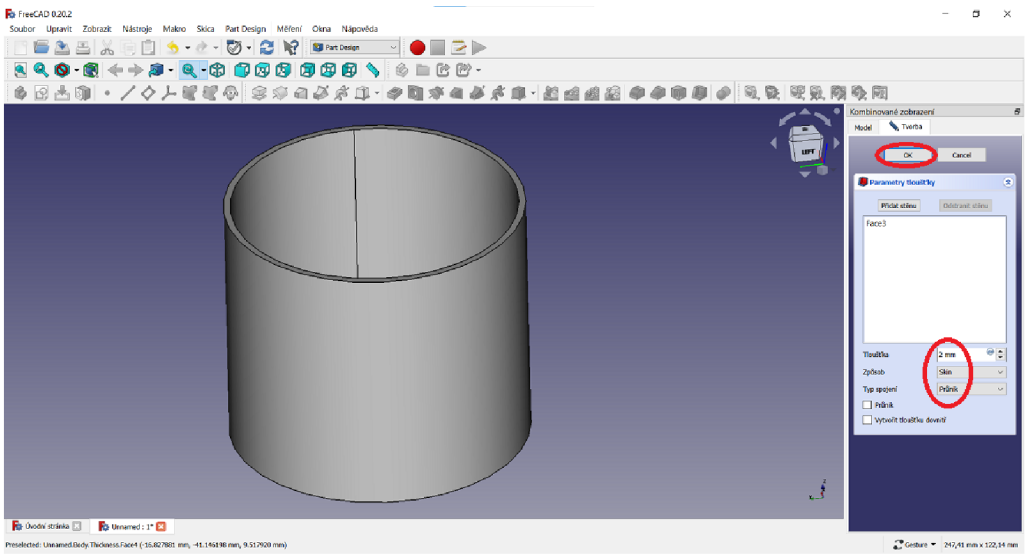


Obrázek 3.104: Nastavení výšky válce – Detail



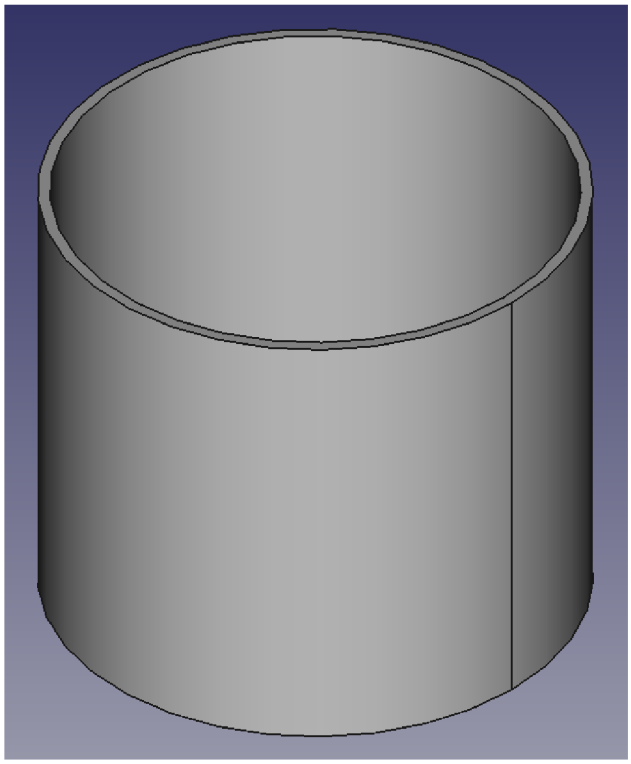
Obrázek 3.105: Vytvoření skořepiny

Abychom vytvořili díru ve válci, vybereme kliknutím myši horní podstavu válce a z nabídky vybereme funkci *Tloušťka* (viz obrázek 3.105).

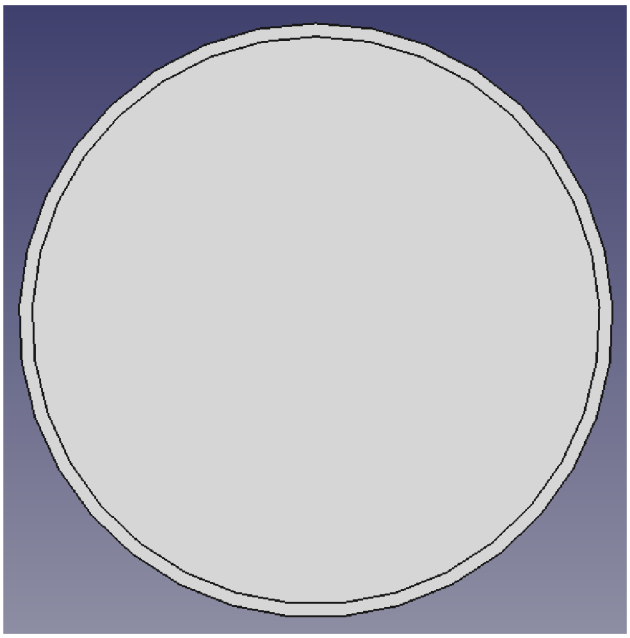


Obrázek 3.106: Vytvoření dutého válce

Tloušťku stěn nastavíme na 2 *mm*, dále vybereme *Typ spojení* – *Průnik* a potvrdíme klávesou *OK* (viz obrázek 3.106).



Obrázek 3.107: 3D model dutého válce



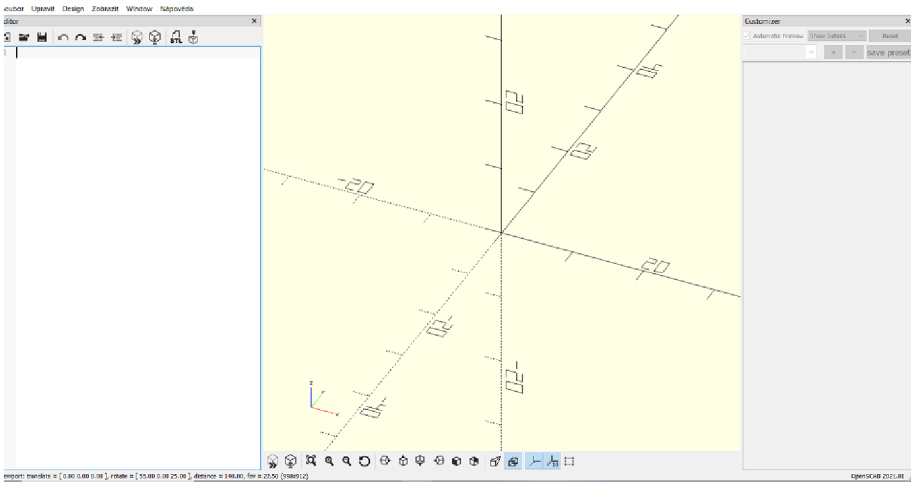
Obrázek 3.108: Pohled shora na 3D model dutého válce

Přestože je válec tvořen pomocí kružnice, plášť válce je složen z mnoha pravidelných obdélníku (viz obrázek 3.107 a 3.7.3) a není tudiž hladký.

3.8 Modelování v OpenSCAD

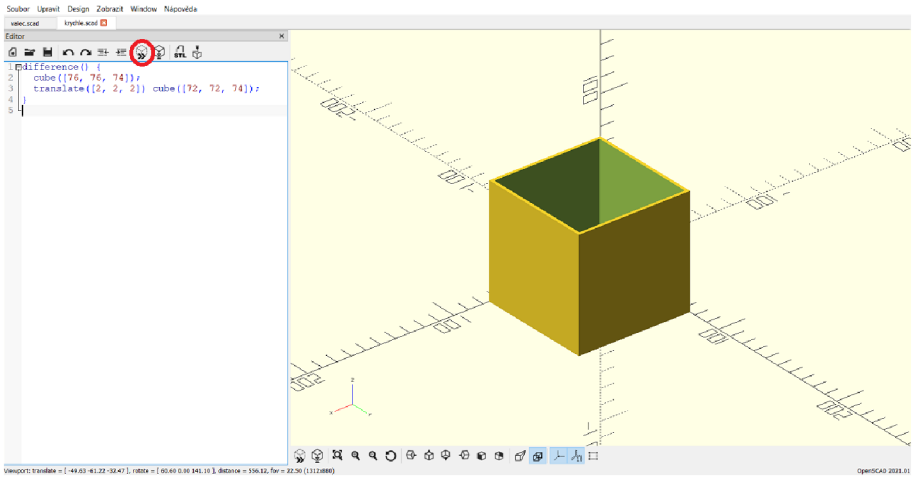
OpenSCAD je softwarový nástroj pro modelování 3D objektů pomocí programování. Uživatelé mohou psát kód v jazyce podobném jazyku C a OpenSCAD poté interpretuje tento kód a vytváří 3D model na základě instrukcí, které jsou v kódu obsaženy. Kód v softwaru OpenSCAD píšeme do levé části okna. Program je nastavený v mm. Jednotlivé kroky jsou vysvětleny v kódu.

3.8.1 Modelování duté krychle



Obrázek 3.109: Prostředí OpenSCAD

Na obrázku 3.109 je ukázáno prostředí programu OpenSCAD. Dutou krychli vymodelujeme pomocí zapsání kódu do levé části (viz obrázek 3.110). Kód je také uveden na obrázku 3.111.



Obrázek 3.110: Kód pro vymodelování duté krychle

Po napsání kódu klikneme v horní části okna na ikonu *Zobrazit* nebo stiskneme klávesu *F5*. V záložce *Soubor* vybereme *Exportovat* a zvolíme *Exportovat jako STL*.

```
difference() {
  cube([76, 76, 74]);
  translate([2, 2, 2]) cube([72, 72, 74]);
}
```

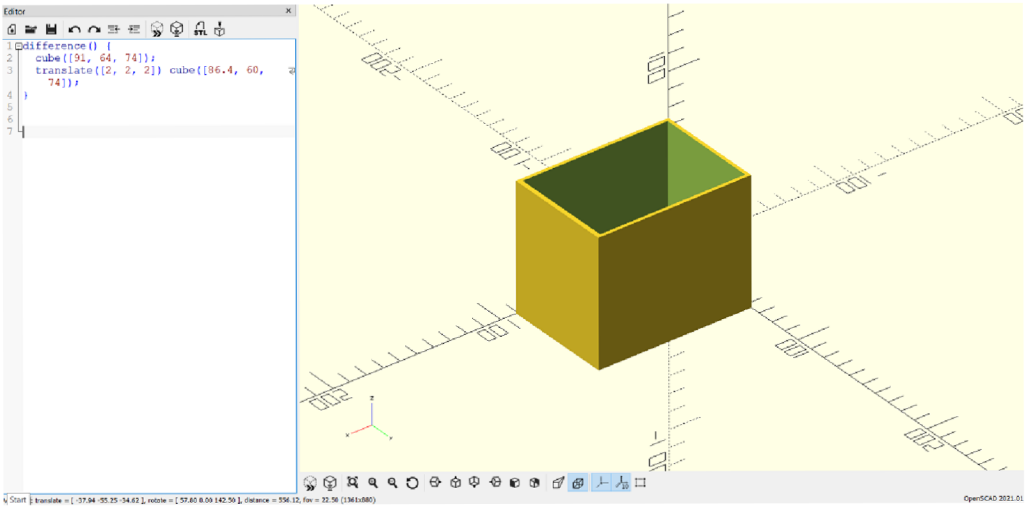
Obrázek 3.111: Kód pro vymodelování duté krychle — Detail

```
difference() {
  cube([76, 76, 74]);
    // Vytvoří vnější krychli s délkou a šířkou 76 mm a výškou 74 mm.
  translate([2, 2, 2]) cube([72, 72, 74]);
    // Vytvoří vnitřní krychli s délkou a šířkou 72 mm a výškou 74 mm. Toto krychli
    posune ve směru osy x, y, z o 2 mm.
}

// Funkce difference() odečte vnitřní krychli od větší krychle a vytvoří dutou krychli.
```

Obrázek 3.112: Kód pro vymodelování duté krychle — Vysvětlivky

3.8.2 Modelování dutého kvádru

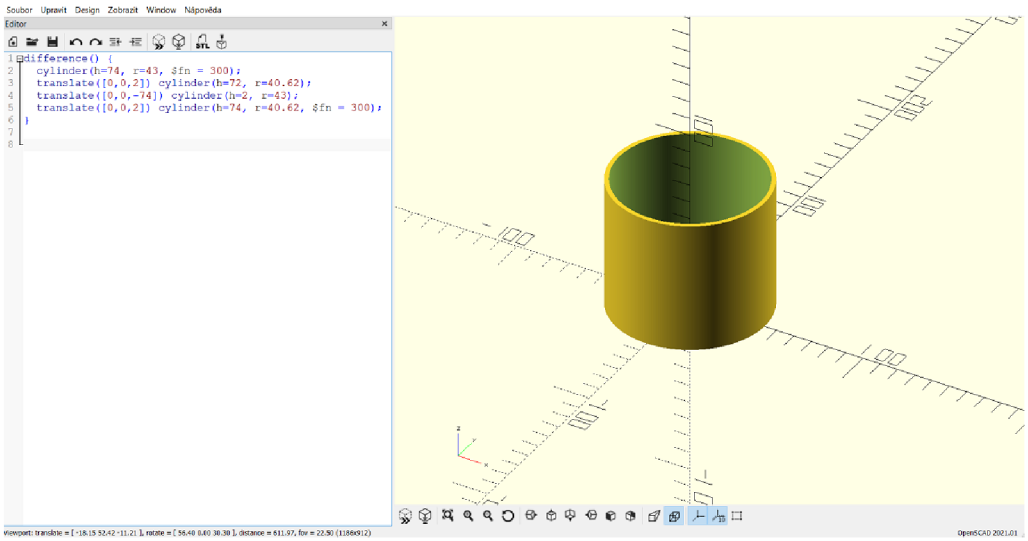


Obrázek 3.113: Kód pro vymodelování dutého kvádru

Kód dutého kvádru je téměř stejný jako kód duté krychle, liší se pouze jeho rozměry (viz obrázek 3.113).

3.8.3 Modelování dutého válce

Kruhová podstava válce v OpenSCAD je nahrazena pravidelnými mnohoúhelníky, u kterého volíme počet stran. My jsme zvolili parametr fn = 300. Tato hodnota právě určuje počet površek použitých při aproximaci válcovité plochy, což určuje jeho přesnost. Tato hodnota fn = 300 je pro nás dostačující.



Obrázek 3.114: Kód pro vymodelování dutého válce

Na obrázku 3.115 a 3.116 je opět uveden kód pro vytvoření dutého válce i s vysvětlivkami.

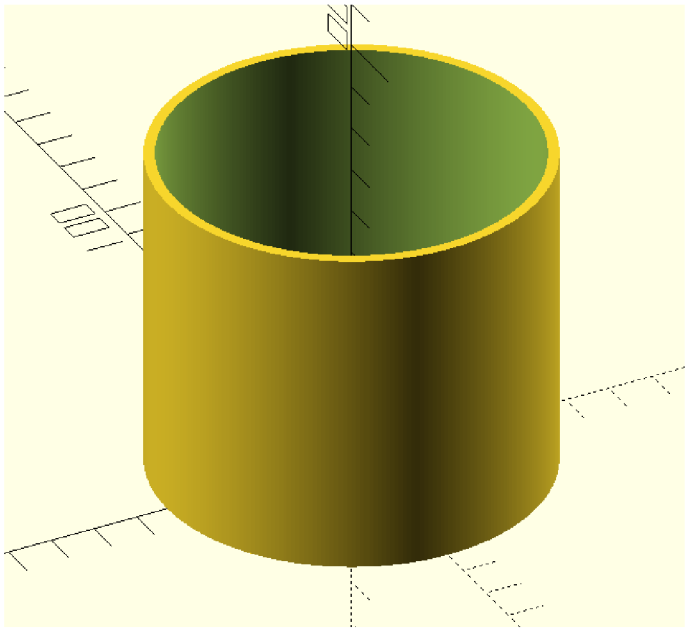
```
difference() {
  cylinder(h=74, r=43, $fn = 300);
  translate([0,0,2]) cylinder(h=72, r=40.62);
  translate([0,0,-74]) cylinder(h=2, r=43);
  translate([0,0,2]) cylinder(h=74, r=40.62, $fn = 300);
}
```

Obrázek 3.115: Kód pro vymodelování dutého válce — Detail

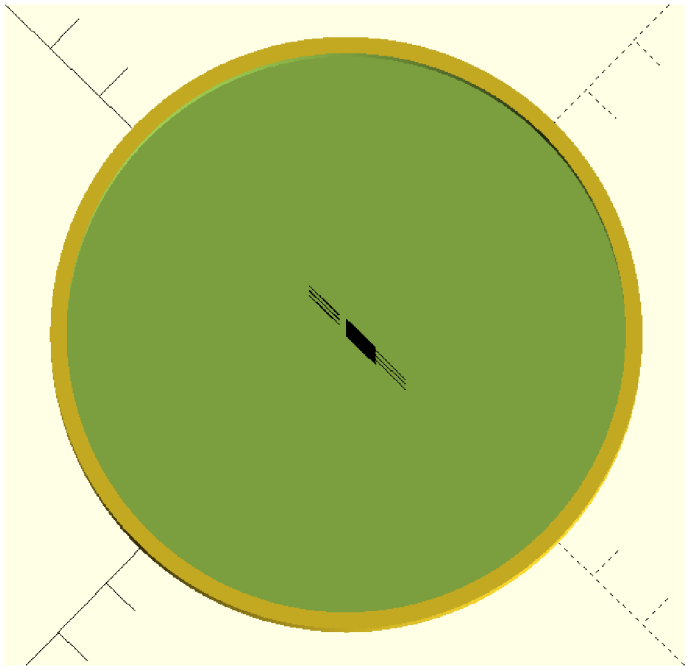
```
difference() {
  cylinder(h=74, r=43, $fn = 300);
    // Vytvoří vnější válec s výškou 74 mm, poloměrem 43 mm. Parametr $fn = 300 určuje počet rovnoběžek
    použitých při aproximaci válcovitého tvaru, což zvyšuje jeho přesnost.
  translate([0,0,2]) cylinder(h=72, r=40.62);
    // Vytvoří dutý válec s výškou 72 mm, poloměrem 40.62 mm. Tento válec je posunutý ve směru osy Z o 2 mm
    nahoru vzhledem k prvnímu válci.
  translate([0,0,-74]) cylinder(h=2, r=43);
    // Vytvoří spodní podstavu válce s výškou 2 mm, poloměrem 43 mm.
  translate([0,0,2]) cylinder(h=74, r=40.62, $fn = 300);
    // Vytvoří válec s výškou 74 mm, poloměrem 40.62 mm. Tento válec slouží jako vnitřní stěna díry v prvním
    válci a je posunut o 2 mm nahoru ve směru osy Z. Parametr $fn = 300 určuje počet rovnoběžek použitých při
    aproximaci válcovitého tvaru, což zvyšuje jeho přesnost.
}

// Nakonec je celý vnitřní válec s dírou odečten od vnějšího válce pomocí funkce difference(), což vytváří
    objekt se dvěma válci a dírou mezi nimi.
```

Obrázek 3.116: Kód pro vymodelování dutého válce — Vysvětlivky



Obrázek 3.117: 3D model dutého válce



Obrázek 3.118: Pohled shora na 3D model dutého válce

Na obrázcích 3.117 a 3.118 je vidět hladký povrch válce, i když je plášť vytvořený pomocí mnohoúhelníků. Což je dáno vysokým číslem parametru fn.

Hodnocení 3D softwarů

	3D model krychle	*3D model kvádru*	*3D model válce*	*Složitost*
Tinkercad	✔	✔	✗	1
SketchUp	✔	✔	✗	2
Blender	✔	✔	✗	3
Onshape	✔	✔	✔	3
Meshmixer	✗	✗	✗	3
Fusion 360	✔	✔	✔	3
FreeCAD	✔	✔	✗	3
OpenSCAD	✔	✔	✔	4

Tabulka 3.1: Přehled přesností 3D softwarů

.

V každém softwaru jsme vymodelovali 3D model duté krychle, 3D model dutého kvádru a 3D model dutého válce. Přitom srovnáváme přesnost a složitost softwaru.

Při modelování objektů krychlí a kvádrů jsou výsledné modely zcela totožné. U 3D modelů válce jsou rozdíly patrné. V softwaru Tinkercad, SketchUp a Blender se podstava válce skládá z pravidelného mnohoúhelníku a plášť válce se skládá z mnoho obdélníků. V softwarech Onshape, Fusion 360 a OpensCAD se nám podařilo vymodelovat přesný 3D model s podstavou kruhu. V programu Meshmixer se nám nepodařilo vymodelovat žádný z výše uvedených 3D objektů.

Složitost softwaru jsme porovnávali na škále od 1 do 4, kde

1. znamená nejjednodušší, intuitivní, lehko orientující se, program pro začátečníky dostupný v českém jazyce,
2. znamená jednoduchý, intuitivní program pro začátečníky dostupný v českém jazyce,
3. znamená složitější rozhraní programu, který není na první pohled intuitivní, je třeba předchozích zkušeností s modelováním,
4. znamená rozhraní programu, které vyžaduje předchozích zkušeností s modelováním a programováním, neboť v tomto softwaru se modelují 3D objekty pomocí programování.

Přestože některé softwary nejsou na první pohled intuitivní, doporučujeme se s nimi postupně seznámit. Čím déle modelujeme, tím více rostou nároky na složitost modelů a je třeba volit programy, které na první pohled mohou vypadat složitě, ale skrývají v sobě mnoho užitečných funkcí, díky nimž dokážeme proměnit svůj „návrh na papíru“ ve skutečný 3D model.

Vynikajícími parametrickými programy jsou například Onshape, Fusion 360 a FreeCAD a stojí za to se s nimi seznámit. Stejně tak své koulo skrývají tzv. sochařské programy jako Blender a Meshmixer.

Všechny tyto programy hojně využívají i profesionální 3D modeláři.

4 Prakticko-výzkumná část

V prakticko-výzkumné části je uveden výzkum a jeho výsledky, který byl prováděn pomocí dotazníku pro učitele. Zaměřili jsme se hlavně na to, zda školy, potažmo učitelé žáky s touto technologií neseznamují, a jaké jsou pro to jejich nejčastější důvody. Dále nás zajímalo, zda žáky seznamují s technologií 3D tisku na 1. nebo 2. stupni, v jakých softwarech pracují, zda je 3D tisk vyučován jako předmět samotný, nebo součástí jiného předmětu.

Také jsme se zeptali, pokud základní školy neseznamují žáky s technologií 3D tisku, co je nejčastějším důvodem. Dále, co by pedagogům usnadnilo práci při seznamování žáků s touto technologií.

4.1 Příprava výzkumu

Výzkum jsme připravili formou dotazníkového šetření, kde jsme se soustředili na pedagogy základních škol, kteří se věnují technologii 3D tisku.

Některé otázky v dotazníku jsou otevřené, u vybraných otázek lze volit více odpovědí a na některé otázky nemusí pedagogové odpovídat. Dotazník byl rozeslán ředitelům základních škol po celé České republice.

4.2 Výzkumné předpoklady

Před samotným rozesláním dotazníkového šetření jsme si stanovili předpoklady, co chceme zjistit, k čemu směřujeme a čeho chceme docílit.

Předpoklad 1. *Pedagogové nejčastěji seznamují žáky s technologií 3D tisku na 2. stupni prostřednictvím softwaru Tinkercad, protože je pro začátečníky nejvhodnější a je zcela zdarma.*

Výzkumné metody

Dotazník pro učitele základních škol.

Zdůvodnění

V předešlé části této diplomové práce jsme zkoumali software Tinkercad a vyhodnotili jsme ho jako uživatelsky přívětivý nástroj pro 3D navrhnování a modelování. Program se snadno ovládá, je intuitivní, dobře dostupný a k dispozici zdarma. Domníváme se, že právě v tomto programu se rychle naučí pracovat i nezkušení pedagogové.

Předpoklad 2. *Domníváme se, že školy nejčastěji volí ve výuce programy, které mají jistá omezení, ale jsou k dispozici zcela zdarma.*

Výzkumné metody

Dotazník pro učitele základních škol.

Zdůvodnění

Placený 3D software obvykle nabízí širší řadu funkcí a nástrojů než bezplatné verze. Například pokročilé možnosti modelování, animace, renderování, simulaci a další aspekty. Zahrnují profesionální podporu vývojářského týmu. To znamená, že pokud uživatel narazí na problém nebo potřebuje poradit, může se obrátit na technickou podporu, která pomůže vyřešit dotazy a problémy.

3D tisk vyžaduje nákup 3D tiskárny a materiálů pro tisk. Tyto náklady mohou být pro školy finančně náročné, a proto předpokládáme, že školy nemají finanční prostředky pro uhrazení placené verze softwaru, přestože tyto placené verze nabízí svým uživatelům mnohem více funkcí.

Předpoklad 3. *Myslíme si, že 3D tisk lze zařadit do nejrůznějších oblastí technické výchovy a nejen výchovy. Při práci s technologií 3D tisku naplňujeme mnoho klíčových kompetencí RVP ZV.*

Výzkumné metody

Dotazník pro učitele základních škol.

Zdůvodnění

Technologie 3D tisku má návaznost na RVP ZV. Při práci s technologií 3D tisku naplňujeme některé klíčové kompetence RVP ZV. Například Kompetence k řešení problémů, Kompetence komunikativní, sociální a personální, Kompetence občanské, Kompetence k učení. Vzhledem k širokému využití technologie 3D tisku se domníváme, že se OBJevují na základní škole v nejrůznějších předmětech.

Předpoklad 4. *Ve školách je nyní nedostatek pedagogických pracovníků, kteří by technologii 3D tisku představovali žákům.*

Výzkumné metody

Dotazník pro učitele základních škol.

Zdůvodnění

Zaměříme-li se na učitele ICT předmětů, víme, že jich je dlouhodobě nedostatek. Proto na některých školách vyučují ICT předměty pedagogové, kteří mají vzdělání jiného směru, a může být pro pedagogy složitější seznamovat se s novými technologiemi. Vyučování technologie 3D tisku vyžaduje, aby učitelé měli dostatečné znalosti a dovednosti v oblasti 3D modelování a používání tiskáren.

Předpoklad 5. *Projeví-li pedagog zájem o studium technologie 3D tisku, je pro něj složité nalést všechny potřebné informace na jednom místě, které je třeba nastudovat, než s technologií 3D tisku žáky blíže seznámí.*

Výzkumné metody

Dotazník pro učitele základních škol.

Zdůvodnění

Vycházíme-li z našich zkušeností, stále na trhu chybí ucelená literatura nebo webová stránka, která by plně představila teorii 3D tisku, porovnala nejrůznější softwary, které jsou k dispozici zdarma, ve kterých lze modelovat včetně podrobného seznámení a postupu v těchto jednotlivých programech, aby nejen učitelům na základních školách, ale i samoukům, usnadnila práci s prvnotním seznámením s technologií 3D tisku.

4.3 Dotazník pro učitele základních škol

Dotazník byl odeslán ředitelům základních škol v elektronické podobě přes Formulář Google z důvodu jednoduššího sbírání dat a z obdržení co nejvíce odpovědí v časovém období od února do března roku 2023.

Celkem je dotazník složen z 16 otázek, které podávají informace o zkušenostech pedagogů s technologií 3D tisku na základních školách (viz obrázek 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

Dotazník obsahuje tři základní formy otázek. Uzavřená forma znamená, že se vybírá jedna možná odpověď. Otevřená forma otázek funguje na opačném principu, a to na takovém, že osoba, která dotazník vyplňuje, předem nemá předvolené odpovědi a na otázku odpovídá písemně. Poslední formou otázek je polouzavřená, která je podobná uzavřené formě, ale je zde více možností na odpověď. Otázky označené hvězdičkou jsou povinné.

Technologie 3D tisku na základní škole

Tento dotazník slouží ke zjišťování informací, jak základní školy využívají technologii 3D tisku ve výuce a je součástí mé diplomové práce. Dotazník je anonymní. V případě jakéhokoliv dotazu mě kontaktujte: katerina.cihackova@tul.cz
Děkuji za váš čas.

1. Seznamujete žáky s technologií 3D tisku: *

Zde je možné vybrat více odpovědí.

- [ ] Ve výuce.
- [ ] Na kroužku.
- [ ] Projektové dny.
- [ ] Neseznamuji.
- [ ] Jiná...

2. Pokud žáky neseznamujete s technologií 3D tisku, uveďte důvod.

- ( ) Nedostatek finančních prostředků pro pořízení tiskárny, filamentů atd.
- ( ) Nemáme pedagoga, který by žáky s technologií 3D tisku seznámil.
- ( ) Chybí srozumitelný přehled softwarů a návodů modelování krok po kroku, který by pedagogům usnadnil...
- ( ) Jiná...

3. S technologií 3D tisku seznamujete žáky na:

- ( ) 1. stupni.
- ( ) 2. stupni.
- ( ) 1. a 2. stupni.

Obrázek 4.1: Dotazník pro učitele základních škol – první část

4. Je technologie 3D tisku u vás součástí nějakého předmětu, nebo je vyučována jako samostatný předmět?

- ◯ Součástí předmětu.
- ◯ Samostatný předmět.
- ◯ Samostatný předmět i součástí předmětu jiného.
- ◯ Není součástí žádného předmětu.

5. Doplnění předchozí odpovědi: Uveďte název předmětu, v jehož rámci technologii 3D tisku vyučujete.

Text stručné odpovědi

6. Při výuce technologie 3D tisku využíváte bezplatný nebo placený software?

- ◯ Bezplatný software.
- ◯ Placený software.

7. V jakých softwarech učíte žáky na 1. stupni nejčastěji modelovat?

Zde je možné vybrat více odpovědí.

- ☐ Neseznamujeme žáky na 1. stupni s technologií 3D tisku.
- ☐ Tinkercad.
- ☐ SketchUp.
- ☐ Blender.
- ☐ Onshape.
- ☐ Meshmixer.
- ☐ Fusion 360.
- ☐ FreeCAD.
- ☐ OpenSCAD.
- ☐ Jiná...

Obrázek 4.2: Dotazník pro učitele základních škol – druhá část

8. V jakých softwarech učíte žáky na 2. stupni nejčastěji modelovat?

Zde je možné vybrat více odpovědí.

- [ ] Neseznamujeme žáky na 2. stupni s technologií 3D tisku.
- [ ] Tinkercad.
- [ ] SketchUp.
- [ ] Blender.
- [ ] Onshape.
- [ ] Meshmixer.
- [ ] Fusion 360.
- [ ] FreeCAD.
- [ ] OpenSCAD.
- [ ] Jiná...

9. Co nejčastěji tisknete:

Zde je možné vybrat více odpovědí.

- [ ] Modely, které poté slouží ve výuce.
- [ ] Modely pro zábavu.
- [ ] Modely stažené z internetu.
- [ ] Upomínkové předměty.
- [ ] Nové součástky ke stavebnicím, které máte ve škole k dispozici.
- [ ] Jiná...

10. Tisknete si modely do výuky? Pokud ano, do jakého předmětu nejčastěji a uveďte co.

Text dlouhé odpovědi

11. Kdo nejčastěji navrhuje, co budete tisknout?

- ( ) Žák.
- ( ) Učitel.
- ( ) Nápady pro tisk přichází z obou stran (žák, učitel).

Obrázek 4.3: Dotazník pro učitele základních škol – třetí část

12. Kolik tiskáren máte ve škole k dispozici?

- ○ Jednu.
- ○ Dvě.
- ○ Tři.
- ○ Více než tři.
- ○ Nemáme tiskárnu.

13. Jak často 3D tiskárnu používáte?

- ○ Několikrát týdne.
- ○ Několikrát měsíčně.
- ○ Několikrát ročně.
- ○ Netiskneme na tiskárně.

14. Myslíte si, že je správné seznamovat žáky s technologií 3D tisku již na základní škole?

- ○ Ano.
- ○ Ne.
- ○ Nevím.

15. Jak se seznamujete s novinkami v oblasti technologie 3D tisku u nás i ve světě?

Zde je možné vybrat více odpovědí. Do odpovědi jiné můžete doplnit i konkrétní zdroje.

- ☐ Sleduji webové stránky, které tyto novinky přinášejí.
- ☐ Sleduji skupinu nebo skupiny na sociálních sítích, kde tyto novinky vycházejí.
- ☐ Nesleduji nové trendy v oblasti technologie 3D tisku.
- ☐ Jiná...

16. Uvítali byste např. webovou stránku, kde budou na jednom místě vysvětleny základní pojmy týkající se technologie 3D tisku, základní popis a orientace ve 3D softwarech včetně návodů krok po kroku, které vám nebo žákům pomohou snadněji se seznámit ve výuce v konkrétních programech?

V případě, že odpovíte na otázku NE, uveďte do odpovědi JINÁ... důvod.

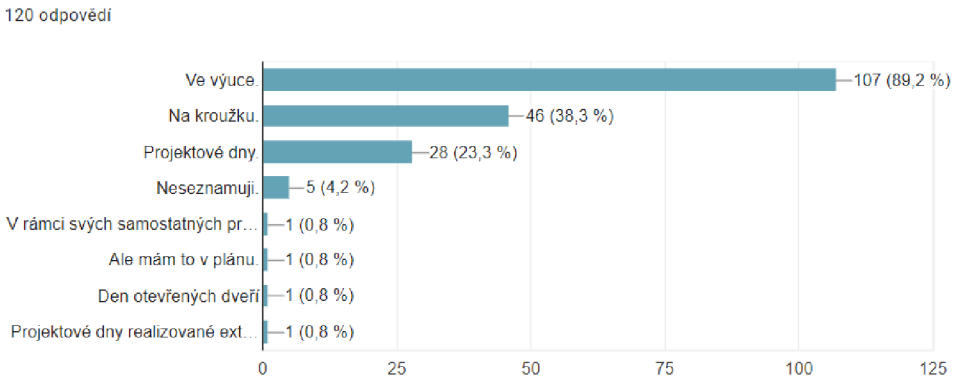
- ☐ Ano.
- ☐ Ne.
- ☐ Jiná...

Obrázek 4.4: Dotazník pro učitele základních škol – čtvrtá část

4.4 Vyhodnocení dotazníku

V této kapitole níže jsou uvedeny jednotlivé grafy, které vygeneroval Formulář Google na základě odpovědí a slovní vyhodnocení odpovědí na jednotlivé otázky. Číselné údaje u grafů jsou vyjádřeny procentuálně, z důvodu přehlednosti bylo použito zaokrouhlení na jedno desetinné místo. Přitom vyhodnocujeme provedený výzkum, kde ověřujeme předem stanovené výzkumné předpoklady. Dotazník celkem vyplnilo 120 pedagogů základních škol.

Otázka 1. *Seznamujete žáky s technologií 3D tisku...*

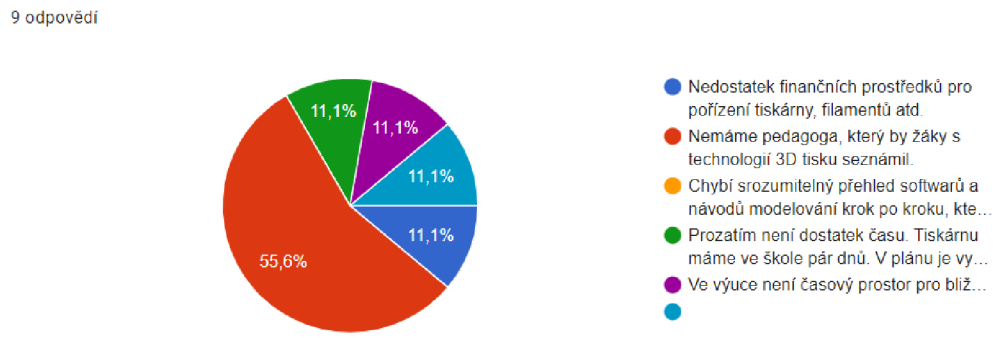


Obrázek 4.5: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 1

Zajímalo nás, zda je technologie 3D tisku na základní škole součástí jiného předmětu, nebo jej školy vyučují jako samostatný předmět. Ze 120 odpovědí, kde respondenti mohli na tuto otázku vybrat více odpovědí, vyplývá, že technologie 3D tisku je v 89,2 % součástí jiného předmětu, ve 38,3 % vyučována na kroužku, ve 23,3 % představena formou projektových dní, a jeden pedagog uvedl, že žáky seznamuje s touto technologií prostřednictvím externí firmy. Ve 4,2 % respondenti uvedli, že žáky s technologií 3D tisku neseznamují. Jeden pedagog odpověděl, že v rámci samostatných projektů pro starší žáky se s touto technologií žáci seznamují navzájem sami a kantor je jen jakýsi kouč. Druhý uvedl, že technologii 3D tisku představují na Dnu otevřených dveří.

Vzhledem k tomu, že respondenti mohli vybírat z více odpovědí, nahlédli jsme do individuálních odpovědí a zjistili, že 59 škol má technologii 3D tisku pouze ve výuce, 26 škol ve výuce i na kroužku, 13 škol ve výuce, na kroužku a pořádá i projektové dny, 10 škol ve výuce a také pořádá projektové dny. Celkem 4 školy nabízí pouze kroužek 3D tisku, 2 školy pouze projektové dny, 1 škola kroužek a projektové dny a 5 škol žáky s touto technologií neseznamuje.

Otázka 2. *Pokud žáky neseznamujete s technologií 3D tisku, uveďte důvod...*

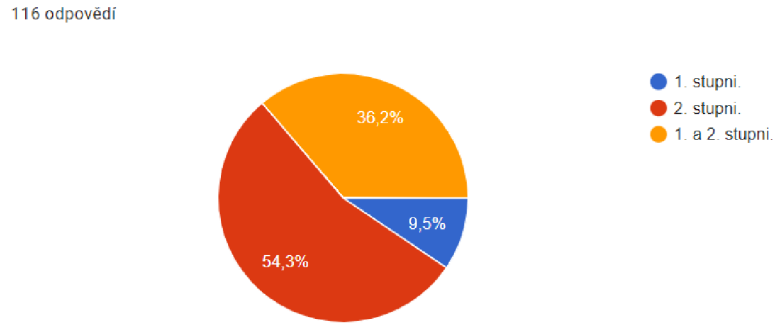


Obrázek 4.6: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 2

Na tuto otázku odpovídalo pouze 9 respondentů, a to žřejmě proto, že jsme oslovovali hlavně pedagogy, kteří s 3D technologií na základní škole pracují. Z devíti pět respondentů uvádí, že škola nemá pedagoga, který by s technologií 3D tisku žáky seznámil. Z celkových pěti odpovědí nepotvrzujeme **Předpoklad 4**, kde tvrdíme, že je ve školách nedostatek pedagogických pracovníků, kteří by se technologií 3D tisku představovali žákům.

Zbylí 4 pedagogové odpovídají po jednom, že škola nemá dostatek financí pro pořízení 3D tiskárny a materiálů, které s touto technologií souvisí, dále jeden uvádí, že chybí srozumitelný přehled softwarů a návodů modelování krok po kroku, které by pedagogovi usnadnilo práci při seznamování s technologií 3D tisku. Další odpovídá, že ve výuce není časový prostor pro bližší seznámení žáků s touto technologií, a poslední uvádí, že tiskárnu ve škole mají, ale zatím není dostatek času pro bližší seznamování, ale později plánují využití 3D tiskárny ve výuce.

Otázka 3. *S technologií 3D tisku seznamujete žáky na 1. stupni, 2. stupni*

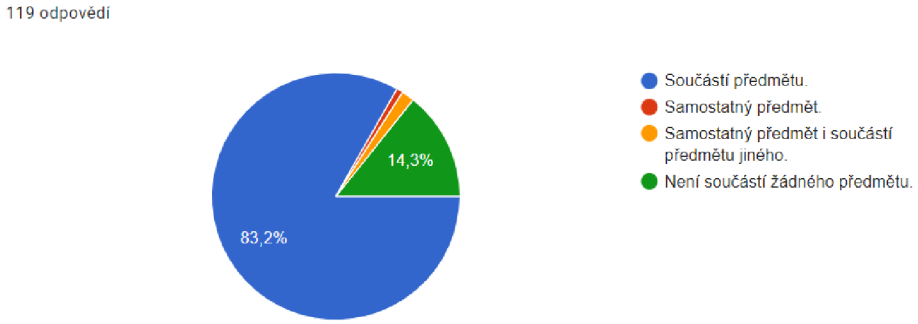


Obrázek 4.7: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 3

Na tuto otázku odpovědělo 116 pedagogů. Nejčastěji, konkrétně v 54,3 % seznamují žáky s technologií 3D tisku na 2. stupni. Dále 36,2 % respondentů uvedlo, že žáky seznamuje s touto technologií na 1. i 2. stupni a 9,5 % škol seznamuje

žáky s technologií 3D tisku pouze na 1. stupni. Tento výsledek nám potvrzuje **Předpoklad 1**, kde tvrdíme, že pedagogové žáky s technologií 3D tisku nejčastěji žáky seznamují na 2. stupni.

Otázka 4. *Je technologie 3D tisku u vás součástí nějakého předmětu, nebo je vyučována jako samostatný předmět...*



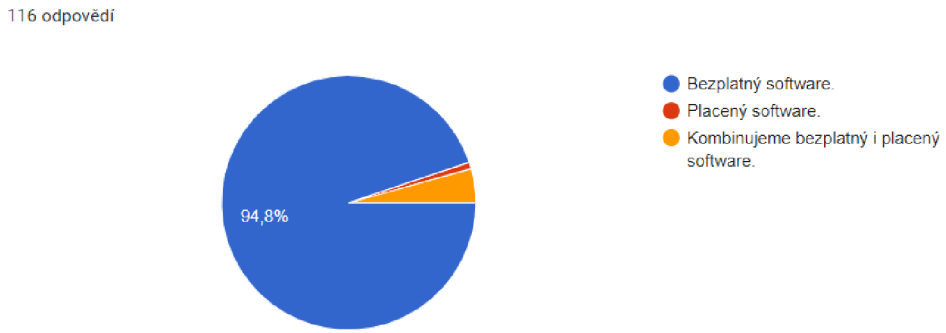
Obrázek 4.8: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 4

Z šetření je zcela zřejmé, že 119 pedagogů základních škol vyučuje technologii 3D tisku v rámci jiného předmětu a není vyučován samostatně, tj. 83,2 %. Dále 17 respondentů uvedlo, že technologie 3D tisku není součástí žádného předmětu, tj. 14,3 %. Dva pedagogové odpověděli, že technologie 3D tisku je u nich na škole vyučována jako samostatný předmět i součástí předmětu jiného. Jeden respondent uvedl, že je technologie 3D tisku u nich vyučována jako samostatný předmět. Z tohoto výsledku potvrzujeme **Předpoklad 3**, kde předpokládáme, že lze 3D tisk zařadit do nejrůznějších oblastí technické výchovy a nejen výchovy.

Otázka 5. *Doplnění předchozí odpovědi: Uveďte název předmětu, v jehož rámci technologii 3D tisku vyučujete...*

Ze shromážděných odpovědí vyplývá, že nejčastěji je technologie 3D tisku vyučována v předmětech ICT – 48krát. Poté školy seznamují žáky s touto technologií v předmětu Pracovní činnosti – 10krát, Výtvarná výchova – 6krát, Člověk a svět práce – 3krát, Matematika – 2krát, Vlastivěda – 1krát, Přirodopis – 1krát, Fyzika – 1krát, Technické kreslení – 1krát, Polytechnická výchova – 1krát. Z těchto údajů můžeme rovněž usoudit potvrzení **Předpokladu 3**, kde předpokládáme, že lze 3D tisk zařadit do nejrůznějších oblastí technické výchovy a nejen výchovy.

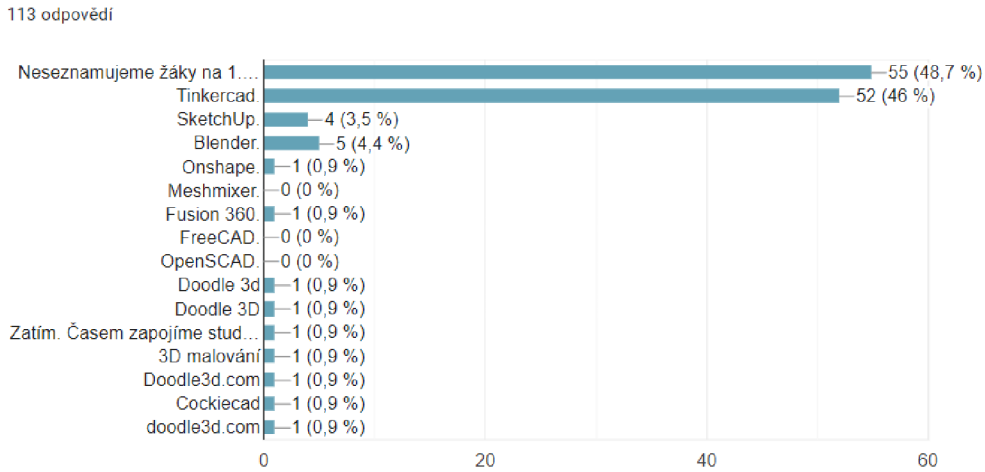
Otázka 6. *Při výuce technologie 3D tisku využíváte bezplatný nebo placený software...*



Obrázek 4.9: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 6

Z koláčového grafu je zcela partné, že 94,8 % dotazovaných škol nejčastěji používá k výuce 3D technologií bezplatné softwary. Pouhých 4,3 % základních škol kombinuje bezplatný i placený software a jeden respondent odpověděl, že při výuce používá placený software. Z tohoto výsledku potvrzujeme **Předpoklad 2**, kde se domníváme, že školy nejčastěji volí ve výuce programy, které mají jistá omezení, ale jsou k dispozici zdarma.

Otázka 7. *V jakých softwarech učíte žáky na 1. stupni nejčastěji modelovat...*

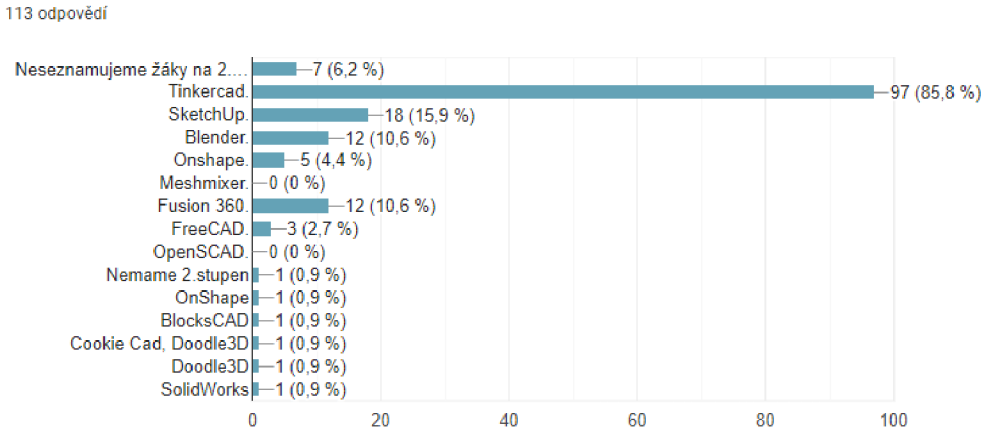


Obrázek 4.10: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 7

Na tuto otázku bylo možné vybrat více odpovědí. Celkem 48,7 % respondentů odpovědělo, že žáky s technologií 3D tisku na 1. stupni neseznamují. Naopak 43 % základních škol učí žáky modelovat objekty v programu Tinkercad. Malé množství škol v programu Blender – 4,4 % a ve SketchUp – 3,5 %. Čtyři respondenti, tj. 3,5 %, uvedli program **Doodle 3D Transform**. O tomto softwaru jsme se dozvěděli až díky dotazníku, proto není obsažen v předchozích kapitolách.

Tato webová aplikace je dostupná na stránce *doodle3d.com* a umožňuje uživatelům kreslit jednoduché 2D náčrty na počítači, tabletu nebo chytrém telefonu a poté je přeměnit na 3D objekty. Jedná se o velmi jednoduchý online nástroj, který umožňuje vytvářet a manipulovat s 3D modely zábavným a interaktivním způsobem. Aplikaci bychom zařadili jako vhodnou na 1. stupni základní školy.

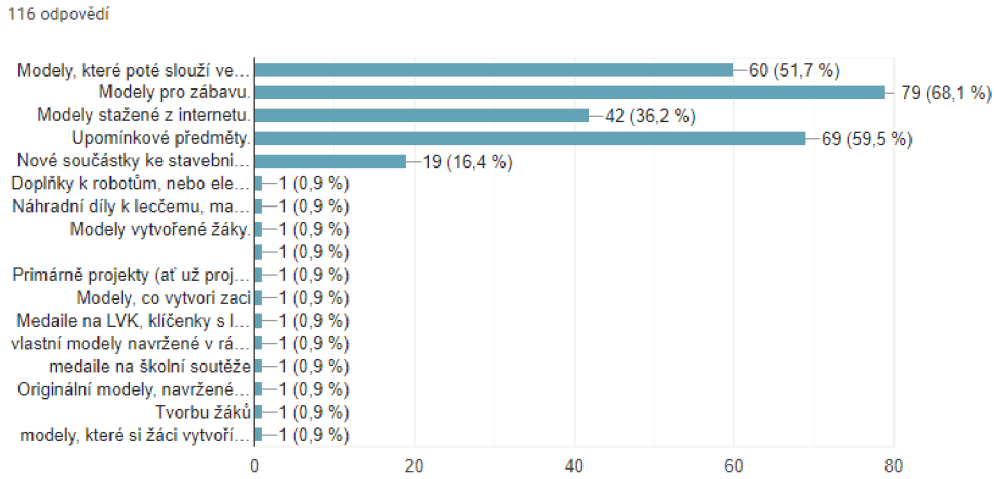
Otázka 8. *V jakých softwarech učíte žáky na 2. stupni nejčastěji modelovat...*



Obrázek 4.11: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 8

Na tuto otázku bylo možné vybrat více odpovědí. Celkem 85,8 % základních škol, které odpověděly na dotazník, učí žáky modelovat objekty v programu Tinkercad. Dále v programu SketchUp – 15,9 %, v programu Blender – 10,6 %, v programu Fusion 360 – 10,6 %, v programu Onshape – 4,4 %, v programu FreeCAD – 2,7 %. Dva hlasy se objevily pro program Doodle 3D Transform a po jednom hlase pro program Onshape, BlocksCAD, Cookie CAD, SolidWorks. Na tuto otázku 6,2 % respondentů odpovědělo, že žáky s technologií 3D tisku na 2. stupni neseznamují. Potvrzujeme tak **Předpoklad 1**, kde se domníváme, že pedagogové seznamují žáky s technologií 3D tisku na 2. stupni a také **Předpoklad 2**, kde se domníváme, že školy nejčastěji volí ve výuce programy, které mají jistá omezení, ale jsou k dispozici zdarma.

Otázka 9. *Co nejčastěji tisknete...*



Obrázek 4.12: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 9

Zajímalo nás, co nejčastěji pedagogové na 3D tiskárnách tisknou. Na tuto otázku respondenti odpověděli, že 68,1 % tiskne modely pro zábavu, 59,5 % upomínkové předměty. Pedagogové tyto činnosti nejčastěji zřejmě volí proto, aby technologie 3D tisku pro děti byla zábavou. 3D tisk dětem umožňuje tvořit vlastní fyzické objekty, dále jim rozvíjí různé dovednosti, jako je kreativita, problémové řešení, konstrukce a navrhování. Taktéž jim umožňuje učit se prostřednictvím praktického zážitku a získávat nové technické znalosti. Navíc je to vynikající způsob, jak podporovat jejich zájem o vědu, technologii, inženýrství a matematiku. Mohou sledovat, jak se jejich návrh postupně proměňuje ve fyzický model před jejich vlastníma očima. Celkově vzato, 3D tisk může být pro děti zábavnou a vzrušující aktivitou, která podporuje jejich tvořivost, rozvoj technických dovedností a motivaci pro další vzdělávání.

V 51,7 % tisknou školy modely, které poté slouží ve výuce, 36,2 % modely stažené z internetu, 16,4 % nové součástky ke stavebnicím, které školy mají k dispozici. Malé % pedagogů odpovědělo slovně, že tiskne modely, které vytvořili žáci. Na tuto otázku bylo také možné vybrat více odpovědí.

Otázka 10. *Tisknete si modely do výuky? Pokud ano, do jakého předmětu nejčastěji a uveďte co...*

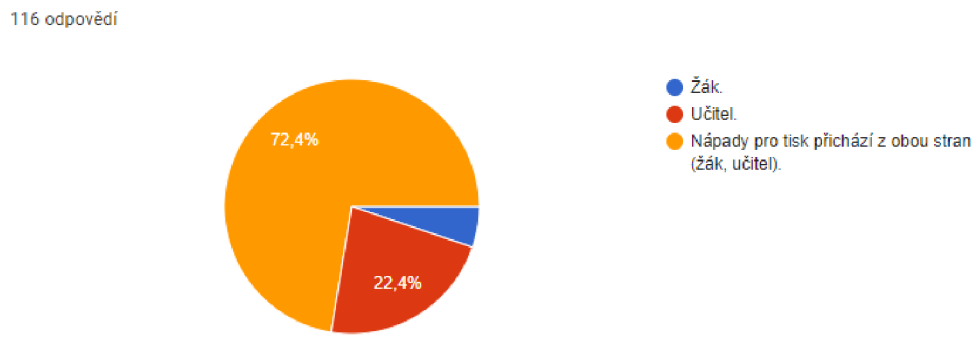
Ze 72 respondentů, kteří odpovídali, byla 25krát jmenovaná matematika. Seznam modelů, které pedagogové nejčastěji tisknou, jsou například: důkaz Pythagorovy věty, mince, tangramy, medaile, šablony ke stereometrii, z jehlanů složitelná krychle, demonstrace principu inkluze a exkluze, mocniny dvojčlenu, geometrické tvary, hranoly, zlomkové kostky, pomůcky pro výpočet objemů těles.

Dále byla 14krát uvedená fyzika. Modely, které pedagogové tisknou do fyziky jsou pomůcky sloužící k lepšímu znázornění jevů a strojů: model Peltonovy turbíny, překotný hranol, boxy pro demonstraci vzniku proudu v kyselině.

Dalším zmiňovaným předmětem (12krát) byl zeměpis. Modely, které pedagogové tisknou jsou: mapy, mapa výškového profilu České republiky, sopky, kraje České republiky, státy Evropy, modely geomorfologických útvarů, 7krát byl uveden přírodopis a zmiňovanými modely jsou: části těla, organismy, hmatová sada. Dalším předmětem s příklady byl dějepis a uvedeným modely v dotazníku jsou: antické sloupy, sochy, modely budov,

V seznamu se také OBJevuje předmět chemie, český jazyk, německý jazyk, informatika, vlastivěda, hudební výchova, anglický jazyk, tělesná výchova, ale bez konkrétní odpovědi, co do výuky tisknou.

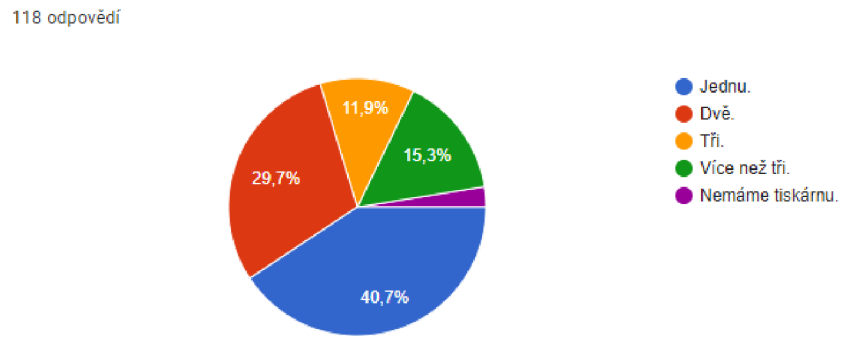
Otázka 11. *Kdo nejčastěji navrhuje, co budete tisknout...*



Obrázek 4.13: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 11

Ve školách jsme se zeptali, kdo nejčastěji navrhnuje nápady, co se bude tisknout. Podle odpovědí v koláčovém grafu vidíme, že 72,4 % respondentů uvedlo, že se na nápadech podílejí obě strany učitel – žák. Tento výsledek vnímáme jako velmi pozitivní. Pedagogové podporují žákovu tvořivost a rozvoj technických dovedností. Ve 22,4 % vymýšlí pedagog nápady sám a v 5,2 % pouze žák.

Otázka 12. *Kolik tiskáren máte ve škole k dispozici...*

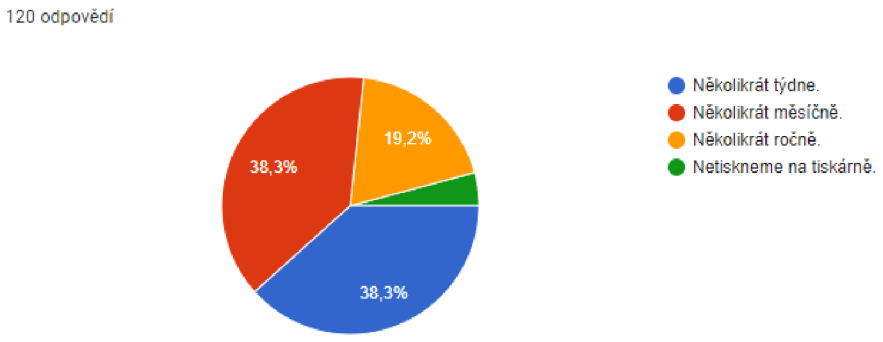


Obrázek 4.14: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 12

Zajímalo nás, kolika tiskárnami škola disponuje. Z celkových 118 zaznamenaných odpovědí 40,7 % škol vlastní jednu tiskárnu. Dále 29,7 % škol disponuje dvěma

tiskárnami, 15,3 % škol vlastní více než 3 tiskárny, 11,9 % škol má k dispozici tři tiskárny a pouze 2,5 % odpovědělo, že nevlastní žádnou tiskárnu. Tento výsledek nás mile překvapil, neboť jsme si mysleli, že převážná část základních škol vlastní pouze jednu tiskárnu.

Otázka 13. *Jak často 3D tiskárnu používáte...*

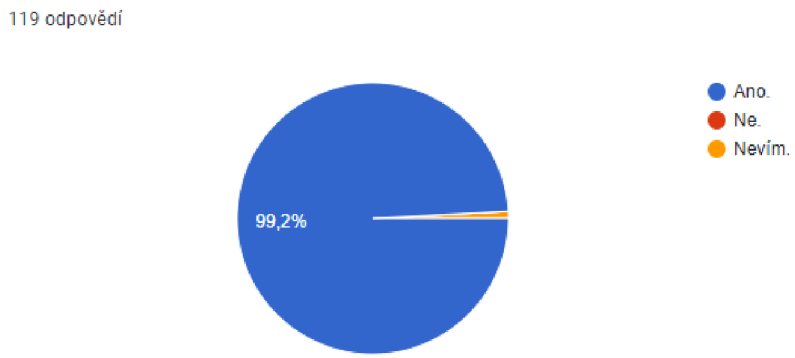


Obrázek 4.15: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 13

V dotazníkovém šetření jsme se pedagogů zeptali, jak často tiskárnu používají. Z vlastních zkušeností víme, že je třeba před každým tiskem vyčistit tiskovovou plochu, ne vždy se model vytiskne správně a je potřeba model opravit, je třeba hlídat první vrstvu při tisku, dle potřeby vyměnit filament atd. Toto vše stojí pedagoga další čas při své práci.

Z celkových 120 odpovědí 38,3 % škol tiskne několikrát týdně, stejné % odpovědí, tj. 38,3 %, tiskne několikrát měsíčně, 19,2 % několikrát ročně a 4,2 % uvádí, že nětiskne na tiskárně.

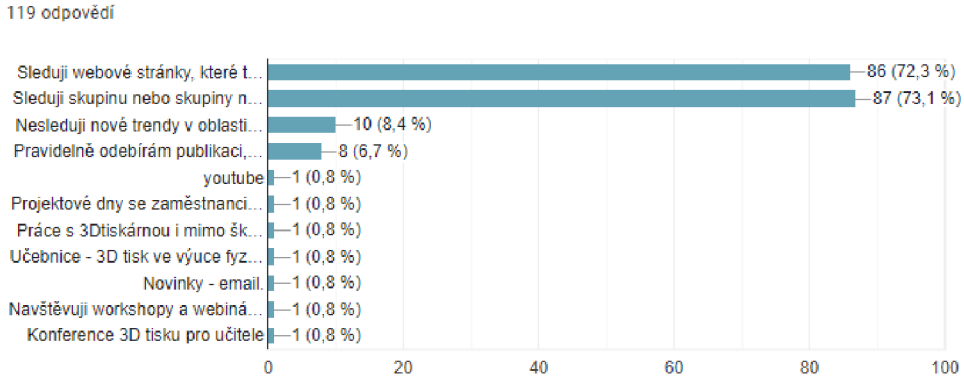
Otázka 14. *Myslíte si, že je správné seznamovat žáky s technologií 3D tisku již na základní škole...*



Obrázek 4.16: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 14

Z celkového počtu 119 odpovědí na tuto otázku, zda je správné seznamovat žáky s technologií 3D tisku na základní škole, uvedlo v 99,3 % ano. Pouze jeden pedagog 0,8 % odpověděl nevím. Tento výsledek nás velmi těší, neboť si myslíme, že je důležité a správné žáky již na základní škole seznamovat s touto technologií. 3D tisk může být užitečným nástrojem pro vzdělávání žáků na všech typech škol. Může pomoci k rozvíjení tvůrčích schopností žáků a připravovat je pro budoucí povolání a poptávku, která brzy na trhu práce vznikne v souvislosti s touto technologií.

Otázka 15. *Jak se seznamujete s novinkami v oblasti technologie 3D tisku u nás i ve světě...*

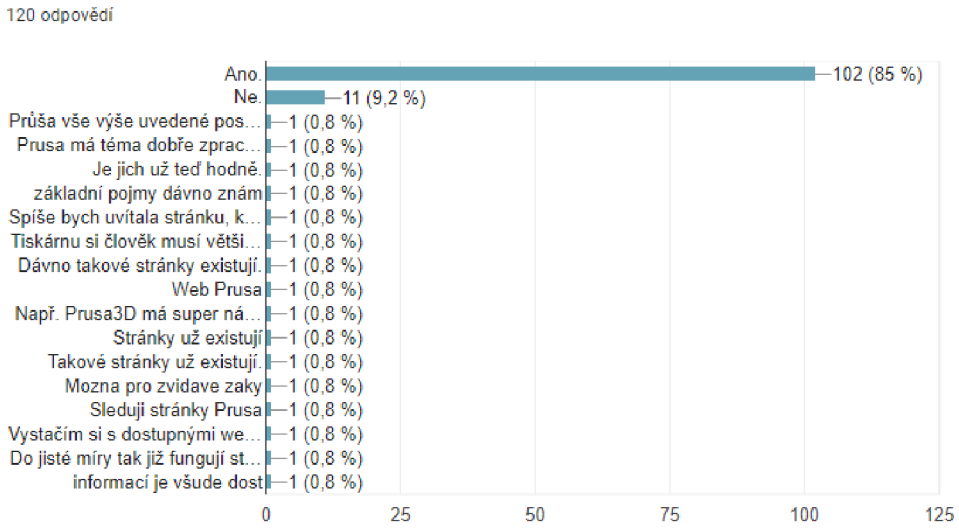


Obrázek 4.17: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 15

3D tisk prochází v současné době bouřlivým rozvojem. Postupně se vyvíjí a stává se součástí našich soukromých i profesních životů. Tato technologie je využívána napříč obory od vzdělávání, přes průmysl, stavebnictví až po zdravotnictví a mnohé další. Do budoucna jich bude zcela jistě rychle přibývat, proto jsme se pedagogů zeptali, kde tyto nové trendy sledují. V 73,1 % uvádějí, že sledují skupinu nebo skupiny na sociálních sítích, kde tyto novinky vycházejí. V 72,3 % sledují pedagogové webové stránky, 8,4 % respondenů uvádí, že nové trendy v oblasti technologie 3D tisku nesleduje, 6,7 % pravidelně odebírá publikaci, ve které se novinky nacházejí.

Dále po jednom pedagogové uvedli, že sledují novinky na youtube, navštěvují workshopy a webináře, novinky, které přicházejí na e-mail, projektové dny se zaměstnanci Průša Printers, konference 3D tisku pro učitele, v učebnici fyziky, kde je toto téma zahrnuto, práci 3D tiskárny mimo školu. Na tuto otázku bylo možné vybrat více odpovědí.

Otázka 16. *Uvítali byste např. webovou stránku, kde budou na jednom místě vysvětleny základní pojmy týkající se technologie 3D tisku, základní popis a orientace ve 3D softwarech včetně návodů krok po kroku, které vám nebo žákům pomohou snadněji se seznámit ve výuce v konkrétních programech...*



Obrázek 4.18: Výsledky dotazníkového šetření — Otázka 16

Z celkového počtu 120 respondenů uvedlo 85 % pedagogů, že by uvítalo webovou stránku, kde budou na jednom místě vysvětleny základní pojmy týkající se technologie 3D tisku, základní popis a orientace ve 3D softwarech, včetně návodů krok po kroku, které pedagogům nebo žákům pomohou snadněji se seznámit ve výuce v konkrétních programech.

Dále 9,2 % pedagogů uvedlo, že tuto webovou stránku nepotřebuje. Šest respondentů uvedlo www stránky prusa3d.com, které obsahují mnoho informací na téma technologie 3D tisku. Na tuto otázku bylo možné vybrat více odpovědí.

Potvrzuje se tak **Předpoklad 5**, kde tvrdíme, že pedagogové, kteří projeví zájem seznámit se s touto technologií 3D tisku, mají složité nalézt všechny potřebné informace na jednom místě, které je potřeba nastudovat, než s technologií 3D tisku žáky blíže seznámí. Dokonce 85 % pedagogů, kteří již znalosti v této oblasti mají, by uvítali www stránku, která by poskytla na jednom místě dostatečné informace o technologii 3D tisku ve výuce.

Z našeho potvrzeného předpokladu i zkušeností vznikla spolu s diplomovou prací www stránka *3dtisk-proskoly.cz*, která je naplněna poznatky z této diplomové práce, představeny bezplatné softwary a ke každému softwaru zveřejněna prezentace krok po kroku modelování duté krychle, dutého kvádru a dutého válce, přičemž se žák nebo pedagog učí v prostředí daného softwaru. Na stránce jsou dále umístěny šablony objektů s pracovními listy, které jsou spojené s matematikou. Jakýkoliv pedagog si muže tento pracovní list stáhnout, objekty vytiskout a obohatit výuku matematiky na dané téma s použitím předchystaných pracovních listů.

Shrnutí výzkumných předpokladů

Na základě shromážděných odpovědí v dotazníkovém šetření potvrzujeme **Předpoklad 1**, kde tvrdíme, že pedagogové na 2. stupni základní školy nejčastěji volí pro výuku technologie 3D tisku software Tinkercad, potvrzujeme. Tento program je pro začátečníky uživatelsky přívětivý nástroj pro 3D navrhnování a modelování.

Předpoklad 2, kde se domníváme, že školy pro výuku technologie 3D tisku používají bezplatné softwary, se také potvruje. Celkem 94,8 % škol modeluje v programech, které jsou bezplatné. Tento výsledek se nám potvrzuje také v dalších odpovědích dotazníkového šetření.

Předpoklad 3, kde tvrdíme, že technologii 3D tisku lze zařadit do nejrůžnějších oblastí technické výchovy a nejen výchovy, se nám z výsledků dotazníkové šetření rovněž potvrdil.

Předpoklad 4 se na základě dotazníku nepotvrdil. Z nedostatečného množství odpovědí nelze potvrdit náš předpoklad, že je nedostatek pedagogických pracovníků, kteří by technologii 3D představovali žákům.

Z výsledných odpovědí však potvrzujeme **Předpoklad 5**, že by pedagogové uvítali webové stránky, které by v dostatečné míře představily technologii 3D tisku, porovnaly různé softwary, které jsou k dispozici zdarma, ve kterých by našli pedagogové podrobné návody krok po kroku, a poskytly tak prvotní seznámení se softwary, na které lze navázat a zkušenosti s modelovám poté prohlubovat.

Na základě tohoto předpokladu vzniklx www stránky *3dtisk-proskoly.cz*, které všechny tyto informace obsahují, včetně podrobného postupu krok po kroku modelování všech objektů z této práce, stažení 3D modelů z diplomové práce a dalších šablon ke stažení, pracovních listů vhodných do matematiky, které si může kdokoliv stáhnout a obohatit výuku na dané téma.

Z odpovědí v dotazníku jsme také objevili webový software **Doodle 3D Transform**, dostupný na stránce *doodle3d.com*. Jedná se o velmi jednoduchý, intuitivní program, který bychom zařadili na 1. stupeň základní školy. Bližší informace umístíme na www stránky *3dtisk-proskoly.cz*.

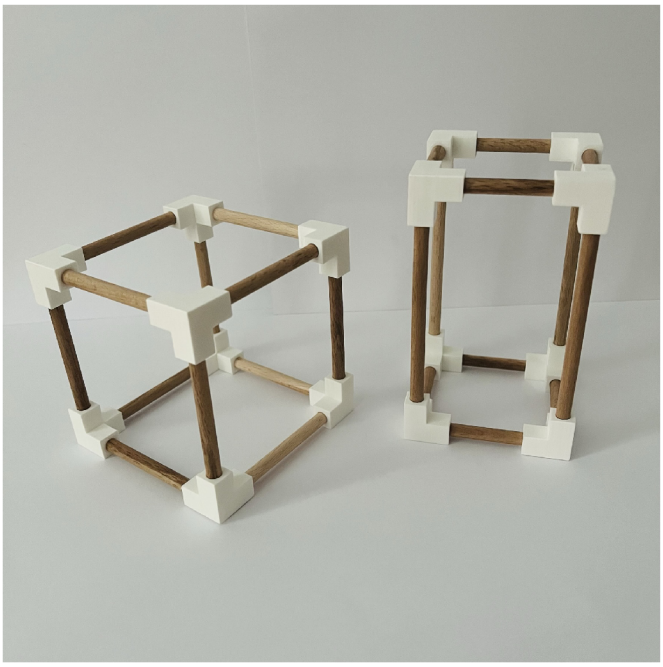
5 Databáze pracovních listů a modelů

V této kapitole uvedeme pracovní listy, které je možné použít při výuce s tištěnými modely. Jak pracovní listy, tak STL soubory modelů k 3D tisku jsou ke stažení na www stránkách *3dtisk-proskoly.cz*. Jednotlivé pracovní listy jsou doplněny také metodickými pokyny pro učitele.

K práci s pracovním listem je nutné mít vytisknuté součástky „rohy“ k sestavení modelů a je možné přidat také „rohy“, ze kterých však krychli či kvádr sestavit nelze.

5.1 Sestavení 3D modelu krychle a kvádru

Cílem výuky s tímto pracovním listem je upevnit a zopakovat si základní pojmy spojené s krychlí a kvádrem, vzorec pro výpočet povrchu krychle a kvádru a narýsovat síť modelu krychle a kvádru. Pracovní list je určen pro žáky 5. ročníku, kterým chceme upevnit téma povrchu krychle a povrchu kvádru nebo pro znovu zopakování této látky ve starším ročníku.



Obrázek 5.1: 3D model krychle, 3D model kvádru

Postup hodiny

Výuka s pracovním listem byla testovaná v 5. třídách u celkem 51 dětí. Žáci byli rozděleni do skupin po 2 až 3 dětech. Každá skupina dostala rozložený model krychle nebo kvádru, který se skládá z dřevěných tyček a vytištěných spojovacích dílů (viz obrázek 5.1). Jejich úkolem bylo model složit, poznat, zda se jedná o model krychle, nebo o model kvádru. Podle toho si zvolili správný pracovní list (3D model krychle, 3D model kvádru) a vyplnili jej. U 3. úlohy v pracovním listu museli žáci změřit potřebné údaje na modelu (měří včetně vytištěných „vrcholů“), aby mohli vypočítat povrch svého modelu. Naměřené rozměry potřebují také pro 4. úlohu, kde mají za úkol narýsovat síť daného modelu v daném poměru. V průběhu celé hodiny pedagog skupiny obchází a v případě potřeby žákům poradí. Na samotný závěr pedagog shrne celou hodinu a zopakuje cíle, ke kterým došli.

Možná úskalí, které během hodiny mohou nastat

Během hodiny se může stát, že žák stráví delší čas sestavováním modelu, zejména použije-li „vadný“ dílek (tyto dílky jsou přidány ke správným) a model neodpovídá krychli/kvádru. V takovém případě položte žákovi otázky: Co platí pro vnitřní úhly v krychli, kvádru? Kolik stupňů má vnitřní úhel krychle/kvádru? Pořádně si zkontroluj všechny vrcholy, které jsi dostal.

Zpětná vazba

Většina skupin stihla během 1. vyučovací hodiny splnit všechny úkoly a nečinily jim velké potíže. Celkem 21 skupin vybarvilo pět z pěti hvězdiček (viz obrázek 5.3) z druhé strany pracovního listu, a hodnotí tak hodinu jako zábavnou, 3 skupiny vybarvily čtyři hvězdičky z pěti a 1 skupina vybarvila tři hvězdičky z pěti. Vycházíme-li z tohoto hodnocení, žákům se tato aktivita zdá převážné zajímavá, zábavná a bavila je. Ze svého pohledu vnímám tuto aktivitu také pozitivně.

Další informace, včetně modelů ve formátu STL k tisku na 3D tiskárně a pracovního listu, jsou uvedeny na www stránce *3dtisk-proskoly.cz*.

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

- Osvojování nových matematických pojmů a poznatků na základě aktivních činností v návaznosti na předcházející matematické poznání.
- Prohlubování poznatků, pozorování a rozlišování, rozvíjení úsudku a zobecňování směřující k logickému myšlení a věcné argumentaci a k přesnému, nejen odbornému vyjadřování.
- Rozvíjení a uplatňování přesného a stručného vyjadřování prostřednictvím užívání odborného jazyka, symboliky, algoritmů, rozborů a zápisu řešení obecnějších matematických úloh.
- Utváření dovedností vedoucích k přesnému, pečlivému, přehlednému grafickému projevu, a to nejen v oblasti geometrické.

- Vytváření dostatku příležitostí aktivně se podílet na vlastním vzdělávání, samostatně se projevovat, řešit úlohy, získávat nové vědomosti vlastní činností, a to prostřednictvím činnostního pojetí vyučování, tj. uplatňováním postupů a forem práce, které umožňují maximálně využívat vlastních zkušeností a dovedností.

3D MODEL KRYCHLE

1. Sestav krychli ze špejlí. Odpověz na otázky.

   - Kolik má krychle vrcholů?
   - Kolik hran má krychle?
   - Z kolika shodných objektů se krychle skládá?
   - Jak se tyto shodné objekty jmenují?
   - Jaké rozměry má krychle?

2. Doplň do náčrtku:

   - Kde se nachází spodní podstava (vybarvi zeleně)?
   - Kde se nachází horní podstava (vybarvi modře)?
   - Kde se nachází boční stěny (vybarvi žlutě)?
   - Kolik bočních stěn má krychle?

3. Vypočítej povrch této krychle.

Náčrt krychle

Obrázek 5.2: 3D model krychle — Náhled pracovního listu I.

4. Narýsuj síť vašeho modelu krychle zmenšený dvakrát.

Co jsme již znali?	Co pro nás bylo nové?
Hodina nás bavila ☆☆☆☆☆	Do příště si musíme zopakovat…

Obrázek 5.3: 3D model krychle — Náhled pracovního listu II.

3D MODEL KVÁDRU

1. Sestav kvádr ze špejlí. Odpověz na otázky.

   - Kolik má kvádr vrcholů?
   - Kolik hran má kvádr?
   - Z kolika shodných stěn (dvojic) se kvádr skládá?
   - Jak se tyto shodné obrazce jmenují?
   - Jaké rozměry má kvádr?

2. Doplň do náčrtku:

   - Kde se nachází spodní podstava (vybarvi zeleně)?
   - Kde se nachází horní podstava (vybarvi modře)?
   - Kde se nachází boční stěny (vybarvi žlutě)?
   - Kolik bočních stěn má kvádr?

3. Vypočítej povrch tohoto kvádru.

Náčrt kvádru

Obrázek 5.4: 3D model kvádru — Náhled pracovního listu III.

4. Narýsuj síť vašeho modelu kvádru zmenšený dvakrát.

Co jsme již znali?	Co pro nás bylo nové?
Hodina nás bavila ☆☆☆☆☆	Do příště si musíme zopakovat…

Obrázek 5.5: 3D model kvádru — Náhled pracovního listu IV.

5.2 Objem základních těles

U této aktivity využijeme kapitoly **Modelování objektů v programech** počínající na straně 43 v diplomové práci. Ze vzniklé databáze vybereme dutou krychli, dutý kvádr a dutý válec, které se nám podařilo v softwarech vymodelovat.

Pro dutou krychli jsme použili 3D model, který vznikl v programu Tinkercad, pro dutý kvádr 3D model ze softwaru SketchUp a pro dutý válec 3D model z programu Fusion 360.

Cílem tohoto pracovního listu je zopakovat a upevnit látku základních pojmů spojené s krychlí, kvádrem a válcem, vzorec pro výpočet objemu krychle, kvádru a válce a uvědomit si, že pokud máme tělesa, která mají stejné obsahy podstav a stejnou výšku, mají shodný objem bez ohledu na tvar podstavy.

Pracovní list je určen pro žáky 8. ročníku, kterým chceme upevnit téma objemu krychle, kvádru a válce nebo pro znovu zopakování této látky ve starším ročníku.

Obrázek 5.6: 3D model duté krychle, kvádru a válce

Postup hodiny

Pracovní list byl testován v 8. třídách u celkem 50 dětí. Žáci jsou rozděleny do skupin po 2 až 4 žácích. Pedagog žákům rozdá pracovní list 3D model duté krychle, 3D model dutého kvádru, 3D model dutého válce, Porovnání vlastností 3D modelů. Vytištěné 3D modely těles pedagog postaví na určené místo ve třídě, kde si jednotlivé

modely každý člen ze skupiny půjčí, změří a poté zase vrátí na místo. V průběhu 1 vyučovací hodiny žáci plní pracovní listy. V průběhu celé hodiny pedagog skupiny obchází a v případě potřeby žákům poradí. Ke konci hodiny pedagog srovná výsledky všech skupin. Správné výpočtů zapíše na tabuli.

Pro ověření toho, že dutá tělesa mají stejný objem, nalije pedagog do odměrného válce příslušné množství vody a přelévá tuto vodu z jednoho modelu do dalšího. Případně může použít písek a váhy k vážení písku, který se do tělesa vejde.

Žáky pedagog nechá přemýšlet a diskutovat, jak je možné, že se do všech modelů vejde stejné množství vody. Diskuse je cílem této aktivity. Na samotný závěr pedagog shrne celou hodinu a zopakuje cíle, ke kterým v průběhu hodiny došli.

Možná úskalí, které během hodiny mohou nastat

Je třeba žákům sdělit, že měří vnitřní část dutiny těles. Opakujte tuto informaci vícekrát za hodinu a obejděte všechny skupiny a ujistěte se, že pokyn správně pochopili. Modely je třeba vytisknout v dostatečném množství, aby žáci neztráceli čas čekáním na potřebný model. Na hodině s 9 skupinami jsme měli k dispozici 9 modelů (od každého 3 kusy), což bylo dstačující.

Zpětná vazba

Většina skupin stihla během 1. vyučovací hodiny úkoly v pracovních listech splnit. Žáci hodnotí hodinu z druhé strany pracovního listu Pozorování společných vlastností 3D modelů (viz obrázek 5.10), kde vybarvují hvězdičky podle toho, jak se jim aktivita líbila. Celkem 9 skupin vybarvilo pět z pěti hvězdiček a hodnotí tak hodinu jako zábavnou, 3 skupiny vybarvily čtyři hvězdičky z pěti. Vycházíme-li z tohoto hodnocení, žákům se tato aktivita zdá převážné zajímavá a zábavná. Ze svého pohledu vnímám tuto aktivitu pozitivně. Žáky hodina bavila. Hravou formou si žáci zopakovali vzorce pro výpočet objemu těles a sami přišli na souvislost objemu tělesa, obsahu podstavy a výšky tělesa.

Další informace, včetně modelů ve formátu STL k tisku na 3D tiskárně a pracovního listu, jsou uvedeny na www stránky *3dtisk-proskoly.cz*.

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

- Osvojování nových matematických pojmů a poznatků na základě aktivních činností v návaznosti na předcházející matematické poznání.
- Prohlubování poznatků, pozorování a rozlišování, rozvíjení úsudku a zobecňování směřující k logickému myšlení a věcné argumentaci a k přesnému, nejen odbornému vyjadřování.
- Rozvíjení a uplatňování přesného a stručného vyjadřování prostřednictvím užívání odborného jazyka, symboliky, algoritmů, rozborů a zápisu řešení obecnějších matematických úloh.
- Utváření dovedností vedoucích k přesnému, pečlivému, přehlednému grafickému projevu, a to nejen v oblasti geometrické.

- Vytváření dostatku příležitostí aktivně se podílet na vlastním vzdělávání, samostatně se projevovat, řešit úlohy, získávat nové vědomosti vlastní činností, a to prostřednictvím činnostního pojetí vyučování, tj. uplatňováním postupů a forem práce, které umožňují maximálně využívat vlastních zkušeností a dovedností.

3D MODEL DUTÉ KRYCHLE

1. Odpověz na následující otázky.

   - Kolik má krychle vrcholů?
   - Kolik hran má krychle?
   - Z kolika shodných objektů se krychle skládá?
   - Jak se tyto shodné objekty jmenují?
   - Jaké rozměry má krychle?

2. Doplň do náčrtku:

   - Kde se nachází spodní podstava (vybarvi zeleně)?
   - Kde se nachází horní podstava (vybarvi modře)?
   - Kde se nachází boční stěny (vybarvi žlutě)?
   - Kolik bočních stěn má krychle?

3. Vypočítej objem této duté krychle – objem dutiny.

Náčrt krychle

Obrázek 5.7: 3D model duté krychle — Náhled pracovního listu I.

3D MODEL DUTÉHO KVÁDRU

1. Odpověz na následující otázky.

   - Kolik má kvádr vrcholů?
   - Kolik hran má kvádr?
   - Z kolika shodných stěn (dvojic) se kvádr skládá?
   - Jak se tyto shodné obrazce jmenují?
   - Jaké rozměry má kvádr?

2. Doplň do náčrtku:

   - Kde se nachází spodní podstava (vybarvi zeleně)?
   - Kde se nachází horní podstava (vybarvi modře)?
   - Kde se nachází boční stěny (vybarvi žlutě)?
   - Kolik bočních stěn má kvádr?

3. Vypočítej objem tohoto dutého kvádru – objem dutiny.

Náčrt kvádru

Obrázek 5.8: 3D model dutého kvádru — Náhled pracovního listu II.

3D MODEL DUTÉHO VÁLCE

1. Odpověz na následující otázky.

   - Co tvoří podstavu válce?
   - Co tvoří plášť válce?
   - Co je průměr válce a jak ho značíme?
   - Co je poloměr válce a jak ho značíme?

2. Doplň do náčrtku:

   - Kde se nachází spodní podstava (vybarvi zeleně)?
   - Kde se nachází horní podstava (vybarvi modře)?
   - Kde se nachází boční stěny (vybarvi žlutě)?

3. Vypočítej objem tohoto dutého válce – objem dutiny.

Náčrt válec

Obrázek 5.9: 3D model dutého válce — Náhled pracovního listu III.

POZOROVÁNÍ SPOLEČNÝCH VLASTNOSTÍ 3D MODELŮ

1. Opiš vzorce včetně dosazení, dílčích výpočtů a konečného výsledku:
   a) Objem duté krychle
   b) Objem dutého kvádru
   c) Objem dutého válce

2. Porovnej obsahy podstav a výšky těles:

3. Váš závěr (odpověď řádně zdůvodněte):

Co jsme již znali?	Co pro nás bylo nové?
Hodina nás bavila ☆☆☆☆☆	Do příště si musíme zopakovat…

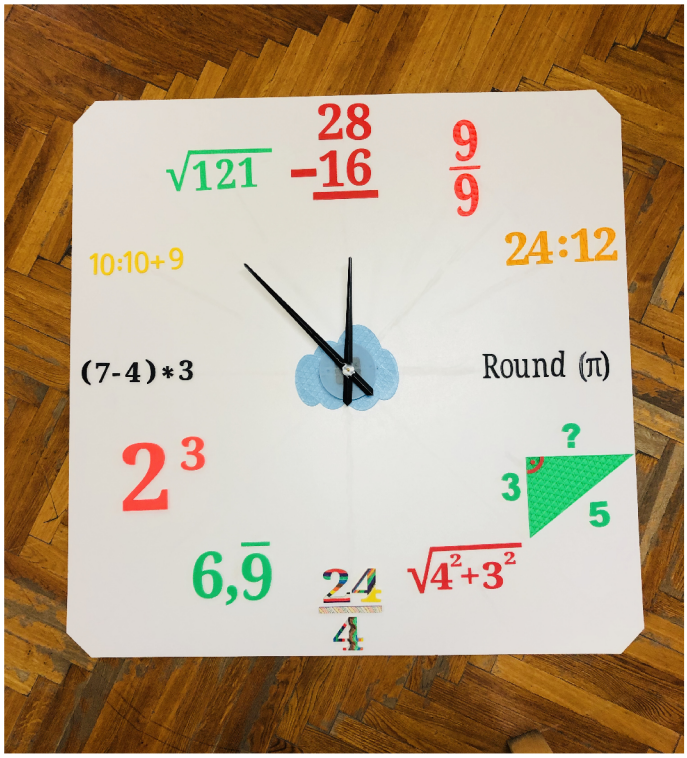
Obrázek 5.10: Pozorování společných vlastností 3D modelů — Náhled pracovního listu IV.

6 Databáze dalších modelů

V této kapitole uvedeme další 3D modely, které mohou sloužit jako inspirace pro učitele. Mnohé projekty lze realizovat s dětmi v programu Tinkercad. U každé aktivity uvádíme klíčové kompetence, které žák při zvolené aktivitě rozvíjí. Pokud učitel žáky zapojí do tvorby následujících modelů v softwarech, rozvíjí navíc klíčové kompetence digitální. Všechny 3D modely včetně stažení STL, popisu a návodu jsme umístili na stránky *3dtisk-proskoly.cz*. Tyto stránky budeme postupně doplňovat o další nápady, které lze s dětmi realizovat.

6.1 Matematické hodiny

Společně s dětmi navrhněte matematické hodiny a procvičte si přitom různá témata z oblasti matematiky, se kterými se žáci na základní škole setkávají. Na *3dtisk-proskoly.cz* naleznete ještě jednu variantu hodin.



Obrázek 6.1: Matematické hodiny

Metodické pokyny

- Matematické příklady, které slouží jako číslo ciferníku jsou modelované v programu Tinkercad.
- Každý příklad má různě nastavenou výšku.
- U některých příkladů je vidět vnitřní výplň, která slouží jako ozdoba
- Podkladem pro hodiny je bílý sololit (koupený v obchodě Bauhaus na míru).
- K hodinám je třeba pořídit hodinový strojek a ručičky. Případně lze koupit pouze hodinový strojek a ručičky si vytisknout na tiskárně.
- Uprostřed ciferníku je vymodelované logo naší školy, které žáci nabarvili barvami Unicolky.
- Žáci si příklady rozvrhnou na desku a poté lepí lepidlem každý díl příkladu.
- Naše čtvercová má délku strany 1 m a číslice jsou velké 9 cm.
- V sololitu je vyvrtáno 5 děr pro připevnění na zeď (jedna díra se nachází pod ciferníkem, zbylé čtyři v každém rohu hodin).

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

- Kompetence k učení.
- Kompetence komunikativní.
- Kompetence k řešení problémů.
- Kompetence sociální a personální.

Zpětná vazba

Fantazii se meze nekladou! Při této aktivitě starší žáci vysvětlují mladším žákům výpočty zadaných příkladů. Mladší žáci se různými příklady rozvíjí v oblasti matematiky.

Po pověšení hodin ve škole se téměř každý žák snažil ověřit, zda jsou hodiny bez chyby. Diskutovali nad příklady, po starších žácích chtěli vysvětlit příklady, které se ještě neučili. Dokonce proběhlo několik exkurzí tříd s učitelem, který dětem příklady vysvětlil a dokázal, že příklady umístěné na konkrétním místě odpovídají umístění a číslu na číselníku.

6.2 Procvičování mocnin

Pomocí hrací kostky (viz obrázek AAA) procvičte s dětmi v hodině zábavnou formou mocniny.

Obrázek 6.2: Kostka na procvičování mocnin

Metodické pokyny

- Kostky jsou modelované v programu Tinkercad.
- Vytiskněte kostky a rozdejte je žákům do dvojic v lavici.
- Na tabuli napište, čemu se rovná základ x a y.
- Ponechte žákům ve dvojicích chvíli času, aby se v lavicích procvičili v mocninách.
- Chcete-li mít kontrolu nad výsledky, vyvolávejte žáky, kteří poté hodí kostkou a následně vám sdělí odpověď.
- Během času můžete zadání měnit.
- Žáci se také mohou zkoušet sami – na papír ve dvojicích si napíší své zadání x a y a dělají si čárky dle toho, kdo odpoví správně.

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

- Kompetence k učení.
- Kompetence komunikativní.

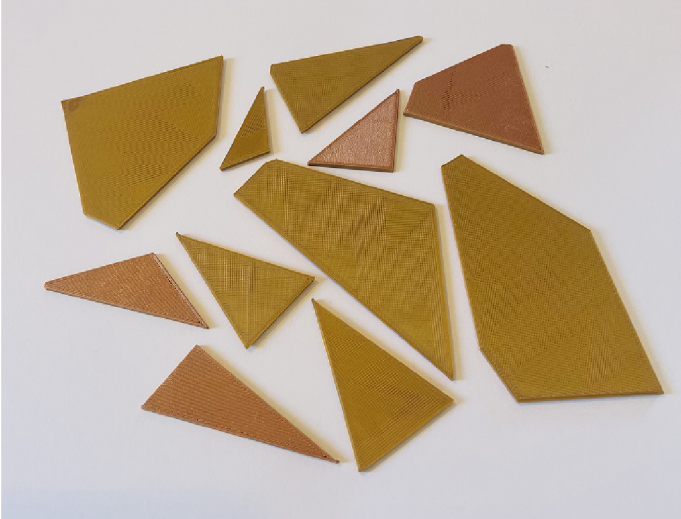
- Kompetence k řešení problémů.
- Kompetence sociální a personální.
- Kompetence občanské.
- Kompetence pracovní.

Zpětná vazba

Hrací kostky jsou u mých žáků oblíbené. U dětí probouzí soutěživost, snaží se výsledek co nejdříve vykřiknout, přičemž je jejich soused dokáže pořádně potrápit, neboť odpověď již ví a samozřejmě to dává svému sousedovi najevo.

6.3 Tangramy

Skládačky (tangramy) pomáhají u žáků rozvíjet logické myšlení. Podrobný návod pro výrobu a tisk najdete na stránkách *3dtisk-proskoly.cz*, kde je umístěno celkem 5 různých variant STL tangramů k okamžitému stažení.



Obrázek 6.3: Tangram

Metodické pokyny

- V programu Tinkercad jsme vymodelovali kvádr, který jsme nařezali v programu Meshmixer. Žáci mají za úkol opět obrazce složit.
- Čím více řezů, tím se stává tangram složitější.
- Žákům můžete napovědět papírem, které je stejně velký jako složený tangram a slouží jako podklad pro skládání.
- Také můžete vymodelovat a vytisknout krabičku, do které se tangram rovnou skládá.

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

- Kompetence k učení.
- Kompetence komunikativní.
- Kompetence k řešení problémů.

Zpětná vazba

Tangram není na vymodelování nijak složitý. Je třeba pouze dát pozor na příliš malé kusy dílků, které by na tiskárně šly těžce vytisknout. Hlavolam napomáhá rozvoji logického myšlení, konstruktérských schopností, logiky, pozornosti, tvůrčí představivosti, zrakové paměti.

6.4 Naučné schody

Oživte vaše schody ve škole a vytvořte naučné schody pro děti. Nabarvěte čela schodů a vytiskněte některé ze základních vzorců z fyziky, matematiky a chemie. Žáci mají vzorce stále na očích a učí se formule nenásilně a podprahově. Nechte děti vymýšlet vhodné příklady, které se mohou učit nejen ony, ale také ostatní spolužáci. Naučné schody v sobě skrývají témata z matematiky, fyziky a chemie. Jistě lze použít další příklady i z jiných předmětů.

Obrázek 6.4: Naučné schody

Metodické pokyny

- Vzorce žáci modelovali v programu Tinkercad.
- Nejdříve jsme jednu polovinu schodů nabarvili na žlutou a druhou polovinu na modrou barvu.
- Poté jsme vzorce vytiskli a nalepili na čela schodů.

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

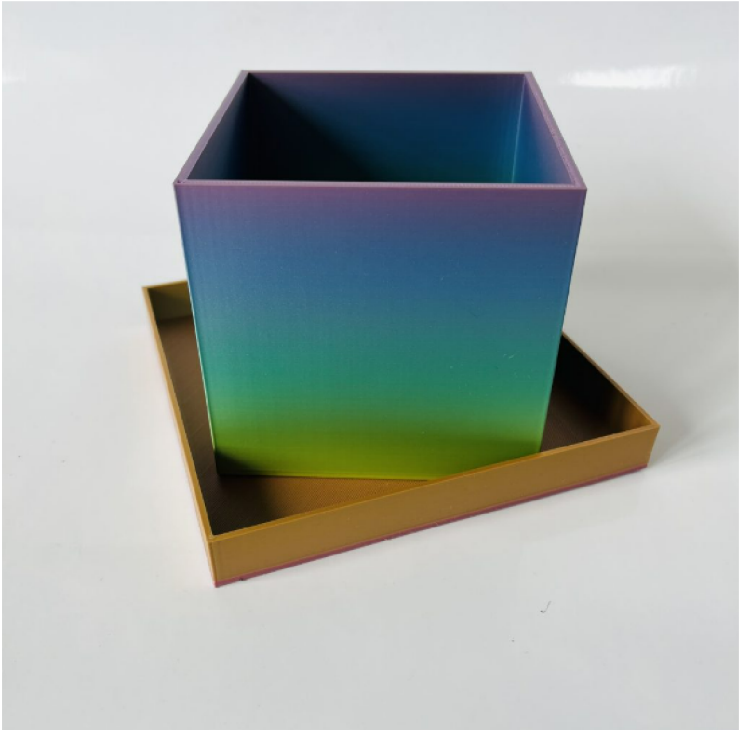
- Kompetence k učení.
- Kompetence komunikativní.
- Kompetence k řešení problémů.
- Kompetence sociální a personální.
- Kompetence občanské.
- Kompetence pracovní.

Zpětná vazba

Tato aktivita žáky velmi bavila. Legálně mohli pomalovat a polepit školu. Je dobré se s žáky před modelováním domluvit na znacích. Například zda krát bude prezentovat hvězdička na numerické klávesnici, tečka jak jsou zvyklí nebo krát jako znak x. Při práci s lepením vzorců je důležité ohlídat, zda jednotlivé vzorce jsou správně nalepené. Doporučuji si uchovat kousek filamentu nebo napsat použitou barvu, kdyby bylo potřeba dotisknout v budoucnu chybějící kus ve vzorci.

6.5 Jeden litr

Přesvědčte své žáky formou pokusu, že 1 litr se rovná 1 decimetru krychlovému.



Obrázek 6.5: Jeden litr

Metodické pokyny

- Model je vymodelovaný v programu Tinkercad.
- Vytiskněte následující model a případně nádobu pod model.
- Výsledek objemu vnitřní části modelu převeďte na decimetry krychlové.
- Přichystejte si odměrný válec, do kterého nalejte 1 litr vody a přelijte tuto vodu do modelu.
- Pro snazší vylití vody doporučuji pod model nádobu, která zachytí vodu při cestě k umyvadlu.

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

- Kompetence k učení.
- Kompetence komunikativní.
- Kompetence k řešení problémů.

Zpětná vazba

Při této jednoduché aktivitě jsem dosáhla tzv. wow efektu. Žákům byl pokus předveden v 5. třídě. Myslím, že si jej budou pamatovat velmi dlouho, možná celý život.

6.6 Robotka Zoe

Žáci upraví již stávající model robota podle své fantazie. Poté upraveného robota vytisknou, sestaví a naprogramují. Naučí se upravovat STL a modelovat v programu, ukládat G-CODE, obsluhu s tiskárnou. Robotka Zoe vám zůstane v učebně a můžete tak učit děti blokové programování zábavnou formou. Podrobné informace o robotce a návodu krok po kroku naleznete na stránkách *3dtisk-proskoly.cz*.

Obrázek 6.6: Robotka Zoe

Metodické pokyny

- Jednotlivé modely jsou upraveny v programu Tinkercad.
- Vytiskněte upravené modely na tiskárně.
- S pomocí stavebnice Arduino sestavte a naprogramujte robotku.

Klíčové kompetence, které při této aktivitě žák rozvíjí

- Kompetence k učení.

- Kompetence komunikativní.
- Kompetence k řešení problémů.
- Kompetence sociální a personální.
- Kompetence občanské.
- Kompetence pracovní.
- Kompetence digitální.

Zpětná vazba

Projekt byl realizován s žáky 2. stupně. Pomocí tohoto projektu se žáci naučili upravovat stávající 3D model, ukládat STL, G-CODE a základy programování. Zoe nám bude sloužit při výuce informatiky, kdy učíme žáky programovat. Pro mě osobně to byl jeden z nejdelších, ale nejlepších projektů, které jsem doposud realizovala.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo čtenáře seznámit s technologií 3D tisku. Zpracovali jsme historii technologie 3D tisku a jejího využití v průmyslu. Poté jsme se především soustředili na využití technologie 3D tisku na základní škole. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání se neustále mění na základě přezkumu a aktualizací, aby lépe odpovídal současným trendům a potřebám společnosti a studentů. Proto není vyloučeno, že by technologie 3D tisku mohla být zahrnuta do vzdělávacích plánů a podporována jako užitečný nástroj pro výuku.

Zaměřili jsme se na bezplatné softwary, které jsme porovnali, zda jsou na základní škole vhodné a pro jaký stupeň jsou softwary vhodné. Na 1. stupeň doporučujeme programy Tinkercad a SketchUp. Jedná se o uživatelsky přívětivé nástroje pro 3D navrhování a modelování. Žákům softwary umožňují rychle a snadno vytvářet 3D návrhy a modely bez předchozích znalostí nebo zkušeností. Na 2. stupeň jsme zařadili programy Blender, Onshape, Meshmixer, Fusion 360, FreeCAD. Tyto programy mají složitější rozhraní, které se neobejde bez předešlých zkušeností s modelováním. Poslední zkoumaný program OpenSCAD jsme zařadili na 3. stupeň základní školy, neboť vyžaduje nejen znalosti v oblasti modelování, ale také v oblasti programování, neboť se modely v tomto programu vytvářejí pomocí psaní kódů.

Krok po kroku jsme v každém programu vytvořili 3D model duté krychle, 3D model dutého kvádru a 3D model dutého válce. Při modelování jsme se soustředili na dvě oblasti. První oblast byla přesnost softwaru. Dle toho jsme programy zařadili do skupiny vhodnějších pro sculping nebo pro 3D CAD modeling. Druhou oblastí byla přehlednost prostředí programu a podle tohoto kritéria jsme software zařadili do stupně základní školy. Při modelování každého objektu jsme zaznamenávali postup krok po kroku. Čtenáři tak nabízíme návody v každém softwaru, které mají usnadnit seznamování se v daném prostředí programu, po jehož absolvování čtenář získává základní dovednosti v programu, které může dal prohlubovat.

Čtenáři bylo taktéž představeno pět výzkumných předpokladů, které jsme si předem stanovili a jež se nám podařilo v diplomové práci ověřit formou dotazníkového šetření. **Předpoklad 1**, kde tvrdíme, že pedagogové na 2. stupni základní školy nejčastěji volí pro výuku technologie 3D tisku software Tinkercad, se nám potvrdil. Tento program je pro začátečníky uživatelsky přívětivý nástroj pro 3D navrhnování a modelování. **Předpoklad 2**, kde se domníváme, že školy pro výuku technologie 3D tisku používají bezplatné softwary, se také potvrdil. Celkem 94,8 % škol modeluje v programech, které jsou bezplatné. Tento výsledek se nám potvrzuje také v dalších odpovědích dotazníkového šetření. **Předpoklad 3**, kde tvrdíme, že technologii 3D tisku lze zařadit do nejrůžnějších oblastí technické výchovy a nejen

výchovy, se nám z výsledků dotazníkové šetření rovněž potvrdil. **Předpoklad 4** se na základě dotazníku nepotvrdil. Z nedostatečného množství odpovědí nelze potvrdit náš předpoklad, že je nedostatek pedagogických pracovníků, kteří by technologii 3D představovali žákům. Z výsledných odpovědí potvrzujeme **Předpoklad 5**, že by pedagogové uvítali webové stránky, které by v dostatečné míře představily technologii 3D tisku, porovnaly různé softwary, které jsou k dispozici zdarma, ve kterých by našli pedagogové podrobné návody krok po kroku, a poskytly tak prvotní seznámení se softwary, na které lze navázat a zkušenosti s modelovám poté prohlubovat.

Na základě tohoto předpokladu vznikly www stránky *3dtisk-proskoly.cz*, které jsou naplněny poznatky z této práce. Na stránkách jsou dále umístěny šablony objektů s pracovními listy, které lze využít k výuce společně s modely. Tyto pracovní listy lze stáhnout, objekty vytiskout a obohatit tak výuku na dané téma nebo se blíže s touto technologií seznámit. Stránky mají za cíl usnadnit čtenáři studium technologií 3D tisku, poskytnout základní orientaci v bezplatných programech a na základě těchto zkušeností v softwarech dále své vědomosti prohlubovat. Stránky budou dále doplňovány a aktualizovány.

Díky odpovědím v dotazníku jsme objevili webový software **Doodle 3D Transform**, který pedagogové ve svých hodinách při seznamování s technologií 3D tisku také používají. Tato webová aplikace je dostupná na stránce *doodle3d.com*. Blíže jsme se s tímto programem seznámili. Jedná se o velmi jednoduchý, intuitivní program, který bychom zařadili na 1. stupeň základní školy. Bližší informace umístíme na www stránky *3dtisk-proskoly.cz*.

Ze závěru tohoto šetření vyplývá, že základní školy seznamují své žáky na 1. i 2. stupni s technologií 3D tisku prostřednictvím softwaru Tinkercad a tato technologie je vyučována v různých předmětech základní školy. Dále ve výuce základní školy nejčastějí využívají softwary, které jsou bezplatné.

Z našeho posledního předpokladu se potvrzuje, že by pedagogové uvítali www stránku, která by poskytla na jednom místě dostatečné informace o technologii 3D tisku ve výuce, kterou díky této diplomové práci předkládáme. Jsou dostupné na adrese *3dtisk-proskoly*.

S neustálým rozvojem technologie 3D tisku očekáváme také vývoj nových a vylepšených 3D softwarů, které budou lépe využívat možností, které 3D tisk nabízí. Jsme si vědomi, že technologický pokrok a nové vývojové postupy přinášejí neustálé inovace a aktualizace v softwarech. Co je dnes navrženo za nejnovější a moderní, zítra může být překonáno novými technologiemi a přístupy. Tyto nové softwary by mohly zahrnovat například algoritmy pro automatické generování geometrických tvarů, nástroje pro vylepšení detailů a rozlišení tisků, nebo nástroje pro správu a řízení tiskových úloh. Další vylepšení by se mohla týkat také možností pracovat s novými materiály nebo využívat pokročilé výrobní technologie, jako je nanotechnologie nebo mikrotisk.

3D tisk v budoucnu najde jistě své uplatnění v mnoha odvětvích, a proto je dobré děti s touto technologií seznamovat.

Literatura

[1] *https://www.fs.cvut.cz/ostatni/sekce-3dtisk/3dtisk/moznosti-3dtisk/historie-3d-tisk/*

[2] *2. http://www.ahasweb.cz/2012/20120203.htm.*

[3] *https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034.*

[4] REDWOOD, Ben, Filemon SCHÖFFER a Brian GARRET: *The 3D printing handbook: technologies, design and applications.*, Amsterdam: 3D Hubs, [2017]. ISBN 978-90-827485-0-5.

[5] *is.muni.cz/el/ped/jaro2021/TI9009/111101390/zaklady-3d-tisku.pdf.*

[6] *Ahmad I, Al-Harbi F. 3D printing in dentistry – 2019/2020. 1st ed. Quintessence Publishing; 2019.*

[7] *https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-stomatologie/2021-2-12/souhrn-poznatku-o-3d-tisku-a-jeho-vyuziti-v-zubnim-lekarstvi-127293*

[8] *https://core.ac.uk/download/pdf/30284914.pdf*

[9] *https://osel.cz/*

[10] *https://www.3dsourced.com/*

[11] *https://all3dp.com/topic/3d-printshow/*

[12] KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. *Začínáme s 3D tiskem.* Přeložil Jakub GONER. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.

[13] *https://www.prusa3d.com/cs/*

[14] *https://is.muni.cz/el/ped/jaro2021/TI9009/111101390/zaklady-3d-tisku.pdf*

[15] *https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/80432/CoubalM/AutomatickeTestovaci/LH/2022.pdf?sequence=1*

[16] *www.tinkercad.com*

[17] *www.sketchup.com*

[18] *www.blender.org*

[19] *www.onshape.com*

[20] *www.geogebra.org*

[21] *www.freecadweb.org*

[22] *www.openscad.org*

[23] *www.meshmixer.com*

[24] *www.autodesk.com*

[25] *www.cobod.com*

[26] *https://fs.cvut.cz/aktuality/1823-212/prvni-ceska-3d-tiskarna-budov-aneb-vytisknete-si-dum-dle-vasich-predstav/*

[27] *https://www.podzimek3d.cz/*