

# Funkční prototyp vodítka řetězu

Filip Jurka

---

Bakalářská práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Filip Jurka**  
Osobní číslo: **T20290**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Funkční prototyp vodítka řetězu**

## Zásady pro vypracování

1. teoretická studie na dané téma
2. návrh prototypu vodítka řetězu
3. průzkum trhu a porovnání parametrů
4. optimalizace prototypu a výroba
5. ověření funkčnosti

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

Seznam doporučené literatury:

SILVA, Vítor Dias da. *Mechanics and strength of materials*. Berlin: Springer, c2006, xvi, 529 s. ISBN 3540251316. Dostupné také z: <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0663/2005932746-d.html>

GEBHARDT, Andreas a Jan-Steffen HÖTTER. *Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing*. Munich: Hanser Publishers, [2016], xx, 591 s. ISBN 9781569905821.

HADLAND, Tony; LESSING, Hans-Erhard. *Bicycle design: An illustrated history*. Mit Press, 2014.

MALPPAN, Gicky Jose; SUNNY, Tom. *A Review on Design Developments in Bicycle*. 2015.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

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

L.S.

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

Ve Zlíně dne 22. února 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou funkčního prototypu vodítka řetězu. Teoretická část je zaměřena na způsoby vedení řetězu, prototypování a následné metody výroby prototypu s popisem použitelných materiálů pro prototypování. V praktické části je provedena analýza trhu, zhotovení dvou variant prototypu, jejich výroba a ověření funkčnosti druhé varianty.

Klíčová slova: Vodítka řetězu, Prototypování, 3D tisk, Řetěz

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design and production of a functional prototype of a chain guide. The theoretical part is focused on the methods of chain guide, prototyping and subsequent methods of prototype production with a description of usable materials for prototyping. The practical part is a market analysis, making two variations of the prototype, their production and verification of the functionality of the second variation.

Keywords: Chain Guide, Prototyping, 3D Printing, Chain

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a čas věnovaný odborným konzultacím.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 PRINCIP ŘETĚZOVÝCH PŘEVODŮ .....</b>	<b>12</b>
1.1 TYPY ŘETĚZŮ .....	12
1.1.1 Válečkové řetězy .....	12
1.1.2 Dopravní řetězy .....	13
<b>2 VEDENÍ VÁLEČKOVÝCH ŘETĚZŮ .....</b>	<b>15</b>
2.1 VEDENÍ VÁLEČKOVÝCH ŘETĚZŮ V PRŮMYSLU.....	15
2.2 VEDENÍ VÁLEČKOVÝCH ŘETĚZŮ V CYKLISTICE .....	15
2.2.1 Převodník typu narrow wide .....	16
2.3.1 Bashguard.....	17
2.3.2 Napínací kladka.....	17
<b>3 TYPIZOVANÉ UCHYCENÍ VODÍTKA ŘETĚZU K RÁMU KOLA.....</b>	<b>18</b>
3.1 ISCG.....	18
3.2 ISCG-05 .....	18
3.3 DALŠÍ TYPY UCHYCENÍ.....	19
3.3.1 E-typ uchycení.....	19
3.3.2 D-typ uchycení .....	19
3.3.3 BB-mount uchycení.....	20
<b>4 PROTOTYPOVÁNÍ .....</b>	<b>21</b>
4.1 KATEGORIE PROTOTYPŮ.....	21
4.1.1 Prototyp pro ověření konceptu .....	21
4.1.2 Vizuální prototyp.....	21
4.1.3 Funkční prototyp .....	21
4.1.4 Prototyp pro odzkoušení koncových uživatelů .....	21
4.1.5 Finální prototyp .....	22
4.2 VÝHODY PROTOTYPOVÁNÍ .....	22
4.3 NEVÝHODY PROTOTYPOVÁNÍ.....	22
<b>5 ZPŮSOBY VÝROBY PROTOTYPU.....</b>	<b>23</b>
5.1 FRÉZOVÁNÍ.....	23
5.1.1 Řezný pohyb.....	23
5.2 SOUSTRUŽENÍ.....	23
5.2.1 Řezný pohyb.....	24
5.3 RAPID PROTOTYPING .....	24
<b>6 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO RAPID PROTOTYPING.....</b>	<b>26</b>
6.1 TECHNOLOGIE SLA.....	26

6.2	TECHNOLOGIE MJF .....	27
6.3	TECHNOLOGIE SLS .....	28
6.4	TECHNOLOGIE SLM .....	29
6.5	TECHNOLOGIE FDM.....	30
6.6	CNC OBRÁBĚNÍ.....	31
<b>7</b>	<b>MATERIÁLY PRO PROTOTYPOVÁNÍ .....</b>	<b>33</b>
7.1	MATERIÁLY PRO OBRÁBĚNÉ PROTOTYPY .....	33
7.2	MATERIÁLY PRO 3D TIŠTĚNÉ DÍLY .....	33
7.2.1	Materiály pro FDM tisk.....	33
7.2.2	Materiály pro tisk z práškových materiálů.....	33
7.2.3	Materiály pro tisk z fotopolymerní pryskyřice.....	34
<b>8</b>	<b>CAD/CAM SYSTÉMY .....</b>	<b>35</b>
8.1	CAD SYSTÉMY .....	35
8.2	CAM SYSTÉMY .....	35
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>37</b>
	<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>39</b>
<b>12</b>	<b>PRŮZKUM TRHU.....</b>	<b>42</b>
12.1	MANOBIKE EN TOP MINI ISCG05 .....	42
12.2	ETHIRTEEN TRS RACE SL CHAINGUIDE .....	43
12.3	ONEUP ISCG 05 Top V2.....	43
12.4	SHRnutí PRŮZKUMU TRHU .....	44
12.5	POŽADAVKY AUTORA NA KONSTRUKCI VODÍTKA ŘETĚZU .....	44
13.1	PRŮMĚRY PŘEVODNÍKŮ.....	45
13.2	ŠÍŘKY VÁLEČKOVÝCH ŘETĚZŮ PRO JÍZDNÍ KOLA.....	45
13.3	POSUNUTÍ (OFFSET) PŘEVODNÍKŮ.....	45
13.4	ROZMĚRY UCHYCENÍ TYPU ISCG-05 .....	46
<b>14</b>	<b>VOLBA SOFTWARE.....</b>	<b>47</b>
14.1	VOLBA CAD/CAM SOFTWARE.....	47
14.2	VOLBA SOFTWARE PRO 3D TISK.....	47
<b>15</b>	<b>NÁVRH KONSTRUKCE PRVNÍ VARIANTY.....</b>	<b>48</b>
15.1	VÝROBA PRVNÍ VARIANTY .....	51
15.2	SESTAVENÍ PRVNÍ VARIANTY.....	56
15.3	VÝSLEDKY A ZHODNOCENÍ PRVNÍ VARIANTY VODÍTKA ŘETĚZU .....	58
<b>16</b>	<b>NÁVRH KONSTRUKCE DRUHÉ VARIANTY.....</b>	<b>59</b>
16.1	VÝROBA DRUHÉ VARIANTY .....	62



16.2	SESTAVENÍ DRUHÉ VARIANTY .....	63
16.3	VÝSLEDKY A ZHODNOCENÍ DRUHÉ VARIANTY .....	64
<b>17</b>	<b>OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI VODÍTKA ŘETĚZU V REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH .....</b>	<b>65</b>
17.1	MONTÁŽ.....	65
17.2	OVĚŘENÍ KONCEPTU .....	65
17.3	ZÁVĚR TESTOVÁNÍ .....	65
<b>18</b>	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>67</b>
18.1	SHRnutí VÝSLEDKŮ PRVNÍ VARIANTY .....	67
18.2	SHRnutí VÝSLEDKŮ DRUHÉ VARIANTY .....	69
18.3	DALŠÍ MOŽNOSTI VÝROBY PROTOTYPU .....	71
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>82</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>83</b>

## ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí a výrobou funkčního prototypu vodítka řetězu pro jednopřevodníková jízdní kola. Tato komponenta usazena na rámu jízdního kola a slouží k zabránění pádu řetězu z převodníku. Nejčastěji k pádu řetězu dochází při jízdě náročným terénem, který obsahuje například kameny či kořeny. Při průjezdu takovým terénem dochází k nárazům, které mohou rozkmitat řetěz a přivodit jeho spadnutí z převodníku.

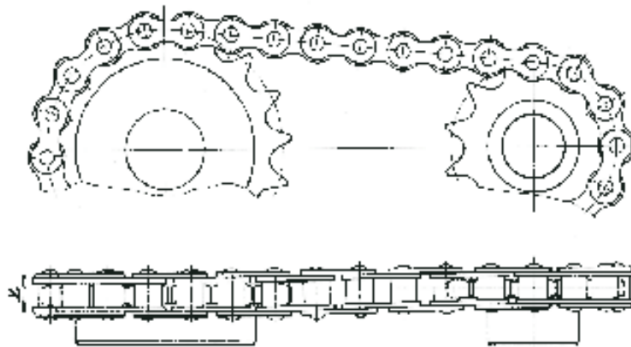
Tento problém je v dnešní době řešen převodníky typu narrow wide, který se odlišuje od jiných převodníků střídáním tloušťky zubů, které přesně zapadají do mezer článků řetězu. Díky tomuto drží řetěz na převodníku podstatně lépe a je tímto snížena šance na jeho spadnutí. Výrobci jízdních kol i přes funkčnost převodníku narrow wide doplňují do výbavy kola i již zmíněné vodítka řetězu, a to kvůli minimalizaci rizika spadnutí řetězu například při jízdě v závodě, díky čemuž může u závodníka dojít ke zkreslenému výsledku skrze již zmíněné spadnutí řetězu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PRINCIP ŘETĚZOVÝCH PŘEVODŮ

Podstata řetězových převodů, spočívá v přenosu obvodové síly pomocí tahu z hnacího řetězového kola na kolo hnané. Tažným členem je řetěz, jehož články zapadají do řetězového kola. Řetězové převody mohou mít při stejných osových vzdálenostech až 4x větší životnost nežli převody řemenové, ale nižší než převody ozubenými koly, zároveň dokážou pracovat bez skluzů. [1]

Tyto převody jsou používány tam, kde není možno použít převod ozubenými koly kvůli velkým osovým vzdálenostem. Mezi nevýhody těchto převodů patří, hlučnost a nemožnost tlumit rázy. [1]



Obrázek 1 Řetězový převod [26]

## 1.1 Typy řetězů

### 1.1.1 Válečkové řetězy

Jedná se o nejpoužívanější typ kloubového řetězu. Nejvíce konstrukčně podobné jsou si s řetězy pouzdrovými tzv. transmisní. Nevýhoda pouzdrových oproti válečkovým pramení v chybějícím válečku, načež vede k většímu opotřebení. Konstrukční řešení válečkového spočívá v soustavě vnitřních a vnějších článků. Pro snížení působení třecích sil řetězu s řetězovým kolem je pouzdro skryto v pohyblivém válečku. Tyto řetězy se z pravidla vyrábějí v sudém počtu článků, kvůli stejnému počtu vnitřních a vnějších článků. [2]

Mimo jednořadé válečkové řetězy (simplex), se vyrábějí i řetězy dvouřadé (duplex) a třířadé (triplex). Pro víceřadé řetězy najdeme využití pro přenos větších výkonů a pro větší obvodové rychlosti. [2]



Obrázek 2 Válečkový řetěz jednořadý [27]

### 1.1.2 Dopravní řetězy

Jsou určeny pro dopravu materiálu například u dopravníků, montážních pásů atd. Mezi jejich předností patří vysoký výkon, odolnost proti přetržení, v podstatě bezúdržbové. Na tyto řetězy se většinou přidávají unášče. Dále tyto řetězy naleznou využití v potravinářském nebo chemickém průmyslu, proto se vyrábí s povrchovou úpravou. [3]



Obrázek 3 Dopravní řetěz [28]

### 1.1.3 Gallovy řetězy

Tyto řetězy se od ostatních liší zejména svým konstrukčním řešením. Skládá se z řady čepů, na které jsou nasunuty destičky, většinou dvě až tři řady, záleží, jak moc velké zatížení bude na řetěz působit. Destičky se vyrábí v osmičkovém nebo rovném tvaru, dokážou se na čepu volně otáčet. [4]

K jištění destiček dochází pomocí rozkýtnutého čepu. Jako spojka řetězu je hladký čep rozpěrného válečku. Využití nalezneme v situacích k přenosu velké tažné síly, nehodí se ale pro velké obvodové rychlosti (stavidlové vrata u přehrad, výtahy, eskalátory). [4]



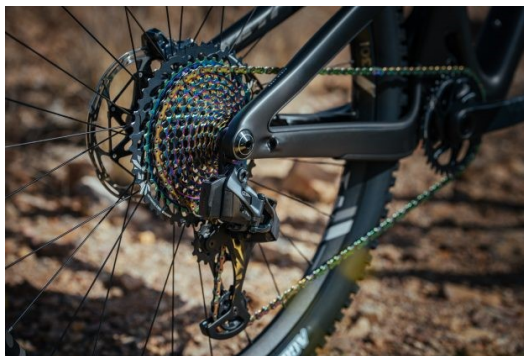
Obrázek 4 Gallův řetěz [29]

## 1.2 Využití řetězových převodů v cyklistice

Oproti velocipédům, kde byly kliky s pedály připevněny přímo ke kolu, z toho vyplývá, že jedno otočení klik okolo své osy se rovnalo jednomu otočení kola. Díky řetězovému převodu můžeme používat jízdní kola v podobě v jaké je známe dnes. Konkrétně nám dovoluje to, aby nemusel být cyklista přímo nad kolem, ale mezi dvěma koly. [5]

Díky těmto inovacím došlo k lepší ovladatelnosti jízdního kola a zároveň efektivnějšímu šlapání, tím pádem dokázalo jízdní kolo dosáhnout vyšších rychlostí než kdy předtím. Zároveň se tímto stalo jízdní kolo přístupnější i do komplikovanějších terénů.

Pro efektivnější rozjezdy a šlapání do strmého terénu se začaly přidávat další řetězová kola, díky kterým je možno s pomocí přehazovačky či přesmykače měnit převodový poměr a zvýšit efektivitu šlapání. [5]



Obrázek 5 Řetězový převod na jízdním kole [31]

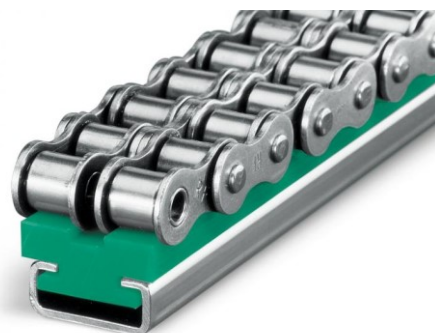
## 2 VEDENÍ VÁLEČKOVÝCH ŘETĚZŮ

V určitých situacích, jak v průmyslu, tak i v cyklistice, je nutné použít vedení řetězu, například k zabránění jeho spadnutí, nebo k zajištění správné funkčnosti celého mechanismu.

### 2.1 Vedení válečkových řetězů v průmyslu

V průmyslu je vedení válečkových řetězů prováděno pomocí vysoce odolného plastu. Z pravidla se jedná o materiál s ultra vysokou molekulovou hmotností jako je například PE - 100, nebo regenerát PE - 55. Využitelnost vedení řetězu nalezneme například ve sklářském, keramickém nebo potravinářském průmyslu. Toto řešení snižuje tření, opotřebení řetězu, menší nároky na mazání, tlumení vibrací a celkově zvyšuje životnost řetězu.

Profily pro vedení řetězu se z pravidla dodávají samostatně, s „C-profil“y, které jsou buďto ocelové s povrchovou úpravou (nejčastěji pozinkované), nebo nerezové. Nejčastěji v délkách 2-3 m. [6]



Obrázek 6 Vedení řetězu typ CT-Duplex [30]

### 2.2 Vedení válečkových řetězů v cyklistice

S příchodem možnosti měnit převodový poměr pomocí přehazovačky a sady řetězových kol umístěných na zadním náboji tzv. kazety. Proto bylo nutné zvýšit počet článků řetězu, kvůli bezproblémovému nabíhání řetězu na jakýkoliv převod. Díky tomuto se stal řetěz náchylným na padání z převodníku. Další příčina padání řetězu bývá z pravidla agresivní jízdou ve velice technicky náročném terénu. [5], [7]

Nejvíce tradičním prostředkem pro vedení řetězu je tzv. „vodítko řetězu“, které je připevněno nejčastěji na předem připravené úchyty v rámu kola. Úkolem tohoto vedení

je udržet řetěz v jedné rovině i při působení vnějších vlivů jako jsou rázy, vibrace atd. Je nutné zdůraznit, že tento způsob vedení je nutný pouze u jízdních kol s jedním převodníkem, který je usazen v oblasti klik. U kol s více převodníky, úlohu vedení řetězu koná tzv. přesmykač. Pro vyšší účinnost celého systému je doporučeno použít převodník typu narrow wide. U dvanácti rychlostních převodů, toto doporučení od výrobců platí nejvíce, kvůli velkému křížení řetězu vzhledem na počet stupňů převodů. [5], [7]



Obrázek 7 Vedení řetězu na jízdním kole [33]

### 2.2.1 Převodník typu narrow wide

Pojem narrow wide popisuje tvar a profil jednotlivých zubů, který pohání řetěz. Každý zub střídá svou tloušťku, z široké do tloušťky úzké. Díky tomuto řetěz hladce zapadá do převodníku. Tento profil zubu zabraňuje pohybu řetězu do stran a zároveň jeho spadnutí z převodníku. [8]



Obrázek 8 Převodník typu narrow wide [34]

## 2.3 Přídavné komponenty na vodítko řetězu

Velkou výhodou vodítek řetězu, je možnost montáže dalších komponent. [7]



### 2.3.1 Bashguard

Jinými slovy taky ochranný kryt. Tento kryt je upnut na těle vodítka a umístěn za převodníkem. Slouží k ochraně řetězu a převodníku před nárazy zejména ze spodní části kola. Převodník s řetězem bývají z pravidla jako první na ráně s kameny a různými předměty, které vyvaluje přední kolo. Dále bashguard nalezne své využití při výjezdech ve skalách nebo přejezdech přes klády stromů. Lze jej použít pouze jako samostatný díl bez nutnosti použití vodítka řetězu. Tato komponenta se nejvíce využívá v disciplínách jako je například downhill, cross country, trial, enduro [7]



Obrázek 9 Bashguard firmy 77designz [35]

### 2.3.2 Napínací kladka

Tento díl slouží k napínání řetězu ve spodní části převodníku. Má za úkol snížit šanci spadnutí řetězu z převodníku. Jako napínací element je pouzdro, ve kterém je umístěn váleček nebo malé řetězové kolečko, k otáčení elementu dopomáhá ložisko. Další výhodou tohoto dílu, je utišení celého systému včetně mlácení řetězu o rám kola při jízdě přes technicky náročný terén. Pro využití napínací kladky je nutné mít uzpůsobenou architekturu upínacího rámu vodítka řetězu. Velkou oblibu toho dílu lze nalézt zejména v downhillových disciplínách. [9]

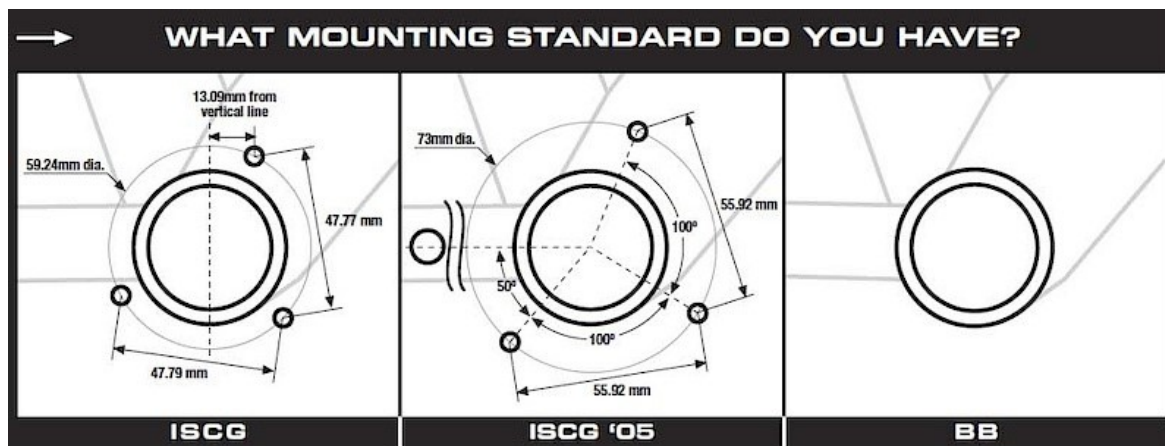


Obrázek 10 Napínací kladka [36]

### 3 TYPIZOVANÉ UCHYCENÍ VODÍTKA ŘETĚZU K RÁMU KOLA

Než existovaly typizované uchytení ISCG, byly tři možnosti, jak namontovat vodítko řetězu na kolo. První možnost byla upnutí rámu vodítka řetězu ke středovému složení. Druhá možnost vedla doslova k přivaření rámu vodítka řetězu k rámu kola. Třetí možnost byla mít předem od výrobce atypický a z pravidla patentovaný systém pro upínání vodítka řetězu k rámu kola. [9]

V roce 1999 se společnost MRP spojila se společností Mr. Dirt a vytvořili mezinárodní standardní držák na vedení řetězu tzv. ISCG (International Standard Chain Guide). Skládá se ze tří závitových otvorů, které jsou uspořádány kolem středového složení. [9]



Obrázek 11 Typizované uchytení vodítka řetězu k rámu [37]

#### 3.1 ISCG

Jedná se o první standard ISCG, který začali výrobci využívat na svých rámech kol od roku 2000. Dnes uchytení ISCG můžeme nalézt pod názvy ISCG-old nebo ISCG-03. V dnešní době se tento typ uchytení tak často nepoužívá. [9]

#### 3.2 ISCG-05

Zhruba o pět let později po zavedení standardu ISCG, byl vyvíjen tlak od výrobců na úpravy tohoto uchytení. Konkrétně se jednalo o zvětšení roztečné kružnice, již zmiňovaných třech otvorů z průměru 59,2 mm na průměr 73 mm. Důvod zvětšení pramenil zejména kvůli větším středovým složením. Proto byl vytvořen nový standard s názvem ISCG-05, označení „05“ je pro rok vydání, tedy rok 2005. [9]

### 3.3 Další typy uchycení

#### 3.3.1 E-typ uchycení

Princip uchycení spočívá v uchycení pomocí dvou šroubů k naváčkám, které jsou umístěné na sedlové trubce. Tento princip uchycení je nejvíce využíván zejména u jízdnicích kol pro disciplíny jako je například cross country. Výhodou tohoto uchycení, je minimalistický vzhled a nízká váha. Mezi nevýhody patří ne příliš variabilní polohovatelnost vodítka.



Obrázek 12 E-typ uchycení vodítka řetězu [38]

#### 3.3.2 D-typ uchycení

Zde je uchycení taktéž prováděno pomocí šroubu, který je upevněn na naváčku na sedlové trubce místo přesmykače. Výhoda je přesné a rychlé upnutí ramínka s vodítkem. Nevýhoda je omezená polohovatelnost či natočení vodítka vůči převodníku.



Obrázek 13 D-typ uchycení vodítka řetězu [39]

### 3.3.3 BB-mount uchycení

Bottom Bracket neboli uchycení pod misky s ložisky středového složení, prakticky se jedná o stejný princip jako u uchycení ISCG akorát s absencí šroubů. Nelze použít u středového složení typu PressFit kvůli nedostatečnému dopnutí plastových misek a u typu BB30 kvůli úplné absenci misek, jelikož zde jsou ložiska nalisována přímo do rámu

## 4 PROTOTYPOVÁNÍ

Jedná se o experimentální proces, u kterého návrháři implementují nápady do hmatatelných forem, aby zachytili koncept návrhu a otestovali je na uživatelích. Díky prototypování je možné vylepšit a ověřit své návrhy. [11]

Prototyp může být cokoliv od skici na papíru, až po fyzický produkt, který je schopen funkčnosti. [12] Prototypy zároveň poskytují informace o vhodnosti použitého materiálu, finančních nákladech pro výrobu. Je možno díky nim získat zpětnou vazbu od zainteresované strany, jako jsou například distributoři, zákazníci, maloobchodníci atd. [13]

### 4.1 Kategorie prototypů

Existuje několik kategorií prototypů, které nám poskytují odezvu během různých fází výroby. Každá kategorie má jinou funkci a vzhled. Každý prototyp se může lišit jak vzhledem, měřítkem nebo použitým materiálem, než je zamýšleno u hotového výrobku. [13]

#### 4.1.1 Prototyp pro ověření konceptu

Tato kategorie testuje funkci návrhu produktu, také nám pomáhá identifikovat, kde bude nutný další vývoj nebo testování. Je zde zkoumáno, zda materiály a produkt fungují tak, jak by měly. Výhodou této kategorie je, že umožňuje provádět změny návrhu před zahájením výrobního procesu. [13]

#### 4.1.2 Vizualní prototyp

Tento prototyp, ukazuje velikost a vzhled hotového výrobku, neukazuje však jeho plnou funkčnost. Vizualní prototyp nalezne využití zejména v marketingu, například pro balení nebo reklamy. [13]

#### 4.1.3 Funkční prototyp

Poskytuje funkčnost hotového výrobku, nikoliv finální vzhled návrhu. Tento prototyp určuje, jestli bude konečný produkt fungovat tak, jak bylo původně zamýšleno. V této kategorii je možno změnit design a vylepšit funkčnost prototypu. [13]

#### 4.1.4 Prototyp pro odzkoušení koncových uživatelů

Tento druh prototypu se dostatečně blíží jak funkčně, tak i vzhledově finálnímu produktu. Díky tomu je ho možno použít pro výzkum testování u koncových uživatelů.

Spotřebitelským testováním lze určit, jestli je produkt u koncového uživatele přívětivý a uspokojivý, následně lze také sledovat, jak bude koncový uživatel s produktem interagovat. Tyto data z prototypového výzkumu lze využít pro zlepšení produktu. [13]

#### **4.1.5 Finální prototyp**

Funkční prototyp má úplný vzhled a funkčnost konečného produktu. Kvůli úspoře na výrobních nákladech, může být vyroben z jiných materiálů a pomocí rozdílných technologických procesů než finální produkt. Pokud je to nutné, tak funkční prototyp lze vyrobit i v jiném měřítku. [13]

### **4.2 Výhody prototypování**

Výhod prototypování je spousta a může se využívat v podstatě v jakémkoliv odvětví. Patří zde například:

- odhalení konstrukčních problémů,
- odhad výrobních nákladů, dobu výroby, požadavky na vhodné materiály,
- určení správného technologického procesu výroby,
- testování pro zjištění vad a trvanlivosti produktu,
- získání zpětné vazby od koncových uživatelů,
- získání finančních prostředků a investorů pro následnou výrobu. [13]

### **4.3 Nevýhody prototypování**

Jednou z hlavních nevýhod jsou náklady na tvorbu prototypů. Ale díky metodě rapid prototyping je možné náklady pro vytvoření prototypu znatelně snížit. [13]

## 5 ZPŮSOBY VÝROBY PROTOTYPU

V dnešní technologicky pokročilé době, existuje obrovské množství různých výrobních metod pro výrobu prototypu. Díky tomuto lze snížit náklady a urychlit celý proces vývoje prototypu.

### 5.1 Frézování

Pomocí frézování je možné vytvářet přímkové, tvarové, nebo rovinné plochy a zároveň patří mezi způsoby třískového obrábění. Nástroj je nazýván fréza, která koná hlavní řezný pohyb svým otáčením. Posuvný stůl koná vedlejší pohyb. Posuvný stůl může konat pohyb přímočarý, rotační nebo po křivce po prostoru. [10]



Obrázek 14 Frézování

#### 5.1.1 Řezný pohyb

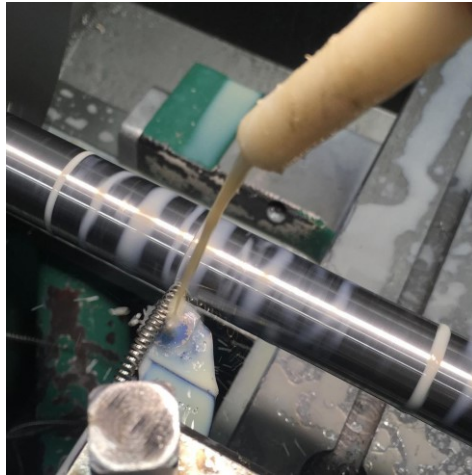
K přerušovanému řeznému procesu dochází při odebrání třísky, tzn. že, jednotlivé břity vstupují a vystupují z obráběného objektu. Rozeznáváme dva základní typy frézování: frézování čelem čelní frézy a frézování obvodem válcové frézy. [10]

Frézování čelem čelní frézy dochází k odebrání třísky na obvodě a čele frézy, kdežto při frézování válcovou frézou, dochází na obvodě nástroje pomocí břitů k odběru třísky. Rozlišujeme frézování sousledné a nesousledné, které je vztaženo na pohyb obrobku a nástroje. [10]

### 5.2 Soustružení

Soustružení patří k metodám třískového obrábění, díky které lze vytvářet rotační součásti. Pro odebrání materiálu slouží z pravidla jednobřitý nástroj. Tato technologie je považována

za jeden z nejprimitivnějších a zároveň za nejpoužívanějších způsobů třískového obrábění. [14]



Obrázek 15 Soustružení vnějšího průměru

### 5.2.1 Řezný pohyb

Za řeznou rychlost je brána rychlost otáčení a zároveň rotace obrobku je brána za hlavní řezný pohyb. Nástrojem je konán pohyb vedlejší a tento pohyb může být obecný nebo přímočarý. [14]

## 5.3 Rapid prototyping

Rapid prototyping neboli („rychlé prototypování“) jeho význam vyznačuje rychlé vytvoření prototypu, aby jej bylo možné vizuálně i funkčně vyhodnotit. Fyzická součást je vytvořena z dat CAD modelu pomocí různých výrobních technik. Tuto metodu je vhodné využít ve fázi vývoje produktu, prakticky pro jakékoliv komponenty. [15]

Na své oblíbenosti nabyla především u společností, které potřebují rychle vyvíjet a dodávat na trh nové produkty, kvůli možnosti konkurovat jiným společnostem na rychle se měnícím moderním spotřebitelském trhu. Díky všem zmiňovaným aspektům se rapid prototyping stává jedním z nejdůležitějších prvků pro vývoj nového produktu. [15]

Aplikace pro rapid prototyping:

- vizuální prototypy,
- funkční prototypy,
- prototypy výrobních nástrojů,
- výroba forem pro prototypy. [15]



Výhody rapid prototypingu:

- snížený čas pro dobu návrhu a vývoje,
- nízké náklady pro vývoj produktu,
- snížení rizika konstrukčních chyb. [15]

Nevýhody rapid prototypingu:

- nedostatečná přesnost,
- počáteční náklady,
- omezený sortiment materiálů. [15]

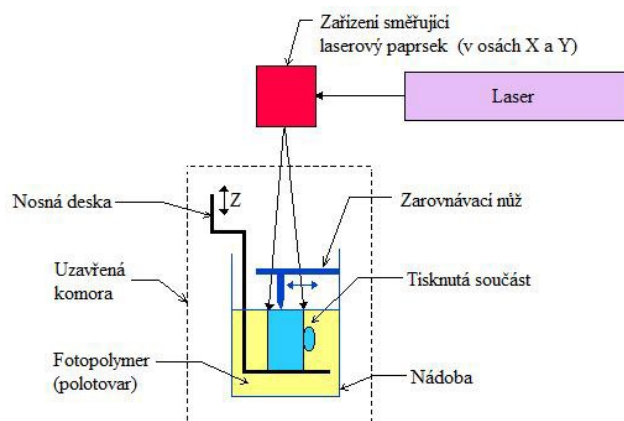
## 6 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO RAPID PROTOTYPING

Každá technologie pro rapid prototyping má svá úskalí a zároveň výhody oproti jiným technologiím. Výběr může záležet na rychlosti, finanční náročnosti, požadované mechanické vlastnosti, funkci, fázi vývoje prototypu atd. [15]

### 6.1 Technologie SLA

SLA technologie – stereolitografie se řadí do aditivního procesu výroby. Její princip spočívá ve vytváření fotopolymerní pryskyřice, vrstvu po vrstvě, pomocí ultrafialového laserového paprsku. Materiály používané v technologii SLA jsou fotosenzitivní termosetové polymery, které se dodávají v kapalném formě. Začátky této technologie sahají až do roku 1986, kdy došlo k jejímu patentování a stala se tímto první technologií 3D tisku. Tisknutelná výška této technologie se pohybuje mezi 25–100 mikrony. Přesnost tisku v osách X a Y se odvíjí od kvality zobrazovacího zařízení. [17]

Princip této technologie spočívá v umístění tiskové podložky do nádoby s kapalným fotopolymerem do jedné výšky vrstvy. UV laser vytvoří vrstvu selektivním vytvrzením a tuhnutím fotopolymerní pryskyřice. Laserový paprsek je zaostřen v předem určené dráze pomocí sady zrcadel, které se nazývají galvos. Následně je vytvrzená vrstva odtržena od separační folie a tisková podložka je posunuta o jednu výšku vrstvy. Po vytištění všech jednotlivých vrstev je třeba díl vyčistit od přebytečné pryskyřice, nejčastěji je pro tuto operaci využíván isopropanol. Následně je třeba ještě tento díl dodatečně vytvrdit pod UV světlem. Celý tento vytvářecí proces je nevratný a neexistuje způsob, jak převést vytvrzený polymer zpět do jeho kapalného formy. [17]



Obrázek 16 Schéma SLA 3D tisku [40]

Výhody SLA technologie:

- nízká cena,
- vysoká přesnost,
- dostupnost,
- rychlost tisku. [17]

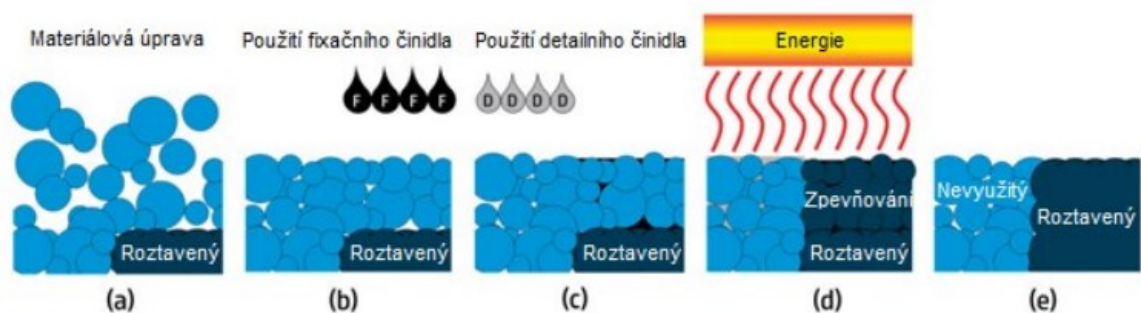
Nevýhody SLA technologie:

- nízká pevnost dílů ve srovnání s jinými technologiemi,
- postupem času se stává vytvrzená pryskyřice křehkou,
- nutné vytvrzení dílu po vytištění. [17]

## 6.2 Technologie MJF

MJF – Multi Jet Fusion technologie byla uvedena na trh v roce 2015 společností HP Additive. Princip spočívá v selektivnímu nanášení fixačních a detailingových činidel na nylonový prášek, který je následně roztaven topnými prvky do pevné vrstvy. Po skončení vytvrzení jedné vrstvy sjede tisková plocha o výšku jedné vrstvy směrem dolů a následně je rozmístěn po tiskové ploše nylonový prášek a celý proces se znovu opakuje, dokud díl není kompletní. [18], [19]

Po dokončení tisku je lože s práškem a výtisky přesune do zpracovatelské stanice, kde je prášek odsán integrovaným vakuem. Díly jsou následně otryskány kuličkami nebo mohou být otryskány i vodou, kvůli odstranění zbytkového prášku. Konečná operace spočívá v obarvení výtisku na černo, kvůli zlepšení kosmetickému vzhledu. [19]



Obrázek 17 Schéma MJF 3D tisku [41]

Výhody technologie MJF:

- vhodné pro namáhané díly,
- vysoce kvalitní povrch,
- rychlá produkce. [19]

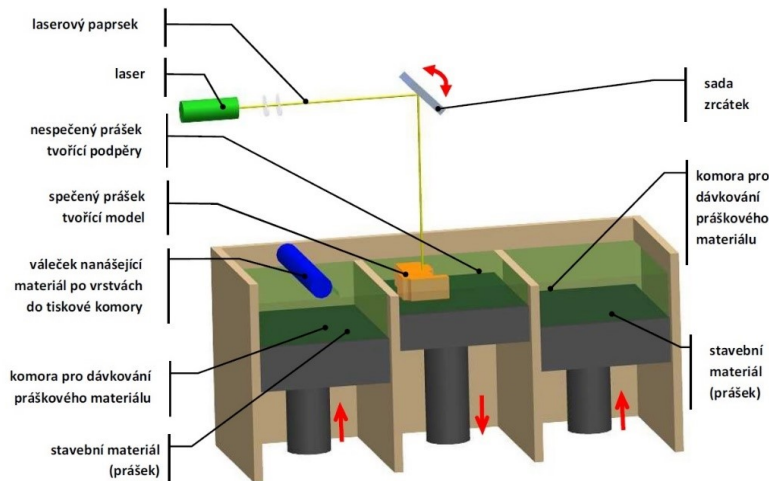
Nevýhody technologie MJF:

- pořizovací cena zařízení,
- kvalifikovanost obsluhy,
- cena materiálu pro tisk. [19]

### 6.3 Technologie SLS

Technologie SLS – Selektivní Laserové Slinování využívá vysokovýkonný laser ke spékání nylonového prášku do pevné struktury na základě CAD modelu. Princip tisku pomocí této metody spočívá v roznesení tenké vrstvy nylonového prášku na tiskové platformě. Prášek je přehříván pod bodem tání, následně laser přivede prášek přímo nebo těsně pod bod tání a speče jednotlivé částice, které vytvoří homogenní vrstvu tvořenou z jednotlivých částic. Tisková podložka je snížena o výšku jedné vrstvy níž. Celý proces se opakuje, dokud není díl kompletně vytisknut. Výška jedné vrstvy se pohybuje mezi 50–200 mikrony. [20]

Po vytištění se teplota uvnitř tiskárny musí ochladit, kvůli zajištění mechanických vlastností a zároveň zabránění deformaci dílů. Následně je díl očištěn od přebytečného prášku. Tento prášek je možné znovu využít. Použitím technologie SLS nejsou potřeba podpůrné struktury, jelikož prášek, který není nataven, funguje jako podpora dílu samotného. Díly vyrobené pomocí technologie SLS mají porovnatelné mechanické vlastnosti s díly vstříkovanými. [20]



Obrázek 18 Schéma SLS 3D tisku [42]

Výhody technologie SLS:

- velice dobré mechanické vlastnosti,
- produktivita,
- vysoká přesnost. [20]

Nevýhody technologie SLS:

- vysoké pořizovací náklady pro koupi tiskárny,
- kvalifikovanost obsluhy,
- nutná pravidelná údržba. [20]

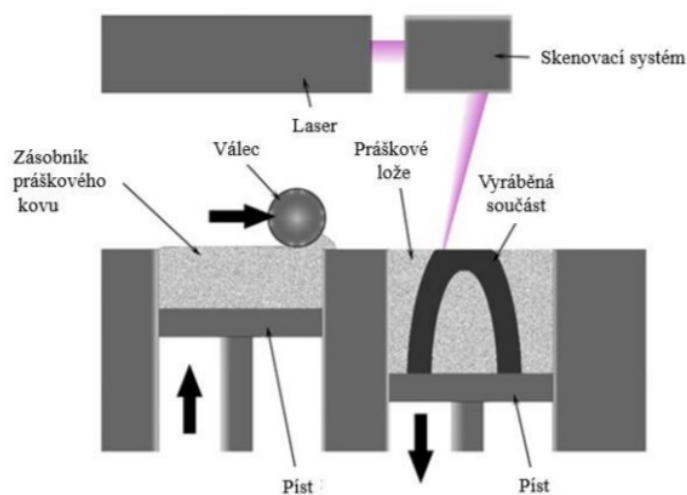
## 6.4 Technologie SLM

V principu je SLM technologie velice podobná technologii SLS, s rozdílem že u SLM technologie je prášek zcela roztaven. Díky tomuto dosáhneme jednotitého výtisku, který oplývá dobrými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Ve výsledku lze tyto výtisky využít jako funkční díly. Díky 3D tisku je možné vyrobit různorodé tvary, dutiny, které bychom klasickými konvekčními metodami třískového obrábění nebyli schopni dosáhnout.

Technologie SLM – Selective Laser Melting. Technologie 3D tisku zaměřena na tisk materiálů z kovu. V principu je SLM technologie velice podobná technologii SLS, s rozdílem že u SLM technologie je prášek zcela roztaven. Díky tomuto dosáhneme jednotitého výtisku, který oplývá dobrými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Ve

výsledku lze tyto výtisky využít jako funkční díly. Díky 3D tisku je možné vyrobit různorodé tvary, dutiny, které bychom klasickými konvekčními metodami třískového obrábění nebyli schopni dosáhnout.[21]

SLM technologie vyžaduje pro tisk speciální podmínky, proto musí být v tiskové komoře vytvořena ochranná atmosféra inertních plynů, jako je například argon nebo dusík. Roztavením kovového prášku dosáhneme laserem, který je řízen zrcadly. K tisku může být použit kovový prášek, jako například wolfram, měď, hliník, chirurgická ocel, kobalt, titan. [21]



Obrázek 19 Schéma SLM 3D tisku [44]

Výhody technologie SLM:

- menší poréznost oproti technologii SLS,
- výborné mechanické vlastnosti,
- tisk slitin. [21]

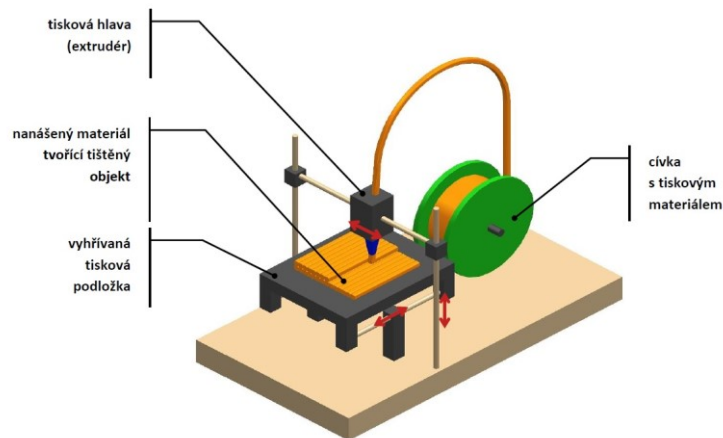
Nevýhody technologie SLM:

- lze tisknout jen z jednoho materiálu,
- vysoké pořizovací náklady na tiskárnu,
- nevhodné pro větší počet kusů. [21]

## 6.5 Technologie FDM

FDM technologie – Fused Deposition Modeling patří mezi nejrozšířenější metody 3D tisku. V principu technologie FDM funguje na roztavení tiskové struny v extrudéru, následně je

roztavená struna vytlačena tryskou a nanese na vyhřívanou tiskovou plochu, která je zároveň ovládána pomocí CNC řízenými motory, nejčastěji se jedná o krokové motory. Po nanesení vrstvy vyjede extrudér o výšku jedné vrstvy, která se pohybuje mezi 0,1–0,3 mm a proces se opakuje. Tisková struna je vyrobena z termoplastu, tudíž lze tisknout materiály jako PA, ABS, PLA. [16]



Obrázek 20 Schéma FDM 3D tisku [43]

Výhody FDM technologie:

- cena tiskárny,
- cena materiálu,
- produktivita. [16]

Nevýhody FDM technologie:

- nízká kvalita povrchu,
- nízká přesnost,
- malá pevnost dílů. [16]

## 6.6 CNC obrábění

CNC – Computer Numeric Control, v překladu Číslicově řízené stroje, se dají považovat jako nosný prvek pružné automatizace obráběcích metod. V porovnání s tradičními konvenčními metodami obrábění je řezný proces naprosto stejný, kromě průběhu procesu u CNC strojů, kde jsou hlavní informace o řezných podmínkách, směru, dráze vyjádřeny číslicově. Tyto informace jsou průběžně předávány stroji při spuštění programu.

Programování lze provádět přímo na stroji, jedná se tzv. dílenské programování, které je vhodné spíše pro jednoduché operace. Druhý způsob programování lze provádět pomocí CAM softwaru, který je vhodný pro programování komplexních a složitých tvarů. [14]

Výhody CNC obrábění:

- vysoká přesnost,
- obrovská škála materiálu,
- zachovány mechanické vlastnosti materiálu,
- produkce. [14]

Nevýhody CNC obrábění:

- kvalifikovaná obsluha,
- časově náročné,
- dražší než klasické obrábění. [14]



## 7 MATERIÁLY PRO PROTOTYPOVÁNÍ

Prototypy by měly co nejpřesněji reprezentovat výrobní položky, což znamená, že materiály jsou v ideálním případě stejné. Situaci výběru může zkomplikovat výrobní technologie prototypu, jelikož u některých výrobních technologií je omezená sorta použitelných materiálů. [24]

### 7.1 Materiály pro obráběné prototypy

Výběr materiálu pro obráběné prototypy není nijak zvlášť omezen a ve výsledku hodně univerzální, akorát je podmínka, aby byl materiál obrobitelný, takže se může jednat jak o kovové či nekovové materiály. Nejčastější materiály jsou například slitiny hliníku, čirý akryl, oceli, nerezové oceli, titan apod. Pokud se jedná o funkční prototyp, který je extrémně mechanicky, nebo tepelně namáhán, jsou používány slitiny jako například Nimonic, Inconel a Hastelloy. [24]

### 7.2 Materiály pro 3D tištěné díly

Materiály použitelné pro 3D tisk jsou v dnešní době velice rozmanité a prakticky lze nalézt vhodný druh materiálu pro daný prototyp. Pro 3D tisk je možné používat kovové i nekovové materiály. [25]

#### 7.2.1 Materiály pro FDM tisk

Ze všech surovin pro 3D tisk jsou nepoužívanější materiály pro FDM tisk, který je ve formě struny navinuté na cívce, z pravidla cívka má průměr 1,75 mm. Jsou dodávány v různých barevných škálách a druzích materiálů od pružných až po vysoce pevné. Mezi nepoužívanější materiály pro FDM tisk patří například PLA, ABS, PC. [25]

#### 7.2.2 Materiály pro tisk z práškových materiálů

Nejmodernější 3D tiskárny používají k tisku práškové materiály, který je následně roztaven pomocí laseru a vytvoří jednu homogenní vrstvu. Tyto prášky mohou být jak kovové, tak i nekovové. [25]

Mezi nejběžnější nekovové prášky patří PA, který je především používán u technologie, dále zde spadají nekovové prášky jako Alumide. Jedná se o směs hliníkového a nylonového prášku. Jako kovové prášky jsou dodávány materiály jako ocel, měď, Inconel 718, titan atd. [25]

### 7.2.3 Materiály pro tisk z fotopolymerní pryskyřice

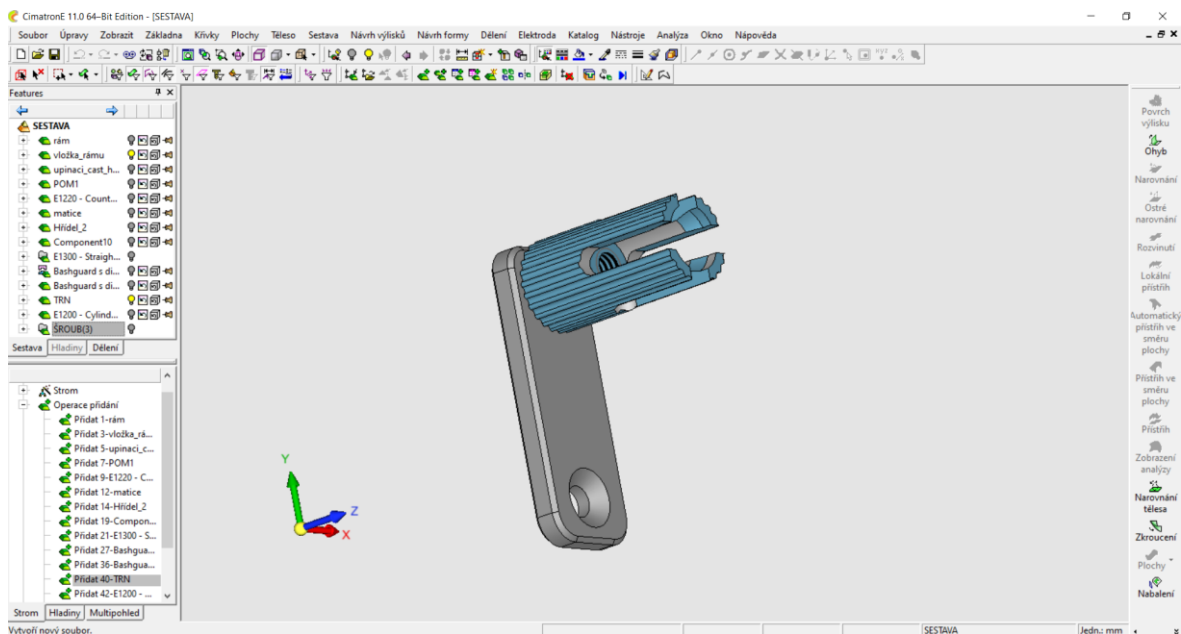
Patří mezi náročnější materiály na zpracování, co se týče 3D tisku. V porovnání s ostatními materiály pro jiné technologie 3D tisku nabízí pryskyřice omezenou šíři výběru vhodného materiálu. Pryskyřice nabývá svého konečného stavu vystavením UV zářením, které je prováděno po tisku. Pryskyřice jsou dodávány v kategoriích jako například vysoce detailní pryskyřice, transparentní pryskyřice, tvrdé pryskyřice, flexibilní pryskyřice, pryskyřice pro odlévání atd. [25]

## 8 CAD/CAM SYSTÉMY

V dnešní době patří CAD/CAM systémy k nedílné součásti strojírenství a díky nim se proces konstrukce a výroby rapidně zrychlil, což jde ruku v ruce se snížením nákladů pro návrh produktu, stroje či zařízení a jeho následnou výrobou.

### 8.1 CAD systémy

Computer – Aided Design (CAD), v překladu počítačem podporované kreslení. Jedná se o způsob vytváření digitálních 2D výkresů nebo 3D modelů, jednoduše nahrazuje ruční navrhování automatizovaným procesem. Pomocí CAD softwaru je možné vytvářet například součástky, které je možno různým způsobem upravovat, kontrolovat, simulovat, před tím, než jsou skutečně vyrobeny. Díky této možnosti lze vytvářet inovativní návrhy produktů, součástek atd. [22]



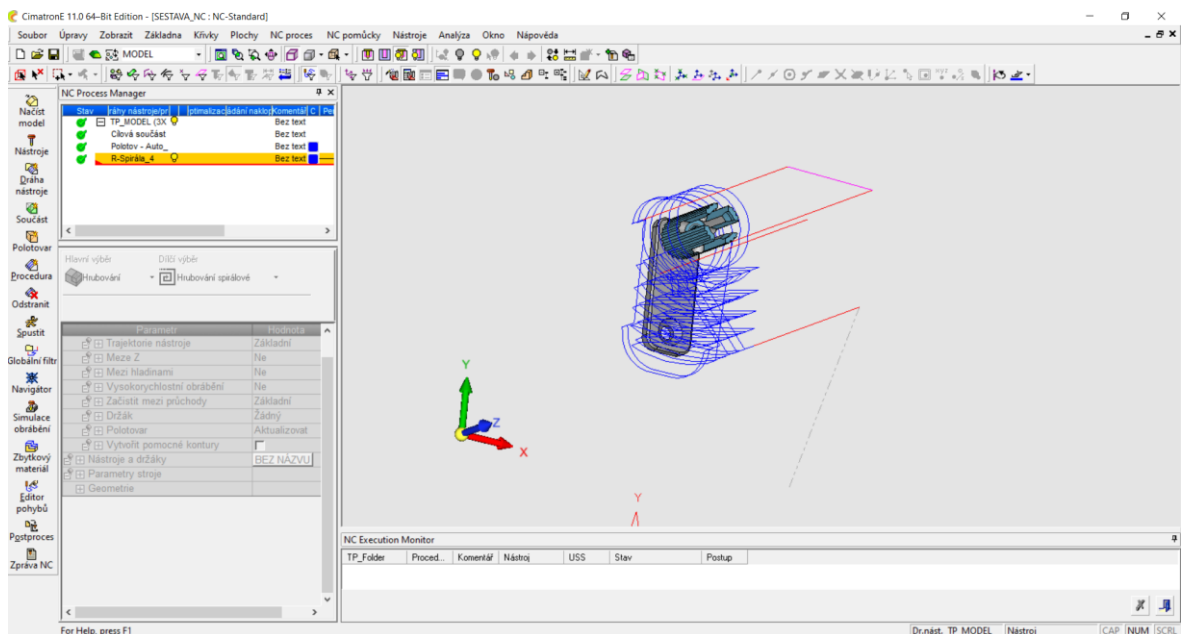
Obrázek 21 Modelovací prostředí CAD/CAM systému CimatronE 11

### 8.2 CAM systémy

Computer – Aided Manufacturing (CAM), neboli počítačem podporovaná výroba. Jedná se o výrobní metodu, která využívá počítačový software k vytváření výrobních procesů. Nástroj CAM využívá model vytvořený v CAD produktu, okolo kterého je schopen vytvořit dráhy nástroje. [23]

Prvořadým cílem CAM je vytvořit nové, nebo zlepšit stávající výrobní nastavení, aby se zvýšila efektivita výroby a zároveň snížila energetická náročnost. Pomocí CAM můžeme řídit procesy ovládané pomocí CNC strojů, které se řídí svým programovacím jazykem. [23]

Zavedení CAM bylo zlomovým bodem ve výrobním průmyslu, zahájila éru flexibilní automatizace od tehdejších pevných automatizačních systémů. CAM nachází využití v obrovském odvětví výrobního průmyslu, zejména letecký, automobilový průmysl nebo při výrobě komplikovaných ploch u jednoúčelových nástrojů, jako jsou například vstřikovací formy. [23]



Obrázek 22 Obráběcí prostředí CAD/CAM systému CimatronE 11

Výhody CAM systémů:

- rychlé a přesné,
- snižuje náklady,
- zvýšená kontrola nad výrobou. [23]

Nevýhody CAM systémů:

- pořizovací cena softwaru,
- kvalifikovaná pracovní síla. [23]

## 9 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V úvodu teoretické části byla popsány principy řetězů a řetězových kol a jejich využití v cyklistice, vedení řetězů v průmyslu a cyklistice. Dále byla věnována kapitola typizovaným uchycením vodítek řetězu k rámu jízdního kola. Následně bylo zmíněno prototypování, jeho druhy a kategorie. Následující kapitola pojednávala o metodách výroby prototypů. Dále byla věnována kapitola výrobním technologiím pro rapid prototyping, která navazovala na kapitolu, která pojednávala o materiálech, které se v těchto technologiích využívají, jejich výhody a nevýhody. Poslední kapitola je zaměřena na CAD a CAM systémy. Následně praktická část bud věnována průzkumu trhu, konstrukci vodítka řetězu, jeho výrobě a následném testování.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 10 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření funkčního prototypu vodítka řetězu. V prvotním kroku bude proveden průzkum trhu a porovnání parametrů již prodáváných vodítek řetězu. Druhým krokem bude konstrukce a výroba prototypu pomocí technologie 3D tisku. Následně bude tento vyrobený prototyp usazen na jízdní kolo k odzkoušení jeho funkčnosti a zjištění nedostatků. Díky těmto informacím bude prototyp optimalizován pro jeho maximální funkčnost a následně vyroben taktéž pomocí technologie 3D tisku. Posledním krokem se stane odzkoušení vodítka řetězu v reálných podmínkách.

## 11 POPIS JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ VODÍTKA ŘETĚZU

Mezi jednotlivé komponenty vodítka řetězu patří:

- vodítko: vede řetěz a brání mu v jeho spadnutí z převodníku viz. obrázek 23,
- výsuvná lišta: slouží k nastavení vodítka do ideální výšky vůči převodníku a řetězu viz. obrázek 23,
- vystřed'ovací podložky: vymezuje vodítko do boční strany na střed převodníku viz. obrázek 24,
- tělo: slouží k usazení na navářky a k upnutí vodítka nebo přidavných komponent viz. obrázek 23.



Obrázek 23 Popis sestavy vodítka řetězu [56]





Obrázek 24 Detailní pohled horní části vodítka řetězu [46]

## 12 PRŮZKUM TRHU

Pro průzkum trhu byly vybrány tři vodítka řetězu od různých výrobců, všechny jsou vyrobeny pro typizované uchycení ISCG-05 a jsou vhodné pro jízdni disciplíny enduro, cross country a all-mountain. Mezi porovnávací parametry bude spadat váha, použité materiály, rozmezí použití z hlediska počtu zubů na převodníku a možnost kombinace s bashguardem.

### 12.1 Manobike EN TOP MINI ISCG05

Parametry vodítka řetězu Manobike EN TOP MINI ISCG05 jsou:

- váha: 23 g,
- materiál těla: EN AW-7075,
- materiál vodítka: PA,
- pro převodníky: 30–36 zubů,
- kombinace s bashguardem: ne. [53]



Obrázek 25 Vodítka řetězu Manobike EN TOP MINI ISCG05 [47]

## 12.2 Ethirteen TRS Race SL Chainguide

Parametry vodítka řetězu Ethirteen TRS Race SL Chainguide jsou:

- váha: 29 g,
- materiál těla: kompozit ze skelného vlákna,
- materiál vodítka: PC,
- pro převodníky: 28–38 zubů,
- kombinace s bashguardem: ne. [54]



Obrázek 26 Vodítko řetězu Ethirteen TRS Race SL Chainguide [48]

## 12.3 OneUp ISCG 05 Top V2

Parametry vodítka řetězu OneUp ISCG 05 Top V2 jsou:

- Váha: 40 g,
- materiál těla: EN AW-7075,
- materiál vodítka: termoplast vyztužený skelným vláknem,
- pro převodníky: 26–38 zubů,
- kombinace s bashguardem: ne. [55]



Obrázek 27 Vodítko řetězu OneUp ISCG 05 Top V2 [45]

#### 12.4 Shrnutí průzkumu trhu

Z průzkumu trhu vyplývají tyto informace, váha vodítek řetězu se pohybuje od 23-40 g, mezi nejčastěji používané materiály patří EN AW-7075 pro tělo vodítka řetězu a samotné vodítko je vyrobeno z různých polymerních materiálů. Konkrétní název polymeru nebylo možno u některých výrobců dohledat. Největší rozpětí použitelnosti pro různé převodníky, nabízí vodítko řetězu OneUp ISCG 05 Top V2, které je možné vidět na obrázku 27. Žádné z výše uvedených vodítek řetězu, nenabízí možnou kombinaci s bashguardem, nabízí pouze jinou konstrukci těla vodítka řetězu, kde je již bashguard integrován do konstrukce.

#### 12.5 Požadavky autora na konstrukci vodítka řetězu

Z výše uvedeného shrnutí průzkumu trhu a porovnání parametrů, budou navrženy tyto požadavky na konstrukci funkčního prototypu vodítka řetězu:

- typ uchycení: ISCG-05,
- pro převodníky: 28–36 zubů,
- možnost kombinace s bashguardem,
- nastavování výšky vodítka pomocí výsuvné lišty.

## 13 DŮLEŽITÉ ROZMĚRY PRO KONSTRUKCI VODÍTKA ŘETĚZU

Pro návrh konstrukce bylo nutné zjistit rozměry, které jsou stěžejní pro správnou funkčnost vodítka řetězu.

### 13.1 Průměry převodníků

Průměry převodníků uváděny společností Wolf Tooth:

- průměr převodníků o 28 zubech: 119,9 mm,
- průměr převodníků o 36 zubech: 152,2 mm. [49]

### 13.2 Šířky válečkových řetězů pro jízdní kola

Pro každý počet převodů na jízdním kole je vyráběna jiná šířka řetězu viz. tabulka 1.

Tabulka 1 Šířka řetězu dle počtu převodů na jízdním kole [50]

Počet převodů	Vnější šířka [mm]
6	7,8
7	7,3
8	7,1
9	6,5 - 6,7
10	5,84 - 6,1
11	5,46 - 5,74
12	5,25

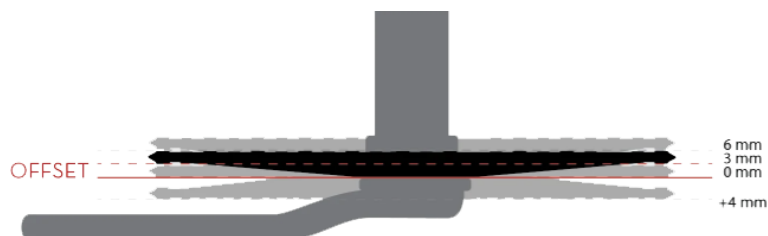
### 13.3 Posunutí (offset) převodníků

Posunutí neboli offset je vzdálenost od upínací plochy převodníku k hraně zubu. Je využíván u jízdních kol kvůli tzv. chainline viz. obrázek 51, což je vzdálenost od středu rámu kola, ke středu převodníku. Teoreticky ideální chainline viz. obrázek 51 nastává v situaci, kdy je převodník ve středu s kazetou kola. Použití vhodného offsetu závisí na délce osy klik. Existují tři standardní druhy vyráběných offsetů:

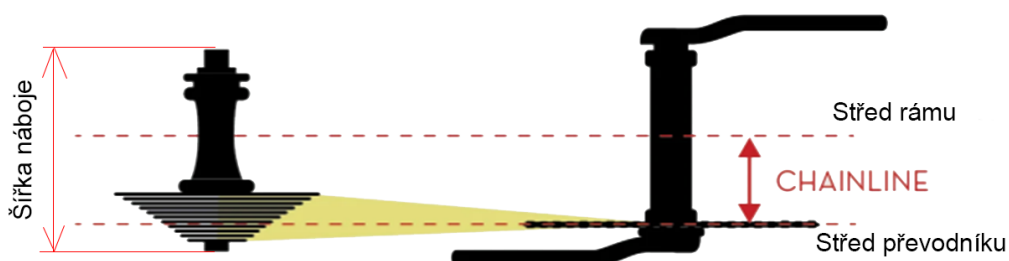
- standardní offset pro silniční a horská kola je 6 mm,
- offset pro horská kola se 148 mm širokým zadním nábojem je offset 3 mm,
- offset pro horská kola se 157 mm širokým zadním nábojem je offset 0 mm. [51]

Vzdálenosti chainline pro různé offsety:

- pro silniční kola s offsetem 6 mm je chainline 47 mm,
- pro horská kola s offsetem 6 mm je chainline 49 mm,
- pro horská kola s offsetem 3 mm je chainline 52 mm,
- pro horská kola s offsetem 0 mm je chainline 55 mm. [51]



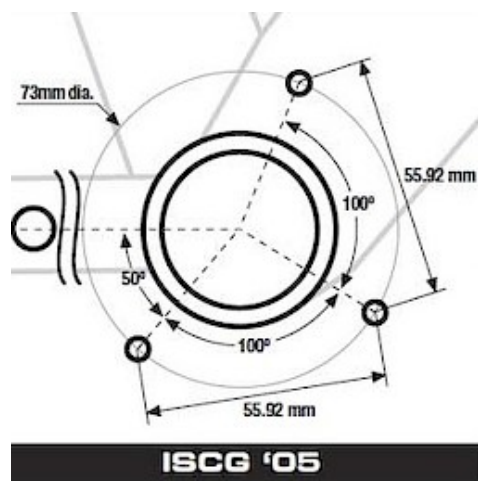
Obrázek 28 Rozměry vyráběných offsetů převodníku [51]



Obrázek 29 Skica ideální chainline [51]

### 13.4 Rozměry uchycení typu ISCG-05

V otvorech pro uchycení ISCG-05 jsou vyřezány metrické závity M6.



Obrázek 30 Rozměry uchycení typu ISCG-05 [37]

## 14 VOLBA SOFTWARE

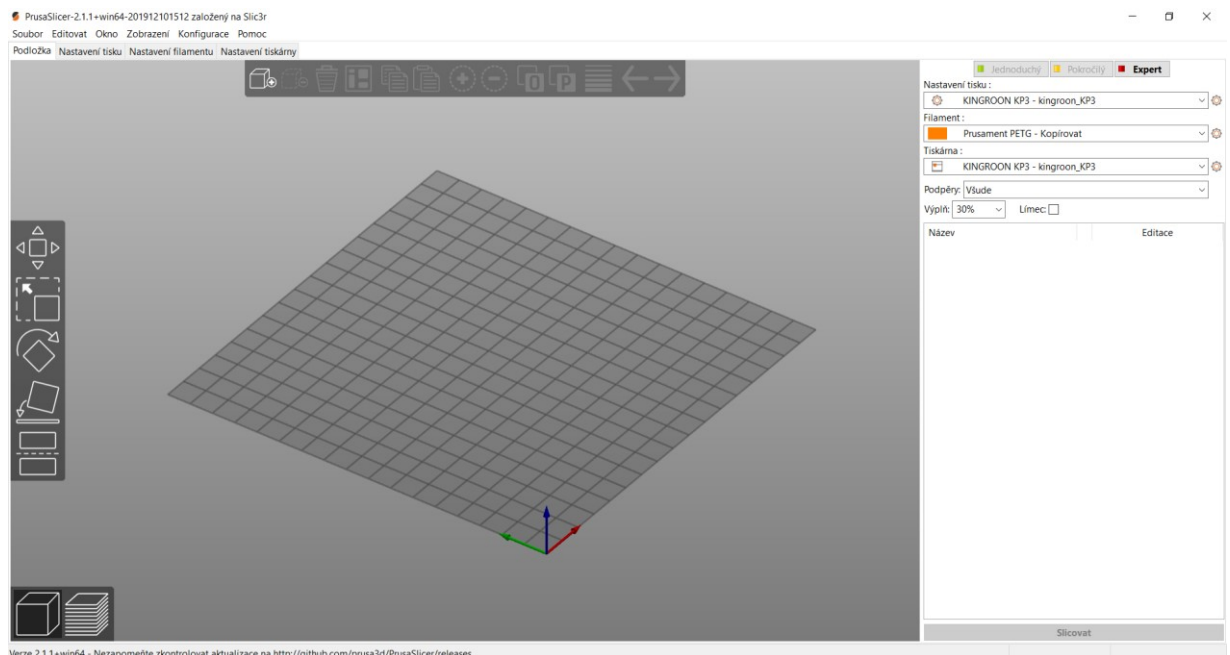
Volba vhodného softwaru je důležitá součást pro vývoj a výrobu prototypu, jelikož se od něj odvíjí veškerá technická data. Je vhodné, aby vybraný software poskytoval uživateli funkce, které mu zjednoduší práci a urychlí celý proces vývoje prototypu.

### 14.1 Volba CAD/CAM softwaru

Software pro modelování byl zvolen CimatronE 11 od společnosti Cimatron, kvůli jeho jednoduchosti a dlouholeté autorově zkušenosti s tímto programem. Jedná se o CAD/CAM software, který je na trhu od roku 1982. Tento software nabízí komplexní řešení pro navrhování a výrobu nástrojů včetně vstřikovacích forem, zápustek a elektrod, stejně jako programování jakéhokoli CNC a EDM. [52]

### 14.2 Volba softwaru pro 3D tisk

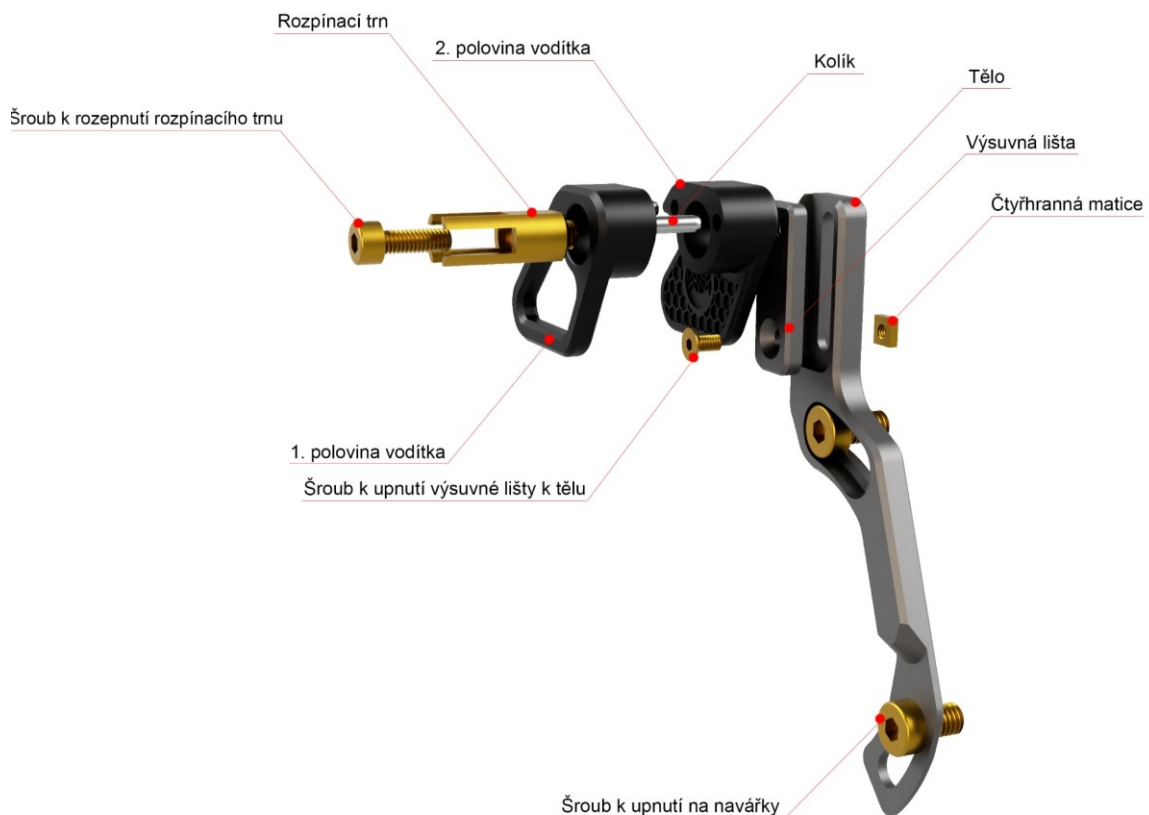
Jako software pro byl zvolen PrusaSlicer od společnosti Prusa Research a.s. Byl vybrán z důvodu jeho uživatelsky příznivému intuitivnímu prostředí, také zároveň jeho možnosti používat slicer jak pro FDM, tak i SLA či DLP tisk. Zároveň se také jedná o software, který je dostupný ve formě open source.



Obrázek 31 Prostředí softwaru PrusaSlicer

## 15 NÁVRH KONSTRUKCE PRVNÍ VARIANTY

Konstrukce byla navržena, dle požadavků autora uváděné v kapitole 12.5. Vodítko řetězu, bylo zkonstruováno pro použití převodníku v rozpětí 28–36 zubů, toto nastavování je umožněno pomocí výsuvné lišty, která je zajištěna k tělu vodítka řetězu pomocí zápusťného šroubu se zápusťnou hlavou a čtyřhranné matice, čehož si lze povšimnout na obrázku 32. Vodítko je vytvořeno ze dvou polovin, které jsou spojeny dvěma kolíky viz. obrázek 34. Vodítko je dále upevněno na rozpínacím trnu viz. obrázek 35, díky kterému ho lze posouvat volně do strany a tím jej vystředit na střed převodníku. Díky tomuto řešení dochází k absenci vystředovacích podložek, které jsou vyobrazeny na obrázku 24. Následným zašroubováním šroubu uvnitř rozpínacího trnu se mechanismus rozeprne do stran a tím vodítko upevní v poloze viz. obrázek 35. Tento rozpínací trn je upevněn ve výsuvné liště pomocí metrického závitu.



Obrázek 32 Pojmenování jednotlivých dílů sestavy první varianty



Na obrázku 33 si lze povšimnout čtyřhranné matice, která je zcela zapuštěna do drážky a je vytvořena v těle vodítka řetězu. Tato matice je zvolena z důvodu větší opěrné plochy v drážce těla při dotahování.



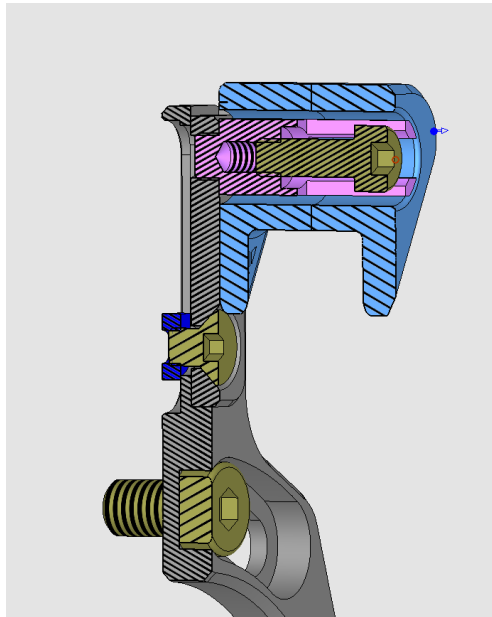
Obrázek 33 Zadní pohled modelu první varianty

Na obrázku 34 lze vidět celý upínací systém, který se skládá z rozpínacího trnu a šroubu k rozepnutí rozpínacího trnu. Tento upínací systém je vložen do vodítka, kde obě jeho poloviny jsou spojeny pomocí dvou kolíků.



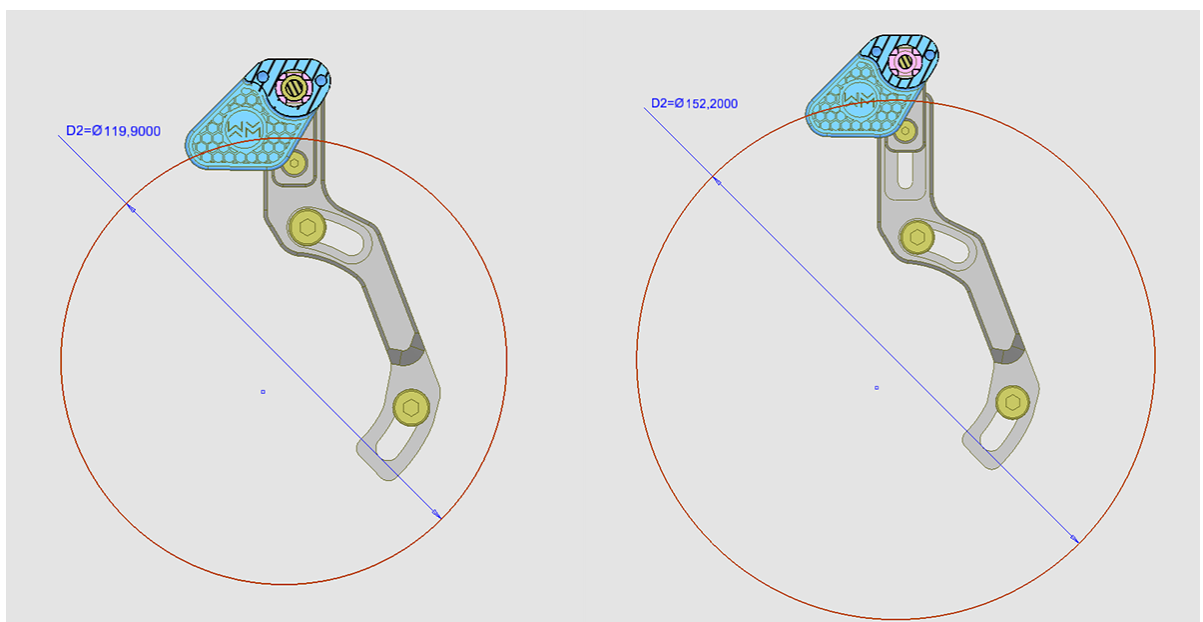
Obrázek 34 Ukázka upínacího mechanismu a kolíků pro spojení obou polovin vodítka

Pro ukázkou celého upínacího systému vodička byl vytvořen řez viz. obrázek 35.



Obrázek 35 Řez sestavou pro ukázkou upínacího systému vodička

Pro kontrolu byly nakresleny kružnice, které představovaly průměry převodníků uváděné v kapitole 13.1 a byl tímto simulován průchod převodníku přes vodičko.



Obrázek 36 Kružnice představující převodník při průchodu vodičkem, vlevo převodník s 28 zuby, vpravo převodník s 36 zuby

## 15.1 Výroba první varianty

Všechny díly první varianty byly vyrobeny pomocí technologie 3D tisku a to konkrétně technologií FDM a DLP. Jako materiál pro FDM tisk byl použit PETG od společnosti EKO MB. Pro DLP tisk byla zvolena tvrdá fotopolymerní pryskyřice od společnosti Prusa Research. Pomocí technologie FDM, byly zhotoveny díly:

- tělo,
- výsuvná lišta.

Pomocí technologie DLP byly zhotoveny díly:

- rozpínací trn,
- vodítko.

Díly vytištěné na DLP tiskárně byly následně očištěny v Isopropanolu od přebytečné pryskyřice a vytvrzeny ve vytvrzovací stanici působením UV záření po dobu 15 minut dle pokynů výrobce pryskyřice. Poslední operace výroby, bylo vyřezání metrického závitu M5 pomocí ručního sadového závitníku do výsuvné lišty a vyřezání metrického závitu M4 taktéž pomocí sadového ručního závitníku do rozpínacího trnu.

Mechanické a fyzikální vlastnosti pro materiál PETG viz. tabulka 2.

Tabulka 2 Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu PETG [57]

Vlastnosti	Hodnota	Jednotka
Modul pružnosti v tahu	2100	MPa
Pevnost v ohybu	54	MPa
Pevnost v tahu	50	MPa
Teplota skelného přechodu	80	°C
Teplota tání	230	°C
Hustota	11	g/cm <sup>3</sup>
Index toku taveniny	1,27	g/10 min

Mechanické vlastnosti pro tvrdou fotopolymerní pryskyřici viz. tabulka 3.

Tabulka 3 Mechanické vlastnosti tvrdé fotopolymerní pryskyřice [58]

Vlastnosti	Hodnota	Jednotka
Modul pružnosti v tahu	1600	MPa
Pevnost v ohybu	33,5	MPa
Pevnost v tahu	41,6	MPa
Tvrдость	75,7	Shore D

Zvolené parametry pro FDM tisk první varianty viz. tabulka 4.

Tabulka 4 Parametry pro FDM tisk první varianty

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výška vrstvy	0,2	mm
Maximální rychlost tisku	90	mm/s
Teplota trysky	245	°C
Teplota vyhřívané desky	70	°C
Typ výplně	Gyroid	-
Hustota výplně	30	%

Zvolené parametry pro DLP tisk první varianty viz. tabulka 5.

Tabulka 5 Parametry pro DLP tisk první varianty

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výška vrstvy	0,05	mm
Doba osvitů	7,5	s
Doba počátečního osvitů	60	s
Vrstvy počátečního osvitů	3	-

Na tiskárně Kingroon KP3 viz. obrázek 37, byly vytisknuty tyto díly:

- tělo,
- výsuvná lišta.



Obrázek 37 Použitá FDM tiskárna Kingroon KP3

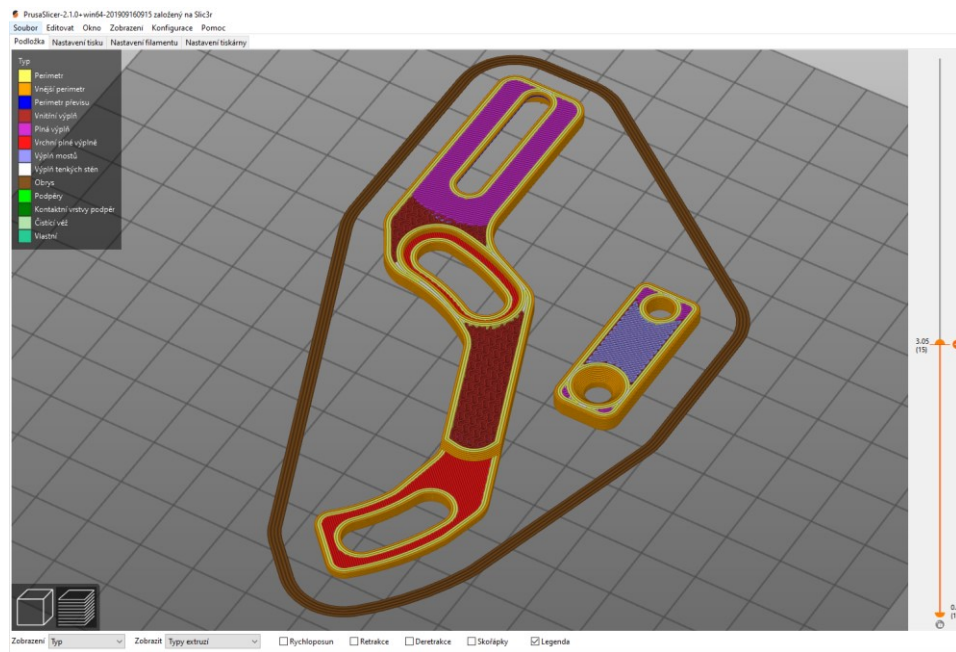
Na obrázku 38 je tiskárna Anycubic Photon Zero, na které byly vytištěny tyto díly:

- 1. polovina vodítka,
- 2. polovina vodítka,
- rozpínací trn.



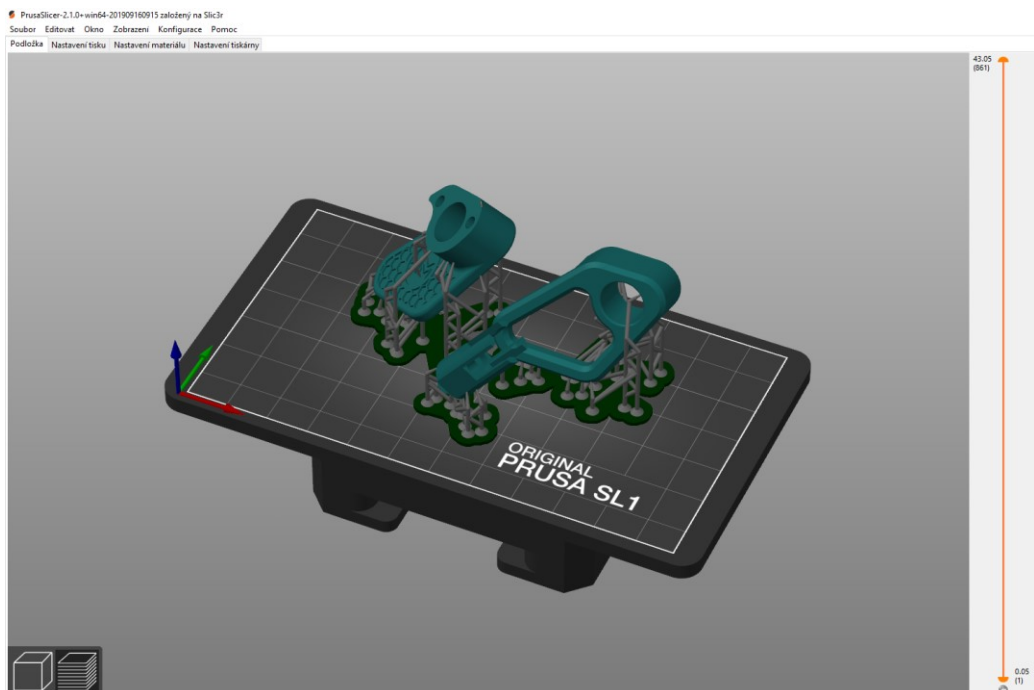
Obrázek 38 Použitá DLP tiskárna Anycubic Photon Zero

Program pro FDM tisk byl vytvořen v softwaru, který je uveden v kapitole 14.2, do kterého byly vloženy parametry pro tisk viz. tabulka 4 a následně byla s těmito parametry provedena v softwaru simulace viz. obrázek 39.



Obrázek 39 Simulace FDM tisku první varianty

Program pro DLP tisk byl taktéž vytvořen v softwaru, který je uveden v kapitole 14.2, do kterého byly vloženy parametry viz. tabulka 5 a následně s těmito parametry byla provedena v softwaru simulace tisku která je vyobrazena na obrázku 40.



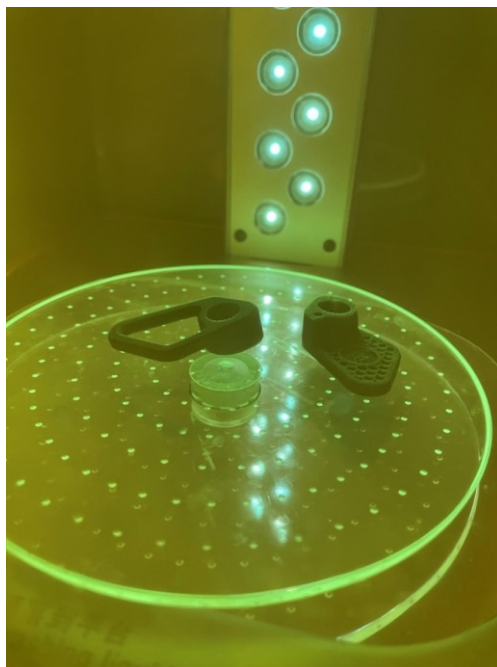
Obrázek 40 Simulace DLP tisku první varianty

Vytvořený program pro FDM tisk byl exportován na paměťové uložení, které bylo vloženo do tiskárny, která je na obrázku 37 a následně došlo přes ovládací panel ke spuštění programu, čímž se spustil proces tisku viz. obrázek 41.



Obrázek 41 FDM tisk první varianty

Vytvořený program pro DLP tisk byl exportován na paměťové uložení, které následně bylo vloženo do tiskárny, která je na obrázku 38 a pomocí ovládacího panelu došlo ke spuštění programu a spuštění tisku. Následně byly díly očištěny v isopropanolu od přebytečné fotopolymerní pryskyřice a vytvrzeny pod UV zářením ve vytvrzovací stanici po dobu 15 min viz. obrázek 42.



Obrázek 42 Vytvrzování výtisků pod UV zářením

## 15.2 Sestavení první varianty

K sestavení první varianty vodítka řetězu byly použity tyto normalizované díly:

Tabulka 6 Kusovník použitých normalizovaných dílů pro první variantu

Název	Označení	Norma	Počet ks
Imbusový šroub s nízkou hlavou	M6x8	DIN 7984	2
Šroub se zápusťnou hlavou a vnitřním šestihranem	M3x6	DIN 7991	1
Čtyřhranná matice nízká	M3	DIN 562	1
Imbusový šroub	M4x12	DIN 912	1
Válcový kolík kalený	3x8	DIN 6325	2





Obrázek 43 Vyrobená sestava první varianty

Po sestavení první varianty viz. obrázek 43, byla sestava usazena k rámu kola, což si lze povšimnout na obrázku 44, která slouží pro zhodnocení správnosti všech navržených rozměrů.



Obrázek 44 Sestava první varianty, která je usazená na rámu kola

### 15.3 Výsledky a zhodnocení první varianty vodítka řetězu

Z principiálního hlediska první varianta funguje dle očekávání. Vytisknutý model byl usazen na jízdní kolo s offsetem převodníku 3 mm a 34 zubech. Řetěz probíhal vodítkem po nastavení výšky zcela bez problému. Na první variantě byly zaznamenány konstrukční chyby jako, možnost pootočení vodítka v rozpínacím trnu při nárazech či otřesech. Dále byl řetěz příliš blízko vodítka, což by vedlo při změně offsetu ze 3 mm na 6 mm k nemožnosti průchodu řetězu přes vodítko. Další nepraktickou věcí se stalo vodítko spojené pomocí kolíků, kde po dopnutí pomocí rozpínacího trnu, bylo možné lehce posunout druhou polovinou vodítka. Poslední věcí, byl zbytečně volný prostor ve vodítku, který by mohl způsobit spadnutí řetězu, nebo jeho zaklínění ve vodítku.

Autorovy požadavky pro konstrukci druhé varianty jsou:

- aretace vodítka proti protočení v rozpínacím trnu,
- použít levotočivý závit pro upevnění v upínacím trnu kvůli jeho možnému vyšroubování při upínání vodítka,
- úprava rozměrů vodítka pro jeho použití u horských kol s offsetem 6 mm,
- spojení vodítka ze dvou dílů do jednoho,
- zúžení vodítka tak, aby byl možný průchod nejširšího řetězu viz. tabulka 1.

## 16 NÁVRH KONSTRUKCE DRUHÉ VARIANTY

V návrhu druhé varianty nastaly konstrukční úpravy dle požadavků autora uváděné v kapitole 15.3. Změny nastaly v upínacím trnu, kde konkrétně bylo vytvořeno ozubení po jeho vnějším obvodu, které je vyobrazené na obrázku 48, které po rozeptnutí zapadne do ozubení ve vodítku. Tímto řešením je zajištěna aretace vodítka v poloze a zároveň je zabráněno jeho protočení. Taktéž byl zhotoven na upínacím trnu a výsuvné liště levotočivý metrický závit kvůli jeho zabezpečení proti vyšroubování při upínání vodítka. Vodítko je dle požadavků autora spojeno do jednoho dílu viz. obrázek 45 a taktéž bylo zúženo pro průchod nejširšího řetězu viz. tabulka 1. Kvůli možnosti použít celou sestavu i pro převodníky s offsetem 6 mm bylo do vodítka ze zadní strany vytvořeno vybrání o hloubce 2 mm viz. Obrázek 47 a také byla snížena tloušťka těla o 1 mm a tloušťka výsuvné lišty o 0,5 mm.



Obrázek 45 Pojmenování jednotlivých dílů sestavy druhé varianty

Z přední strany vodítka viz. obrázek 46 je možné vidět změnu na upínacím systému, a to konkrétně ozubení na rozpínacím trnu a vodítku.



Obrázek 46 Přední pohled druhé varianty

Na zadní straně vodítka byly provedeno vybrání o hloubce 2 mm viz. obrázek 47 a to konkrétně z důvodu možnosti použít vodítko řetězu i pro převodníky s offsetem 6 mm.



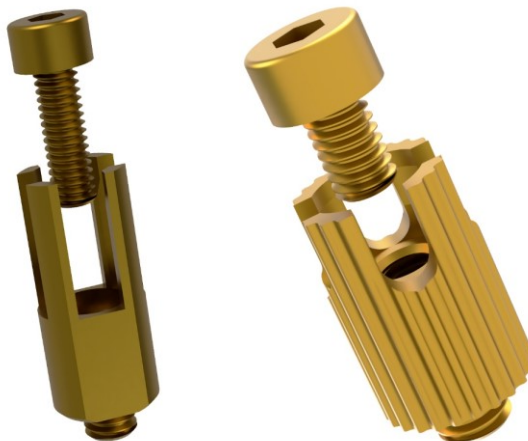
Obrázek 47 Zadní pohled druhé varianty

Z hlediska zúžení vodítka a zmenšení délky rozpínacího trnu oproti první variantě, které si lze povšimnout na obrázku 34 bylo nutné taktéž zmenšit i šroub k rozepnutí rozpínacího trnu z délky 14 mm na délku 6 mm.



Obrázek 48 Detailní pohled na upínací mechanismus

U obrázku 49 lze vizuálně porovnat rozpínací trn a šroub z první varianty a oproti rozpínacímu trnu a šroubu z varianty druhé kde je viditelný rozdíl v délkách šroubů a samotných trnů, největší změnou je vytvořené ozubení na druhé variantě. Mezi změny upínacího trnu druhé varianty také patří levotočivý metrický závit M5, který slouží pro upnutí rozpínacího trnu k výsuvné liště.



Obrázek 49 Porovnání rozpínacích trnů a šroubů, vlevo z první varianty, vpravo z druhé varianty

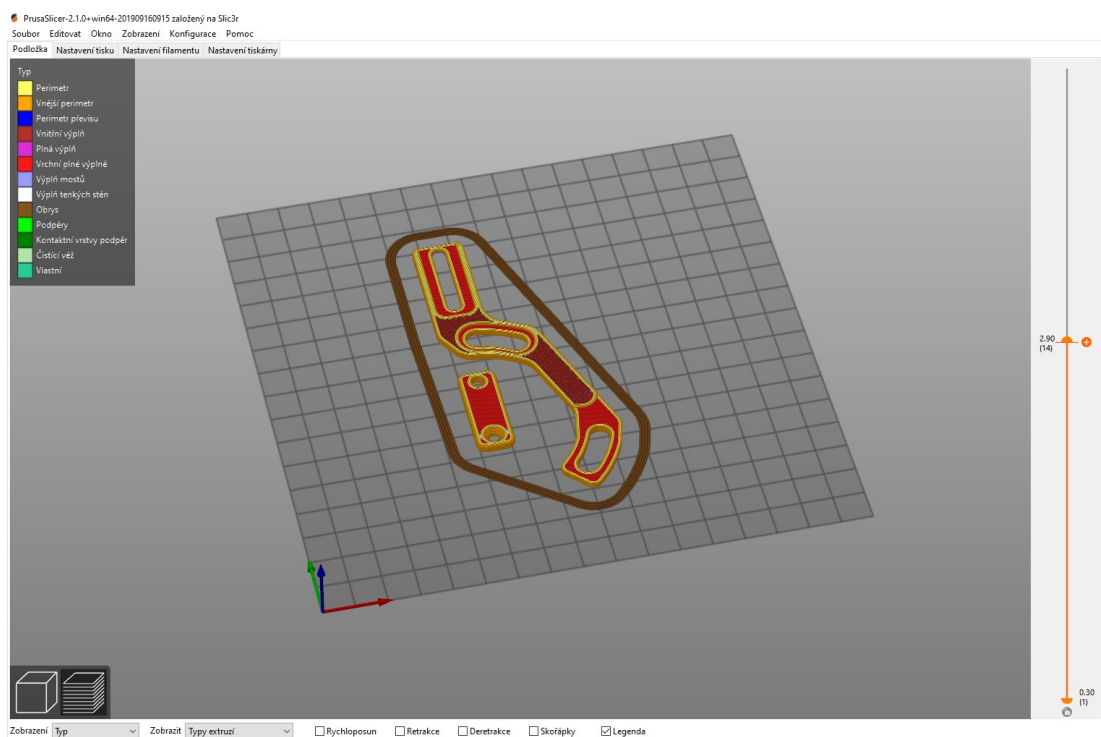
## 16.1 Výroba druhé varianty

Druhá varianta byla vyrobena analogicky jako varianta první, nevyjímaje použité materiály a technologie 3D tisku pro jednotlivé díly sestavy. Parametry pro FDM a DLP tisk zůstaly taktéž stejné jako u první varianty.

Na tiskárně Kingroon KP3, která je na obrázku 37, byly pro druhou variantu byly vytisknuty tyto díly:

- tělo,
- výsuvná lišta.

Program pro FDM tisk byl vytvořen v softwaru, který je uveden v kapitole 14.2, do kterého byly vloženy parametry pro tisk viz. tabulka 4 a následně byla s těmito parametry provedena v softwaru simulace tisku druhé varianty viz. obrázek 50.

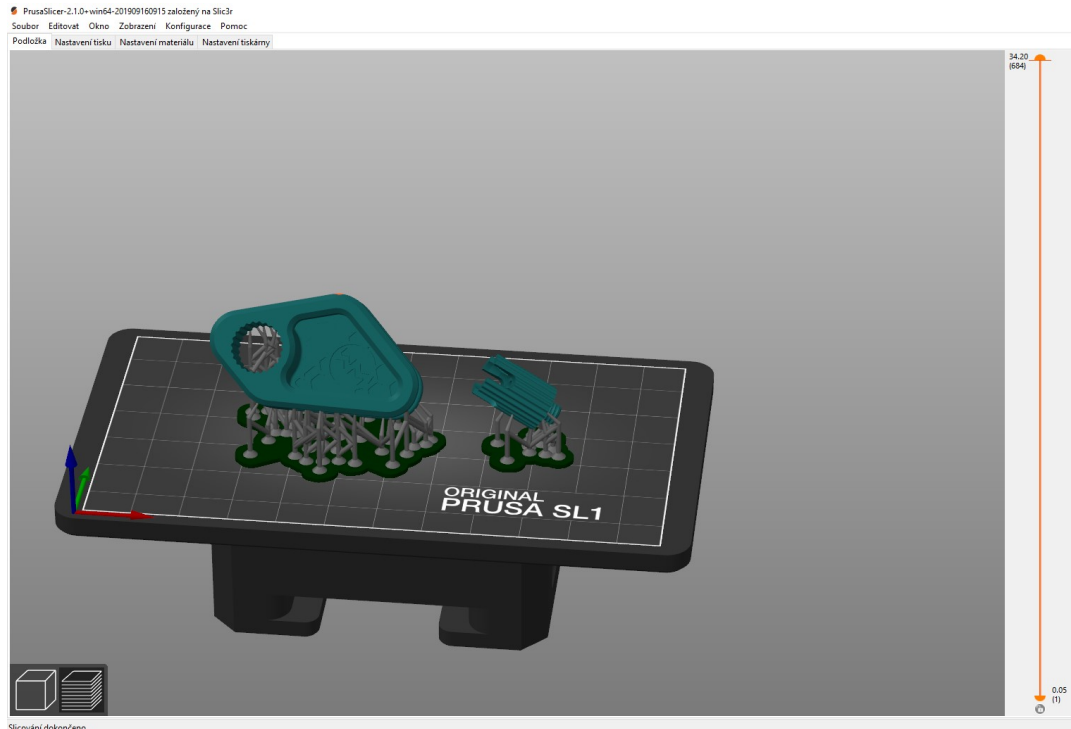


Obrázek 50 Simulace FDM tisku druhé varianty

Na tiskárně Anycubic Photon Zero viz. obrázek 38, byly pro druhou variantu vytisknuty tyto díly:

- vodítko,
- rozpínací trn.

Program pro DLP tisk byl taktéž vytvořen v softwaru, který je uveden v kapitole 14.2, do kterého byly vloženy parametry viz. tabulka 5 a následně s těmito parametry byla provedena v softwaru simulace tisku druhé varianty viz obrázek 51.



Obrázek 51 Simulace DLP tisku druhé varianty

## 16.2 Sestavení druhé varianty

Pro sestavení druhé varianty byly použity tyto normalizované díly:

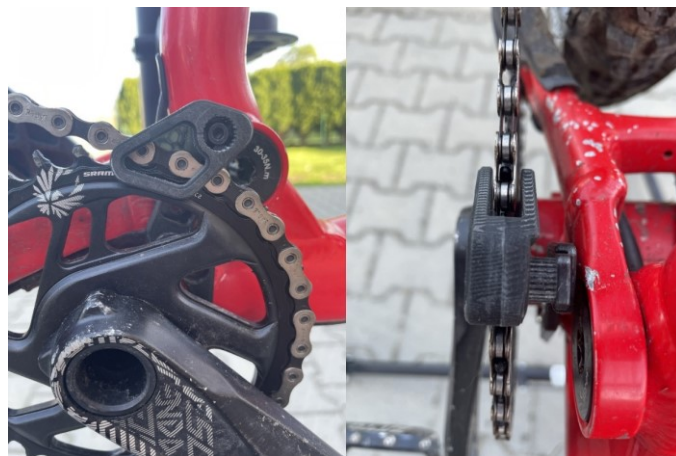
Tabulka 7 Kusovník použitých normalizovaných dílů pro druhou variantu

Název	Označení	Norma	Počet ks
Imbusový šroub s nízkou hlavou	M6x8	DIN 7984	2
Šroub se zápusťnou hlavou a vnitřním šestihranem	M3x6	DIN 7991	1
Čtyřhranná matice nízká	M3	DIN 562	1
Imbusový šroub	M4x6	DIN 912	1



Obrázek 52 Vyrobená sestava druhé varianty

Po sestavení druhé varianty byla sestava usazena na rám kola čehož si lze povšimnout na obrázku 53. Následně byla ověřena správnost konstrukčních úprav.



Obrázek 53 Sestava druhé varianty usazená na rámu kola

### 16.3 Výsledky a zhodnocení druhé varianty

Po usazení druhé varianty na jízdní kolo, došlo na první pohled k viditelným změnám. Díky ozubení na upínacím trnu je nyní vodítko pevně aretováno v poloze, zároveň při rozpínání rozpínacího trnu jej díky levotočivý metrickému závitu nelze vyšroubovat. Sestava je nyní použitelná pro převodníky s offsetem 6 mm. Konstrukční úpravy jsou tedy považovány za úspěšné a nyní lze vodítko řetězu vyzkoušet v reálných podmínkách.



## 17 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI VODÍTKA ŘETĚZU V REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH

Ověření funkčnosti vodítka řetězu bylo prováděno na horském kole Commencal META AM V4.2 Essential 2018, které je určeno pro jízdní disciplínu s názvem enduro a disponuje převodníkem s 34 zuby.

### 17.1 Montáž

Jako součást testování, byla zahrnuta i samotná montáž celé sestavy k rámu kola, která sloužila k ověření správnosti všech navržených rozměrů vodítka řetězu. Montáž k rámu proběhla zcela bez problému, nebyly nalezeny nedostatky, které omezovaly funkčnost sestavy, také by se montáž dala označit za velice snadnou a zároveň časově nenáročnou. Také zde byla ověřena funkčnost rozpínacího mechanismu, pomocí kterého, bylo možné vodítko vystředit přesně na střed převodníku. Vodítko řetězu bylo otestováno i na další kola s různými offsety převodníku, u všech proběhla montáž bez jakéhokoliv problému.

### 17.2 Ověření konceptu

Dále následovalo ověření konceptu, konkrétně zda vodítko dokáže zabránit spadnutí řetězu z převodníku při jízdě terénem. Pro testování byl vybrán úsek s kořeny a kamenitými překážkami. Testování probíhalo v rámci projetí úseku s a bez vodítka řetězu. Při projetí úsekem bez vodítka řetězu došlo ke spadnutí řetězu z převodníku. Opětovným průjezdem úseku, tentokrát s použitím vodítka řetězu, nedošlo ani při vysoké rychlosti a agresivní jízdě ke spadnutí vodítka.

Mimo testovací úsek, bylo vodítko odzkoušeno autorem při enduro závodu Blinduro 500+ konané 7. - 8. 5. 2022. Tyto závody disponují velice náročným terénem. S kombinací nepříznivého počasí a honbou za výsledkem nebyl brán ohled na šetření prototypu a došlo k využití 100 % jeho potenciálu. I přes všechny nepříznivé a náročné podmínky, nedošlo po dobu celého závodu ke spadnutí řetězu.

### 17.3 Závěr testování

Vodítko řetězu bylo testováno po dobu jednoho měsíce a bylo s ním najeto zhruba 350 km. Ani jednou nedošlo k jeho spadnutí i při náročných podmínkách jako například nepříznivé

počasí nebo terén obsahující kořeny, skoky, kameny apod. Lze konstatovat, že vodítko plní svou funkci a je navrženo správně.

## 18 DISKUSE VÝSLEDKŮ

V rámci praktické části bakalářské práce byl vyroben funkční prototyp vodítka řetězu, které zabráňuje padání řetězu z převodníku. V první řadě byly vyrobeny dvě varianty. První varianta sloužila pro ověření správnosti navržených rozměrů a pro zjištění konstrukčních vad a chyb. Druhá varianta se liší o konstrukční úpravy, které byly nezbytné pro správnou funkčnost vodítka řetězu. Celá sestava byla otestována v reálných podmínkách a prototyp lze konstatovat za funkční.

### 18.1 Shrnutí výsledků první varianty

První varianta byla vyrobena dle požadavků autora, které jsou uvedeny v kapitole 12.5 a zároveň rozměry vodítka byly navrhovány v souladu rozměrů, které jsou důležité pro správnou funkčnost vodítka řetězu a jsou uvedeny v kapitole 13. Největším konstrukčním rozdílem na celé sestavě první varianty oproti konkurenci byl upínací systém vodítka viz. obrázek 35, díky kterému došlo k absenci vystřed'ovacích podložek viz. obrázek 24. Vodítko bylo vyrobeno pomocí 3D tisku, a to konkrétně technologií DLP a FDM. Celý proces výroby první varianty je uveden v kapitole 15.1. Následně byla první varianta sestavena společně s normalizovanými díly viz. tabulka 6 a poté tato sestava byla usazena k rámu kola pro ověření funkčnosti sestavy a správnosti navržených rozměrů viz. obrázek 44. Po tomto kroku byly vytyčeny autorovy požadavky pro optimalizaci uváděné v kapitole 15.3.



Obrázek 54 Přední pohled první varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model

Charakteristické rozměry první varianty jsou 113,2 x 68,7 x 36,5 mm a její váha činí 20 g.



Obrázek 55 Zadní pohled první varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model

Přibližná doba výroby první varianty všech dílů pomocí 3D tisku je 2,5 hodiny.



Obrázek 56 Pohled z boku první varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model

## 18.2 Shrnutí výsledků druhé varianty

Pro konstrukci druhé varianty byly vytvořeny konstrukční úpravy uváděné v kapitole 15.3. Největší viditelné změny na konstrukci druhé varianty oproti variantě první, byly na rozpínacím trnu, které lze vidět na obrázku 49. Kde bylo po jeho vnějším obvodu vytvořeno ozubení, které slouží pro aretaci vodítka v poloze a zároveň slouží jako ochrana proti protočení vodítka v rozpínacím trnu viz. obrázek 48. Toto ozubení zapadá do ozubení v dílu vodítka. Dále byl rozpínací trn zúžen. Toto zúžení trnu bylo provedeno z důvodu zúžení dílu vodítka. Další viditelná změna byla na dílu vodítka bylo vybrání o hloubce 2 mm, které je provedeno ze zadní strany vodítka viz. obrázek 47. Již zmíněné vybrání bylo provedeno kvůli možnosti použití vodítka řetězu pro převodníky s offsetem 6 mm. Další provedené úpravy jsou uvedeny v kapitole 16. Druhá varianta byla vyrobena zcela analogicky, jako varianta první. Její celý výrobní proces je uveden v kapitole 16.1. Následně byla druhá varianta sestavena společně s normalizovanými díly viz. tabulka 7. Poté byla druhá varianta usazena k rámu kola, čehož si lze povšimnout na obrázku 53 pro ověření optimalizovaných rozměrů sestavy.



Obrázek 57 Přední pohled druhé varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model

Charakteristické rozměry druhé varianty jsou 114,4 x 68,7 x 20,6 mm a váha druhé varianty činí 13 g. Je patrné, že druhá varianta má patrně menší charakteristické rozměry a je o 7 g lehčí.



Obrázek 58 Zadní pohled druhé varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model

Přibližná doba výroby druhé varianty všech dílů pomocí 3D tisku činí 2,5 hodiny.



Obrázek 59 Pohled z boku druhé varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model

### 18.3 Další možnosti výroby prototypu

Jako další možností výroby by byla metoda pomocí CNC obrábění, kde by se mohly pro jednotlivé díly použít pevnější materiály, jako například slitiny hliníku apod. Tímto by se zvýšila tuhost, pevnost a životnost celého prototypu. Jako další možnost se nabízí použít SLS a SLM technologie 3D tisku. V tomto případě by díly výsuvná lišta, tělo a rozpínací trn mohly být vytisknuty dle technologie SLM, jako materiál by mohl být použit například AlSi10Mg. Díl vodítka by byl vytisknut pomocí technologie SLS, kdy by byl použit materiál PA.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou funkčního prototypu vodítka řetězu, které zabráňuje padání řetězu z převodníku při jízdě terénem. První část byla věnována teoretické studii, konkrétně kapitolou principu řetězových převodů následovaným vedením válečkových řetězů v průmyslu a v cyklistice. Dále byla věnována kapitola typizovaným uchycením vodítek řetězu k rámu kola. V další kapitole bylo vysvětleno prototypování, včetně všech kategorií prototypů. Další kapitola navazovala na samotné způsoby výroby prototypu a následovně byla věnována celá kapitola výrobním technologiím pro rapid prototyping. Předposlední kapitola se věnovala materiálům pro prototypování a v poslední kapitole byly zmíněny CAD/CAM systémy.

Praktická část byla věnována analýze trhu, kde byly porovnány parametry vodítek řetězu od různých výrobců, díky kterým, bylo možné zjistit nedostatky a vytyčit je do požadavků konstrukce první varianty. Pro začátek konstrukce první varianty, bylo nutné zjistit rozměry, které byly stěžejní pro správnou funkčnost celé první varianty. Tato varianta byla vyrobena pomocí 3D tisku, konkrétně technologiemi DLP a FDM. Následovným sestavením a usazením na rám kola byly zjištěny konstrukční nedostatky. Díky tomuto došlo k optimalizacím konstrukčního návrhu druhé varianty, která byla vyrobena zcela analogicky jako varianta první. Následně byla druhá varianta usazena na rám kola a poté byla ověřena jeho funkčnost a správnost navržené konstrukce v terénu i závodním nasazení. Následně bylo sepsáno shrnutí pro první i druhou variantu, konkrétně popis jednotlivých konstrukcí a jejich výroba, dále byla zmíněna jejich váha, charakteristické rozměry a přibližná doba výroby. Nakonec byly sepsány další možnosti výroby prototypu s kombinací různých materiálů.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] VOLEK, František. *Základy konstruování a části strojů I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 167 s. ISBN 9788073186548.
- [2] Válečkové řetězy. *MORAVIA ŘETĚZY* [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.moravia-retezy.cz/vyroba-retezy-pohony/retezove-prevody/valeckove-retezy>
- [3] Dopravní řetězy. *MORAVIA ŘETĚZY* [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.moravia-retezy.cz/vyroba-retezy-pohony/retezove-prevody/dopravni-retezy>
- [4] Gallovy řetězy. *MORAVIA ŘETĚZY* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.moravia-retezy.cz/vyroba-retezy-pohony/retezove-prevody/gallov-retezy>
- [5] Drive and gears. *Science of Cycling* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.exploratorium.edu/cycling/gears1.html>
- [6] Kluzná vedení řetězů. *TYMA CZ* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/prislusenstvi/kluzna-vedeni/vedeni-retezu/>
- [7] Should You Mount a Chain Guide on Your Mountain Bike. *Worldwide Cyclery* [online]. 11.10.2019 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.worldwidecyclery.com/blogs/worldwide-cyclery-blog/should-you-mount-a-chain-guide-on-your-mountain-bike>
- [8] Narrow Wide Chainrings Guide. *Worldwide Cyclery* [online]. 18.10.2017 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.worldwidecyclery.com/blogs/worldwide-cyclery-blog/narrow-wide-chainrings-guide>
- [9] To The Point - *Chain Guides*. *Pinkbike* [online]. Mar 12, 2013 [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.pinkbike.com/news/To-The-Point-Chain-Guides-2013.html>
- [10] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005, 256 s. ISBN 80-7183-337-1

- [11] Prototyping. *Interaction Design* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/prototyping>
- [12] Prototyping. *Usability* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/prototyping.html>
- [13] 7 Benefits of Prototypes in Manufacturing. *Prototype Info* [online]. [cit. 2022- 03- 17]. Dostupné z: <https://prototypeinfo.com/7-benefits-prototypes-manufacturing/>
- [14] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 9788072047222.
- [15] Rapid prototyping. *Engineering product design* [online]. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/rapid-prototyping-techniques/>
- [16] What Is Rapid Prototyping?. *Fractory Ltd* [online]. 24.09.2020 [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://fractory.com/what-is-rapid-prototyping/>
- [17] What is SLA 3D printing?. *Hubs* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-sla-3d-printing/>
- [18] What is Multi Jet Fusion (MJF)? Explained by Hubs. *Hubs* [online]. [cit. 2022- 03- 28]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-multi-jet-fusion/>
- [19] How Does Multi Jet Fusion Work?. *Protolabs* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://www.protolabs.com/services/3d-printing/multi-jet-fusion/>
- [20] Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing. *Formlabs* [online]. [cit. 2022- 03-28]. Dostupné z: <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>
- [21] SLM (Selective Laser Melting). *Cotu* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://www.cotu.cz/blog/118/slm-selective-laser-melting>
- [22] CAD Software Solutions. *PTC* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.ptc.com/en/technologies/cad>

- [23] VELLING, Andreas. What is Computer-Aided Manufacturing (CAM)?. *Factory* [online]. 15.04.2021 [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://fractory.com/what-is-computer-aided-manufacturing-cam/>
- [24] Which materials to use with which prototyping technologies?. *Prototype Projects* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.prototypeprojects.com/materials-for-prototyping/>
- [25] WHAT MATERIALS ARE USED FOR 3D PRINTING?. *Surface treatment experts* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.sharrettsplating.com/blog/materials-used-3d-printing/>
- [26] Výpočet řetězových převodů. *ČZ Řetězy* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.czretezy.cz>
- [27] *Contra* [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: [https://www.contra.cz/cz/retezy\\_tsubaki/pohonove/zakladni/foto/nosize/3.jpg](https://www.contra.cz/cz/retezy_tsubaki/pohonove/zakladni/foto/nosize/3.jpg)
- [28] Řetězy a vedení řetězů. In: *Chiaravalli* [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.chiaravalli.cz/storage/app/media/uploaded-files/dopravni%20retez.jpg>
- [29] *MORAVIA ŘETĚZY* [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.moravia-retezy.cz/resize/e/250/250/files/design/custom-backgrounds/dlazdice-rozcestnik-fleyer.jpg>
- [30] *Murtfeld* [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: [https://www.murtfeldt.cz/typo3temp/GB/kr\\_g\\_rolle\\_kette\\_ct-d\\_32378afb02.jpg?w=small](https://www.murtfeldt.cz/typo3temp/GB/kr_g_rolle_kette_ct-d_32378afb02.jpg?w=small)
- [31] MULDOON, Alan. SRAM launches its wireless electronic Eagle AXS drivetrains and RockShox Reverb AXS dropper post. In: *Mbr* [online]. February 6, 2019 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: [https://keyassets.timeincuk.net/inspirewp/live/wp-content/uploads/sites/11/2019/02/SM2\\_AXS\\_Tucson\\_Launch\\_MR-6657-630x420.jpg](https://keyassets.timeincuk.net/inspirewp/live/wp-content/uploads/sites/11/2019/02/SM2_AXS_Tucson_Launch_MR-6657-630x420.jpg)
- [32] *BIKE24* [online]. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://images.bike24.net/media/720/i/mb/83/ef/69/cgslsh05s-slick-chainguide-shorty-silver-1008570.jpg>

- [33] LEVY, Mike. Pinkbike Poll: Is There a Chain Guide on Your Bike?. In: *Pinkbike* [online]. Jun 29, 2018 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://ep1.pinkbike.org/p5pb12999831/p5pb12999831.jpg>
- [34] *R2-bike* [online]. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://r2-bike.com/media/image/product/211485/lg/unite-components-chainring-grip-ring-v2-oval-direct-mount-1-speed-narrow-wide-sram-mtb-3-bolt-boost-32-teeth~2.jpg>
- [35] *Bike-components* [online]. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.bike-components.de/assets/p/i/1280x960/318225.jpg>
- [36] FSA GRID CHAIN GUIDE Component Review. In: *Freehub* [online]. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: [https://freehubmag.com/sites/freehub/files/styles/halfscreen/public/articles/photos/FSA\\_grid\\_chainguide-8.jpg](https://freehubmag.com/sites/freehub/files/styles/halfscreen/public/articles/photos/FSA_grid_chainguide-8.jpg)
- [37] *Pinkbike* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <http://ep1.pinkbike.org/p4pb6003431/p4pb6003431.jpg>
- [38] *Funnmtb* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.funnmtb.com/wp-content/uploads/Funn-Zippa-E-Type-Chain-Guide.jpg>
- [39] *Funnmtb* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.funnmtb.com/wp-content/uploads/Funn-Zippa-Lite-D-Type-chain-guide.jpg>
- [40] *3d.ofrii* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: [http://3d.ofrii.com/3d\\_technologie/SLA\\_technologie.jpg](http://3d.ofrii.com/3d_technologie/SLA_technologie.jpg)
- [41] 3D tiskárna HP Jet Fusion 540 [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c06361362>
- [42] *Dkmp* [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: [http://www.dkmp.cz/Cms\\_Data/Contents/DKMP/Media/Novinky/2018/SLS-DMLS.jpg](http://www.dkmp.cz/Cms_Data/Contents/DKMP/Media/Novinky/2018/SLS-DMLS.jpg)
- [43] *Dkmp* [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: [http://www.dkmp.cz/Cms\\_Data/Contents/DKMP/Media/Novinky/2018/FDM.jpg](http://www.dkmp.cz/Cms_Data/Contents/DKMP/Media/Novinky/2018/FDM.jpg)
- [44] *Pcbway* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.pcbway.com/img/cnc/images/cnc-detail/SLM-Diagram%20.jpg>

- [45] *Protocycles* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: [https://protocycles.cz/shop/5335-large\\_default/oneup-voditko-retezu.jpg](https://protocycles.cz/shop/5335-large_default/oneup-voditko-retezu.jpg)
- [46] *Protocycles* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: [https://protocycles.cz/shop/4254-thickbox\\_default/oneup-voditko-s-naraznikem-v2.jpg](https://protocycles.cz/shop/4254-thickbox_default/oneup-voditko-s-naraznikem-v2.jpg)
- [47] *Manobike* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: [https://cdn.myshoptet.com/usr/www.manobike.com/user/shop/big/175\\_en-top-mini-iscg05-cerna.jpg?621fe81c](https://cdn.myshoptet.com/usr/www.manobike.com/user/shop/big/175_en-top-mini-iscg05-cerna.jpg?621fe81c)
- [48] *Rei* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.rei.com/media/9a70554d-de9f-4d01-83c7-424857701be2?size=2000>
- [49] Chainring Diameter by Tooth Count. *Wolf tooth components* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.wolfteethcomponents.com/pages/chainring-diameter-by-tooth-count>
- [50] Compatibility [01] Chains. *Bikegremlin* [online]. 14/11/2021 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://bike.bikegremlin.com/1220/1-bicycle-chains-compatibility/>
- [51] *Wolf tooth components* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.wolfteethcomponents.com/products/direct-mount-chainrings-for-sram-cranksets>
- [52] What is Cimatron?. *Cimatron* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.cimatron.com/>
- [53] *Manobike* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.manobike.com/en-top-mini-iscg05-cerna/>
- [54] *Ethirteen* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.ethirteen.com/products/trs-race-cmpct-i05-no-bash>
- [55] *Oneupcomponents* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://eu.oneupcomponents.com/collections/chainguides/products/chain-guide-iscg05-v2>
- [56] *Bike-components* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.bike-components.de/assets/p/i/1280x960/263647.webp>

- [57] *Tmfilament* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://tmfilament.com/wp-content/uploads/2019/12/Datasheet-PETG-2020.pdf>
- [58] *Prusa3d* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.com/cs/produkt/prusament-resin-tough-2/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PE	Polyethylen
ISCG	International Standart Chain Guide
BB	Bottom bracket
CAD	Počítačem podporované navrhování
CAM	Počítačem podporovaná výroba
SLA	Stereolitografie
3D	Trojdimenzionální
UV	Ultrafialové
MJF	Multi jet fusion
SLS	Selective laser sintering
SLM	Selective laser melting
CNC	Číslicově řízený stroj
FDM	Fused deposition modeling
PA	Polyamid
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PLA	Kyselina polyléčná
PC	Polykarbonát
2D	Dvojdímenzionální
EDM	Elektroerozivní obrábění
DLP	Digital Light Procesing
DIN	Německý institut pro normy a standardizace
HP	Hewlett Packard
MRP	Mountain Racing Products
PETG	Polyetyléntereftalát – glykol

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Řetězový převod [26] .....	12
Obrázek 2 Válečkový řetěz jednořadý [27] .....	13
Obrázek 3 Dopravní řetěz [28] .....	13
Obrázek 4 Gallův řetěz [29].....	14
Obrázek 5 Řetězový převod na jízdním kole [31] .....	14
Obrázek 6 Vedení řetězu typ CT-Duplex [30].....	15
Obrázek 7 Vedení řetězu na jízdním kole [33] .....	16
Obrázek 8 Převodník typu narrow wide [34].....	16
Obrázek 9 Bashguard firmy 77designz [35] .....	17
Obrázek 10 Napínací kladka [36] .....	17
Obrázek 11 Typizované uchycení vodítka řetězu k rámu [37].....	18
Obrázek 12 E-typ uchycení vodítka řetězu [38] .....	19
Obrázek 13 D-typ uchycení vodítka řetězu [39].....	19
Obrázek 14 Frézování .....	23
Obrázek 15 Soustružení vnějšího průměru .....	24
Obrázek 16 Schéma SLA 3D tisku [40] .....	26
Obrázek 17 Schéma MJF 3D tisku [41].....	27
Obrázek 18 Schéma SLS 3D tisku [42] .....	29
Obrázek 19 Schéma SLM 3D tisku [44].....	30
Obrázek 20 Schéma FDM 3D tisku [43] .....	31
Obrázek 21 Modelovací prostředí CAD/CAM systému CimatronE 11 .....	35
Obrázek 22 Obráběcí prostředí CAD/CAM systému CimatronE 11 .....	36
Obrázek 23 Popis sestavy vodítka řetězu [56].....	40
Obrázek 24 Detailní pohled horní části vodítka řetězu [46] .....	41
Obrázek 25 Vodítka řetězu Manobike EN TOP MINI ISCG05 [47] .....	42
Obrázek 26 Vodítka řetězu Ethirteen TRS Race SL Chainguide [48] .....	43
Obrázek 27 Vodítka řetězu OneUp ISCG 05 Top V2 [45] .....	44
Obrázek 28 Rozměry vyráběných offsetů převodníku [51].....	46
Obrázek 29 Skica ideální chainline [51].....	46
Obrázek 30 Rozměry uchycení typu ISCG-05 [37].....	46
Obrázek 31 Prostředí softwaru PrusaSlicer .....	47
Obrázek 32 Pojmenování jednotlivých dílů sestavy první varianty .....	48
Obrázek 33 Zadní pohled modelu první varianty .....	49
Obrázek 34 Ukázka upínacího mechanismu a kolíků pro spojení obou polovin vodítka....	49



Obrázek 35 Řez sestavou pro ukázkou upínacího systému vodička .....	50
Obrázek 36 Kružnice představující převodník při průchodu vodičkem, vlevo převodník s 28 zuby, vpravo převodník s 36 zuby .....	50
Obrázek 37 Použitá FDM tiskárna Kingroon KP3 .....	52
Obrázek 38 Použitá DLP tiskárna Anycubic Photon Zero .....	53
Obrázek 39 Simulace FDM tisku první varianty .....	54
Obrázek 40 Simulace DLP tisku první varianty .....	54
Obrázek 41 FDM tisk první varianty .....	55
Obrázek 42 Vytvrzování výtisků pod UV zářením.....	56
Obrázek 43 Vyrobená sestava první varianty .....	57
Obrázek 44 Sestava první varianty, která je usazená na rámu kola.....	57
Obrázek 45 Pojmenování jednotlivých dílů sestavy druhé varianty.....	59
Obrázek 46 Přední pohled druhé varianty .....	60
Obrázek 47 Zadní pohled druhé varianty .....	60
Obrázek 48 Detailní pohled na upínací mechanismus.....	61
Obrázek 49 Porovnání rozpínacích trnů a šroubů, vlevo z první varianty, vpravo z druhé varianty .....	61
Obrázek 50 Simulace FDM tisku druhé varianty .....	62
Obrázek 51 Simulace DLP tisku druhé varianty .....	63
Obrázek 52 Vyrobená sestava druhé varianty .....	64
Obrázek 53 Sestava druhé varianty usazená na rámu kola.....	64
Obrázek 54 Přední pohled první varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model.....	67
Obrázek 55 Zadní pohled první varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model.....	68
Obrázek 56 Pohled z boku první varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model.....	68
Obrázek 57 Přední pohled druhé varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model.....	69
Obrázek 58 Zadní pohled druhé varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model.....	70
Obrázek 59 Pohled z boku druhé varianty, vlevo vyrobená sestava, vpravo 3D model.....	70

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Šířka řetězu dle počtu převodů na jízdním kole [50].....	45
Tabulka 2 Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu PETG [57].....	51
Tabulka 3 Mechanické vlastnosti tvrdé fotopolymerní pryskyřice [58].....	51
Tabulka 4 Parametry pro FDM tisk první varianty.....	52
Tabulka 5 Parametry pro DLP tisk první varianty.....	52
Tabulka 6 Kusovník použitých normalizovaných dílů pro první variantu .....	56
Tabulka 7 Kusovník použitých normalizovaných dílů pro druhou variantu .....	63

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: CD disk obsahující:

- 3D model první varianty
- 3D model druhé varianty

