



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## KONSTRUKCE STOLNÍ TŘÍDIČKY MINCÍ

DESIGN OF A DESK COIN SORTING MACHINE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Simona Uhrová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

BRNO 2021



# Zadání bakalářské práce

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| Ústav:            | Ústav konstruování                   |
| Studentka:        | <b>Simona Uhrová</b>                 |
| Studijní program: | Strojírenství                        |
| Studijní obor:    | Základy strojního inženýrství        |
| Vedoucí práce:    | <b>doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.</b> |
| Akademický rok:   | 2020/21                              |

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Konstrukce stolní třidičky mincí

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Drobné mince mají v dnešní době funkci účetní jednotky a plní cenotvornou roli. Nicméně postupně se stávají "mincemi na jedno použití", které jsou sice trvale vydávány do oběhu, ale dále necirkulují. ČNB tak musí vydávat nové mince, aby byl v obchodech dostatek drobných na vracení. Tento vývoj je přirozený a odráží rostoucí význam bezhotovostních plateb. Třidičky a počítačky drobných mincí, které dokážou rozměnit finanční hotovost nebo převést hotovost na účet mohou tento problém vyřešit.

Typ práce: vývojová – konstrukční

**Cíle bakalářské práce:**

Hlavním cílem je konstrukční návrh a realizace funkčního modelu stolní třídičky českých mincí s elektromechanickým pohonem.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analyzovat problém a provést bibliografickou rešerši existujících řešení,
- vypracovat koncepční návrhy možných řešení,
- rozpracovat vybraný návrh do podoby 3D modelu a výkresové dokumentace,
- realizovat funkční model pomocí 3D tisku.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:  
<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukonceni/>

**Seznam doporučené literatury:**

CHILDS, P. R. N. Mechanical design engineering handbook. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2014, ISBN 978-0-08-097759-1.

MATTHEWS, C. Case studies in engineering design: a project-based introduction. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998, ISBN 03-406-9135-2.

KOSKY, P., G. WISE, R. BALMER, W. KEAT. Exploring Engineering: An Introduction for Freshman to Engineering and to the Design Process, Elsevier 2006, ISBN 978-0-12-369405-8.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí cenově přijatelné stolní třídičky mincí s elektromechanickým pohonem určené pro výrobu aditivní metodou 3D tisku. Je zde obsažen přehled trhu a existujících mechanismů. Následuje tvorba konstrukčních návrhů, výběr návrhu pro realizaci, jeho zpracování do podoby 3D modelu a výkresové dokumentace. Na závěr je vytvořen funkční model pomocí 3D tisku, jsou zhodnocena možná kritická místa a navržena další zlepšení a možná rozšíření.

## KLÍČOVÁ SLOVA

třídění mincí, 3D tisk, mince, elektromotor, mechanismus třídění mincí

## ABSTRACT

The bachelor thesis demonstrates the design concept of a low cost electromechanically driven coin sorter that can be created by the utilization of additive manufacturing, specifically 3D printing. Technical drawing documentation of the chosen design concept is then provided as well as insight into the 3D printing process. In the conclusion, the working model of the coin sorter is created, and an analysis is offered of potential problematic areas as well as possible improvements and extensions.

## KEYWORDS

coin sorting, 3D printing, coins, electromotor, coin sorting mechanism



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

UHROVÁ, Simona. Konstrukce stolní třídičky mincí [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131959>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D..



## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Petru Svobodovi, Ph.D. za rady, připomínky a vstřícnost ke konzultacím práce.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením doc. Ing. Petra Svobody, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD</b>                                   | <b>13</b> |
| <b>2</b> | <b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>       | <b>14</b> |
| 2.1      | Parametry českých mincí                       | 14        |
| 2.2      | Oblasti využití                               | 16        |
| 2.2.1    | Veřejný sektor                                | 16        |
| 2.2.2    | Profesionální sektor                          | 16        |
| 2.3      | Stolní třídíčky                               | 17        |
| 2.3.1    | Důležité parametry                            | 17        |
| 2.3.2    | Stručný přehled produktů na trhu a jejich cen | 18        |
| 2.4      | Mechanismus třídění                           | 20        |
| 2.4.1    | Prvotní patenty                               | 20        |
| 2.4.2    | Kolejnicový systém                            | 22        |
| 2.4.3    | Rotační disk                                  | 24        |
| 2.5      | Elektromechanický pohon                       | 27        |
| 2.5.1    | Konvenční (komutátorový) DC motor             | 27        |
| <b>3</b> | <b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>           | <b>28</b> |
| 3.1      | Analýza problému                              | 28        |
|          | Cíl práce                                     | 29        |
| <b>4</b> | <b>KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ</b>                       | <b>30</b> |
| 4.1      | Koncepční návrh číslo 1                       | 30        |
| 4.2      | Koncepční návrh číslo 2                       | 31        |
| <b>5</b> | <b>KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>                     | <b>32</b> |
| 5.1      | Popis zvoleného koncepčního návrhu            | 32        |
| 5.2      | Rotační unašeč                                | 34        |
| 5.3      | Víko se zásobníkem                            | 35        |
| 5.4      | Tělo třídíčky                                 | 35        |
| 5.5      | Volba elektromechanického pohonu              | 36        |
| 5.5.1    | Předpokládané zatížení                        | 36        |
| 5.5.2    | Elektromotor                                  | 39        |
| 5.5.3    | Napájení                                      | 42        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.6       | Zásobníky  | 42        |
| 5.7       | Vedení   | 43        |
| 5.8       | 3D tisk a výroba produktu                          | 44        |
| <b>6</b>  | <b>DISKUZE</b>                                     | <b>46</b> |
| <b>7</b>  | <b>ZÁVĚR</b>                                       | <b>48</b> |
| <b>8</b>  | <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>                     | <b>49</b> |
| <b>9</b>  | <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b> | <b>52</b> |
| 9.1       | Použité zkratky                                    | 52        |
| 9.2       | Použité symboly                                    | 52        |
| <b>10</b> | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>                      | <b>53</b> |
| <b>11</b> | <b>SEZNAM TABULEK</b>                              | <b>55</b> |
| <b>12</b> | <b>SEZNAM PŘÍLOH</b>                               | <b>56</b> |



# 1 ÚVOD

Žijeme v době, kdy chrastivý zvuk mincí nahrazuje pípnutí platebního terminálu a v naší peněženke se místo několika kusů bankovek a mincí nachází pouze kreditní karta, avšak stále existuje mnoho situací, kdy se bez fyzické měny neobejdeme.

Vlivem inflace dochází ke snižování skutečné hodnoty peněz, a tak se mince, především ty nejnižších hodnot, stávají stále méně cennými. V oblasti obchodu a služeb se tak setkáváme s jevem, kdy zákazník preferuje disponovat svými finanční prostředky v podobě bankovek nebo digitální měny, ale mince se mu hromadí. Naopak pro obchodníka jsou mince nezbytným artiklem, jehož zásobu je obvykle nutno pravidelně doplňovat.

Ruční třídění a počítání většího objemu mincí je časově náročná činnost, je proto žádoucí využití přístrojů v této práci člověka zastupujících. Pravděpodobně nejčastějším místem, kde se se stolními třídičkami setkáváme, jsou banky. Ty poskytují zákazníkům služby, na základě kterých nahromaděné mince smění za hodnotnější hotové peníze, případně připiší jejich hodnotu k zůstatku zákaznickova účtu, nebo naopak vydají požadovaný obnos v podobě konkrétního počtu mincí. Moderním řešením jsou samoobslužné automaty, které plní zmiňovanou funkci.

Pracovníci, kteří pracují s hotovostí v místech, jako jsou například obchody, stravovací zařízení, nebo pokladny, musí obvykle evidovat zůstatek hotovostních prostředků jednou, či dokonce několikrát denně, tudíž čas strávený právě počítáním, případně i tříděním mincí (ve stravovacích zařízeních a barech, kde jsou mince uchovány v jedné kapse peněženky), není zanedbatelný.

Právě setkání s těmito jevy jak v osobním, tak i profesionálním sektoru bylo inspirací pro téma této práce. Cílem je využít získané poznatky v této oblasti při tvorbě vlastního funkčního přístroje na třídění mincí vhodného pro drobné gastronomické provozovny, který bude poměrně snadno realizovatelný za pomoci 3D tisku a běžně dostupných součástí a jehož cena by nepředstavovala velkou investici při pořízení.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

První české mince – denáry se datují již k devátému století a česká měna si prošla od té doby několika proměnami [1]. Avšak zpracování mincí spočívalo ještě okolo roku 1990 na většině poboček České národní banky v ručním třídění, počítání a kontrole a až postupně v průběhu několika let byly pobočky vybavovány přístroji usnadňujícími lidskou práci [2]. Od té doby jde vývoj v této oblasti stále kupředu a na českém i světovém trhu je k dispozici rozmanité portfolio přístrojů, které každý den usnadňují práci lidem zdaleka nejen v bankách.





### 2.1 Parametry českých mincí

V České republice se se v současnosti můžeme setkat s mincemi 6 hodnot lišícími se technickými parametry. Pro účely třídění mincí jsou tyto údaje velmi důležité, obzvláště potom průměr, tloušťka a často také váha.



Obr. 2-1 Aktuálně platné české mince [3]

Tab. 2-1 Základní parametry mincí [3]

|              | <b>Průměr</b> | <b>Tloušťka</b> | <b>Materiál</b>     | <b>Hmotnost</b> | <b>Vzhled</b>   |
|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|---|
| <b>1 Kč</b>  | 20 mm         | 1,85 mm         | Ocel, nikl          | 3,6 g           |  <p>Obr. 2-2 1 Kč [3]</p>    |
| <b>2 Kč</b>  | 21,5 mm       | 1,85 mm         | Ocel, nikl          | 3,7 g           |  <p>Obr. 2-3 2 Kč [3]</p>    |
| <b>5 Kč</b>  | 23 mm         | 1,85 mm         | Ocel, nikl          | 4,8 g           |  <p>Obr. 2-4 5 Kč [3]</p>   |
| <b>10 Kč</b> | 24,5 mm       | 2,55 mm         | Ocel, měď           | 7,62 g          |  <p>Obr. 2-5 10 Kč [3]</p> |
| <b>20 Kč</b> | 26 mm         | 2,55 mm         | Ocel,<br>zinek, měď | 8,43 g          |  <p>Obr. 2-6 20 Kč [3]</p> |
| <b>50 Kč</b> | 27,5 mm       | 2,55 mm         | Ocel,<br>zinek, měď | 9,7 g           |  <p>Obr. 2-7 50 Kč [3]</p> |

## 2.2 Oblasti využití

### 2.2.1 Veřejný sektor

Důsledkem inflace se hodnota peněz neustále snižuje, a tak se hodnota některých mincí pro nás stává téměř zanedbatelnou. Zatímco v České republice je aktuálně mincí s nejnižší nominální hodnotou 1 Kč, například u amerického dolaru je jí 1 cent. Jeho hodnota v přepočtu je přibližně 0,22 Kč [4], uvážíme-li i rozdíl v průměrné mzdě v zemích, kde jsou měny užívány, hodnotu centu si lze představit jako necelých 10 haléřů (0,1 Kč). V důsledku toho se mnoho lidí setkává s hromaděním mincí a zatímco u nás tento problém není tak markantní a je vyřešen zanesením mincí do banky, v jiných zemích se stávají čím dál tím běžnější veřejné automaty pro uložení hotovosti do elektronické podoby či rozměnění. Tyto automaty nalezneme pak například v supermarketech či obchodních centrech.

#### Coinstar machine

Samoobslužné kiosky Coinstar se nachází nejčastěji v supermarketech, drogeriích a bankách. Do přístroje velikosti většího nápojového automatu zákazník vsype mince, které si přeje směnit, ten je spočítá a jsou mu směněny za bankovky, případně poukaz či plastovou dárkovou kartu. Toto rychlé a dostupné řešení bývá často zatíženo poplatky ve výši až 10% zpracované částky [5].



Obr. 2-8 Coinstar machine [6]

### 2.2.2 Profesionální sektor

Se stolními třídičkami se můžeme setkat nejen v bankách, kde jsou nedílnou součástí každé přepážky, která pracuje s hotovostí. Své místo najdou i v obchodech, na recepcích či pokladnách. Více o těchto třídičkách pojednává další kapitola.

## 2.3 Stolní třídačky

### 2.3.1 Důležité parametry

#### Velikost zásobníku

Určuje, kolik mincí je možno vložit do přístroje. Pohybuje se běžně v rozmezí 100-800.

#### Rychlost třídění a počítání

Rychlost třídění je měřena v mincích za minutu. Obvykle v rozmezí 150-2000.

#### Mechanismy zabraňující zasekávání

Je téměř nemožné vyhnout se zasekávání mincí v přístroji, proto je přínosná přítomnost aspektů těmto konfliktům zabraňujících.

#### Sčítání hodnoty

Další z klíčových vlastností je schopnost mince počítat a zobrazit celkovou vyříděnou hodnotu.

#### Výstup

Na výstupu můžeme nalézt fixní, případně měnitelné, zásobníky, nejčastěji papírové ruličky a sáčky, které se využijí pro další transport.

#### Tisk výpisu

Pokročilejší přístroje mohou disponovat termální či jinou tiskárnou, která připraví výpis či potvrzení o proběhlém procesu.

[7]

## 2.3.2 Stručný přehled produktů na trhu a jejich cen

### Safescan 1250

Kapacita zásobníku: 500 mincí

Rychlost: 220 mincí/min

Další funkce: Dávkování, autostop, počítání

Cena: cca. 5500 Kč bez DPH

Jednoduchý a cenově dostupný přístroj, vhodný spíše pro provozní pracující s menšími objemy mincí. Dokáže například nadávkovat požadovanou částku, spočítat obsah pokladny. Dle recenzí však přesnost není vždy dokonalá a nenajdeme zde například funkci rozpoznání padělků nebo nevyžádané měny [8].



Obr. 2-9 Safescan 1250 [8]

### Cashwork Coin 300

Kapacita zásobníku: 3000 mincí

Rychlost: 600 mincí/min

Další funkce: Tisk výpisu, výstup do odjímatelných sáčků, dávkování, možnost softwarových updatů

Cena: cca. 59000 Kč bez DPH

Třídíčka vhodná pro profesionální použití v bankách a dalších provozovnách. Nominální hodnota mincí vyhodnocena na základě charakteristických elektromagnetických vlastností [9].



Obr. 2-10 Cashwork Coin 300 [9]

## Procoin Cashwork One

Kapacita zásobníku: 5000 mincí

Rychlost: 3000 mincí/min

Další funkce: Tisk výpisu, systém rozpoznání padělku, CZK i EUR, výstup do odnímatelných sáčků, dávkování, možnost softwarových update

Cena: není zveřejněna

Přístroj vhodný pro profesionální použití díky své přesnosti a rychlosti [10].



Obr. 2-11 Procoin Cashwork One [10]

## MoneyScan CS3300

Kapacita zásobníku: 3600 mincí

Rychlost: 2300 mincí/min

Další funkce: výstup do odnímatelných sáčků, dávkování, počítání, univerzální použití na více měn

Cena: cca. 16000 Kč bez DPH

Vysoká rychlost a kapacita umožňují využití i v provozech pracujících s většími objemy mincí. Jednou z hlavních předností je vysokokapacitní zásobník a možnost třídít více měn [11].



Obr. 2-12 MoneyScan CS3300

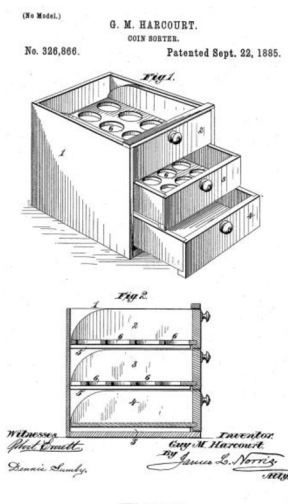
## 2.4 Mechanismus třídění

Pro třídění mincí je využíváno několik různých mechanismů a principů, které jsou následně často kryty patenty nebo užitnými vzory. Přesné rozměry a specifikace pak musí být značně přizpůsobeny požadované měně, jelikož ty se liší nejen svými rozměry, váhou, materiálem apod., ale často i počtem druhů mincí (např. Euro – 8 druhů, Dolar – 6 druhů). Ve stolních třídíčkách se nejčastěji objevují variace dvou mechanismů. Jeden z nich využívá lineárního pohybu mincí, nazveme ho „kolejnicovým systémem“ (v anglickém jazyce takzvaný rail system). Hlavním prvkem druhého z nich je pak rotační disk v různých podobách.

### 2.4.1 Prvotní patenty

Texas, USA 1885

Jeden z nejstarších patentů pochází z roku 1885 z Texasu, USA, přičemž první dolarové mince byly raženy v roce 1792. Skládá se ze série zásuvek umístěných nad sebou, přičemž ty s největšími otvory jsou nejvýše. Jako důsledek tohoto sestavení jsou největší mince zachyceny již v prvním kroku, zatímco ty nejmenší propadnou až do nejnižšího patra. Tento princip má značná omezení, co se týče rychlosti, kapacity a přesnosti třídění, na straně výhod však stojí jednoduchý princip a snadná konstrukce [12].



Obr. 2-13 Texas, USA 1885 [12]



## Japonské „Stojírenské dědictví“

První japonská počítačka mincí byla představena v roce 1950 na požadavek Japonské mincovny po tom, co byly bankovky drobných hodnot postupně nahrazovány kovovými mincemi [13]. Tento poměrně robustní kovový přístroj využívá k dopravě mincí rotujícího disku a odstředivé síly, což je princip, jež je i v současné době velmi častý.

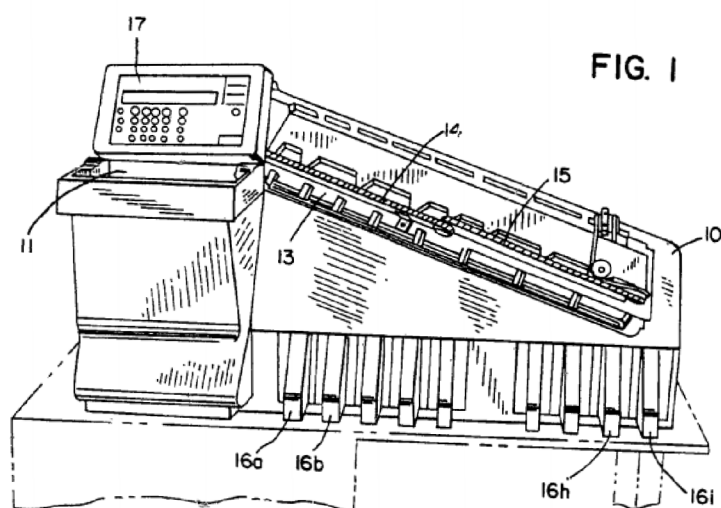


Obr. 2-14 Japonské „Stojírenské dědictví“ [13]

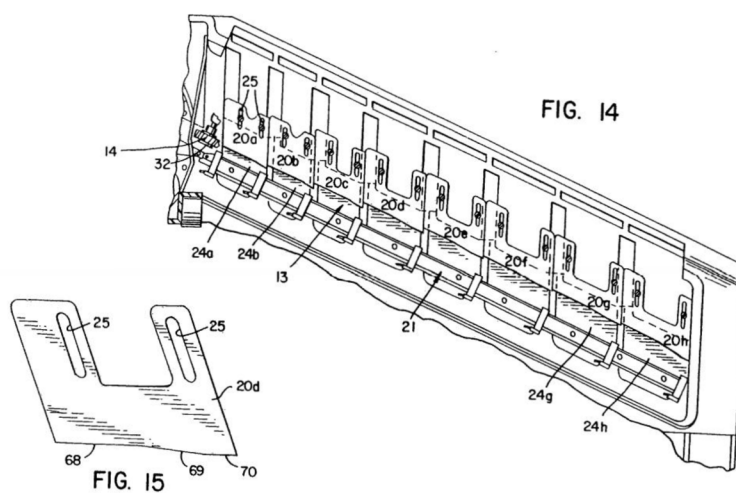
## 2.4.2 Kolejnicový systém

### Powered coin rail sorter AU658431B2

Třídíčka obsahuje inklinovaný disk, který dopravuje mince ze zásobníku k nakloněné kolejnici, která je definována sérií nastavitelných vstupních bran, které slouží k dimenzování otvorů pro konkrétní mince, které mají být zpracovány. Mince vstupující do kolejnice jsou zachyceny pásem s výstupky, kterými jsou přitlačeny a posouvány dále, dokud nedosáhnou jim dedikovaného otvoru. Tam dojde k uvolnění vychýleného napjatého pásu, jehož potenciální energie dopomůže putovat již roztříděné minci přes hranu tratě směřující do zásobníku [14].



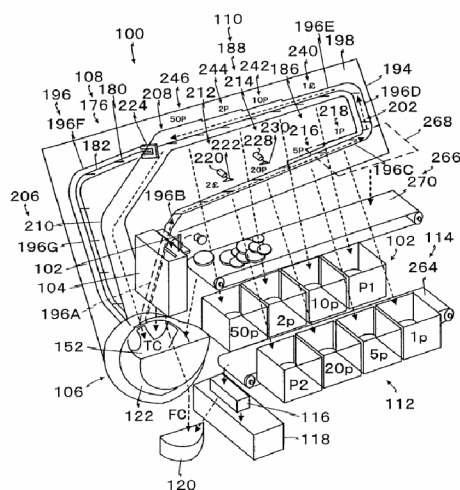
Obr. 2-15 Powered coin rail sorter [14]



Obr. 2-16 Powered coin rail sorter 2 [14]

## Denomination distinguishing system in coin processing apparatus US7497314B2

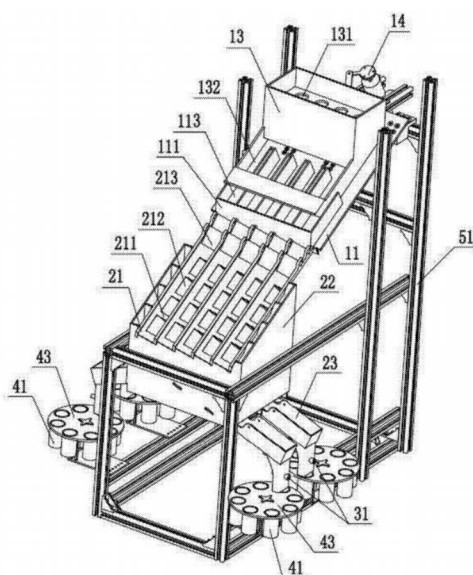
Mince jsou transportovány nekonečnou smyčkou pásového dopravníku, podél něž se nachází třídící jednotky. Jednotka se aktivuje, jakmile je mince patřičné hodnoty rozpoznána sondou. Následuje vychýlení pomocí solenoidu a vstup mince do dimenzovaného otvoru [15].



Obr. 2-17 Denomination distinguishing system in coin processing apparatus [15]

## Coin Sorter CN205788433U

Zásobník tohoto přístroje představuje vibrační síto, které propouští mince dále do několika řad nakloněných ploch s otvory. Ty jsou řazeny od nejmenšího po největší a navazují na ně vedení, která ústí do otočných zásobníků [16].

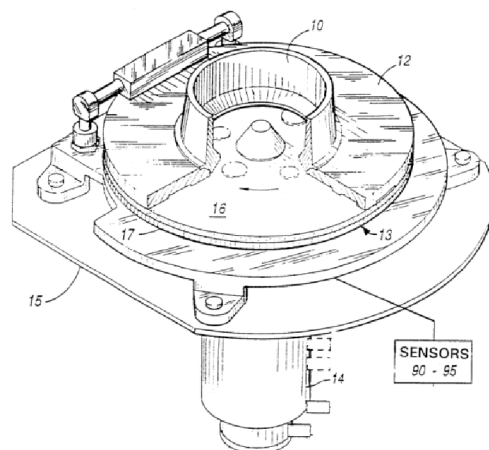


Obr. 2-18 Coin Sorter [16]

## 2.4.3 Rotační disk

### Coin sorter with slotted exit channels CA2191012C

Třidič se skládá z rotačního disku s houževnatým povrchem a statické třídící hlavy, jejíž spodní plocha je od rotačního disku lehce odsazena a disponuje navaděči, které směřují mince k jejímu obvodu. Zde se nachází výstupní kanály s dvojitou stěnou, v níž jsou umístěny navaděče směřující mince do zásobníků [17].



Obr. 2-19 Coin sorter with slotted exit channels [17]

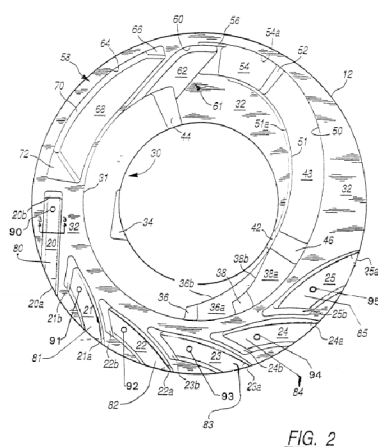
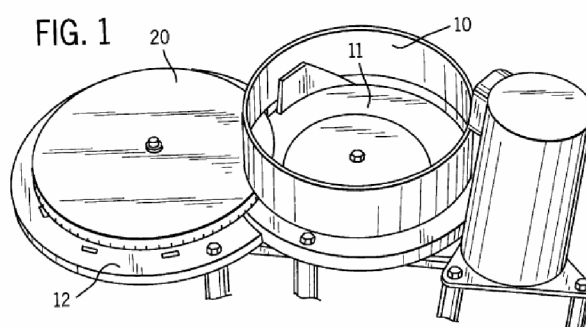


FIG. 2

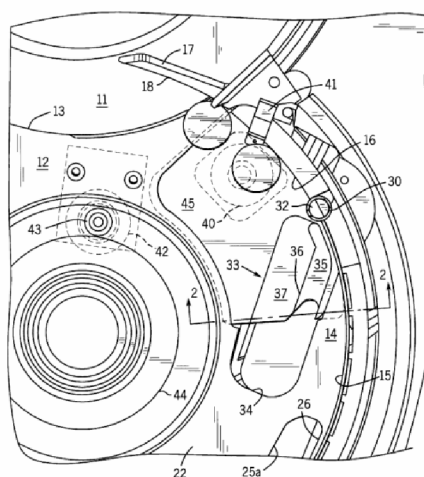
Obr. 2-20 Coin sorter with slotted exit channels 2 [17]

## Coin recognition and off-sorting in a coin sorter US5992602A

Třídíč disponuje kruhovou třídící dráhou s vyvýšeným okrajem. U okraje je umístěn přepínač, který může být aktivován, aby odklonil nevyžádané mince do prostoru pro ně určeného. Odkloňovač je aktivován systémem pro rozpoznání mincí, který se skládá z indukční cívky umístěné pod třídící dráhou. Signály z cívky, přes kterou prošla mince, jsou porovnány s uloženými daty pro vyžádanou měnu. Pokud se neshoduje s žádným z nich, je mince odkloněna. Pro správný chod systému je vyžadována kalibrace. Vyhovující mince putují po obvodu dále k sérii vodorovných třídících otvorů, seřazených od nejmenšího po největší, jimiž propadnou a jsou tak roztrženy. Aby bylo zajištěno, že mince na třídící dráhu vstupují v jedné vrstvě, přiléhá k dráze rotační disk, který mincím dodává potřebný směr a kinetickou energii [18].



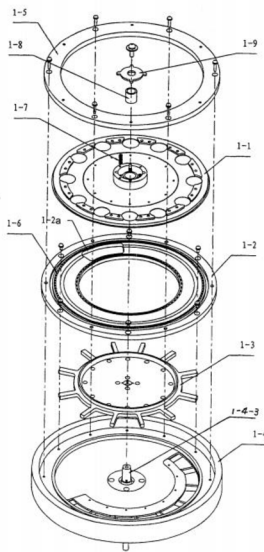
Obr. 2-21 Coin recognition and off-sorting in a coin sorter [18]



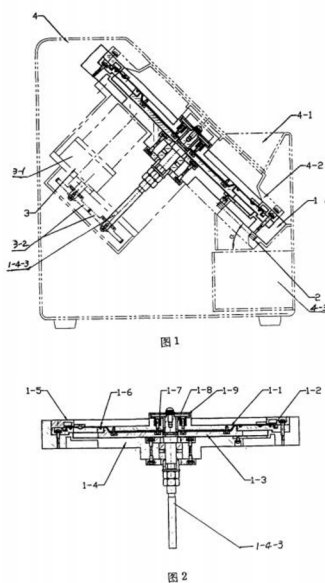
Obr. 2-22 Coin recognition and off-sorting in a coin sorter 2 [18]

## Device for sorting and counting coins CN100495445C

Zařízení se skládá z hned několika různých disků, kdy každý plní specifickou funkci. Soubor je uložen pod úhlem 35°-50°, aby bylo zabezpečeno, že mince budou působením gravitační síly sklouzávat k okraji, kde jsou zachyceny otvory v prvním disku. Odtud putují v určeném místě skrz nepohyblivý disk druhý a jsou opět uvedeny do rotačního pohybu diskem třetím. Plocha posledního, nepohyblivého disku obsahuje otvory, které lze pomocí vyměnitelného plátu dimenzovat pro konkrétní typ mincí [19].



Obr. 2-23 Device for sorting and counting coins [19]



Obr. 2-24 Device for sorting and counting coins 2 [19]

## 2.5 Elektromechanický pohon

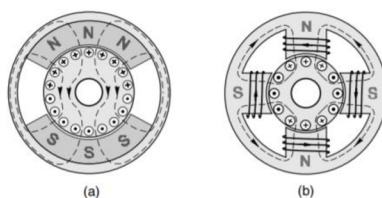
Cílem této bakalářské práce je zhotovit funkční model stolní třídičky, jehož nedílnou součástí je elektromechanický pohon. Elektromechanickým pohonem se rozumí systém, jehož účelem je převod elektrické energie na energii mechanickou. Jako elektromechanický pohon můžeme označit též elektromotor, jelikož převádí zmiňovanou elektrickou energii na rotační pohyb.

### 2.5.1 Konvenční (komutátorový) DC motor

Podíl stejnosměrného komutátorového motoru na trhu je stále velmi výrazný, i když postupně upadá s nástupem inverterových indukčních motorů. Rozsah využití a k tomu se vztahující požadovaných výkonů je široký, od lisovacích válců, železniční vedení, přes škálu výrobních systémů až po precizní servomotory. Kroutící moment je tvořen interakcí mezi axiálními konduktory přenášejícími proud a radiálním magnetickým polem tvořeným státorem. Magnetické pole může být zaopatřeno permanentními magnety, nebo vinutími vytvářejícími magnetické pole. Úlohou komutátoru je zajistit, že proud protéká správným směrem vzhledem k pozici rotoru. Komutátor je zároveň omezením pro maximální proud a napětí, tudíž i účinnost je tak limitována [20].



Obr. 2-25 Konvenční DC motor [20]



Obr. 2-26 Motor s (a) permanentní magnet s 2 póly (b) 4 pólové vinutí [20]

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Celý přístroj se s výjimkou složitějších univerzálních přístrojů konstruuje přímo pro vybranou měnu. Každá měna se liší nejen rozměry mincí, ale také počtem druhů. Česká měna má 6 typů mincí. Mince se vyrábí pouze ve dvou tloušťkách, avšak každá má svůj vlastní specifický průměr. Při konstruování mechanismu, který mince rozlišuje na základě právě jejich průměru, je nutné dodržet správné rozměry a zohlednit přesnost, na kterou bude klíčová součást vyráběna. Průměr dvou mincí sobě nejbližších nominálních hodnot se od sebe liší vždy o 1,5 mm. Zde by tedy přesnost 3D tisku při správném nastavení měla být dostačující.

Přístroj neobsahuje žádné součásti, které by byly namáhány obzvlášť velkými silami, tudíž pevnostní výpočty ani výběr speciálně pevného materiálu není příliš směrodatný. Pozornost by měla být zaměřena spíše na dostatečnou tloušťku stěn součástí za současně co nejmenší spotřeby materiálu. Nejčastějšími materiály využívanými pro 3D tisk jsou PLA, PET, PET-G, ABS a další. Je třeba vybrat materiál nejvhodnější pro tuto aplikaci.

Při návrhu je třeba zohlednit maximální tiskový prostor použité 3D tiskárny, případně počítat s lepením z několika dílů.

Elektromotor musí splňovat požadavky na odhadovaný kroutící moment, aby byl schopen zařízení bez problému pohánět. Je tedy nutné stanovit očekávané maximální zatížení a pomocí momentové a jiných charakteristik motoru ověřit jeho vhodnost pro tuto aplikaci. Otáčky nesmí být příliš vysoké, aby tříděné mince nedosahovaly příliš vysoké kinetické energie a nenastávala příliš velká chybovost třídění. S výběrem elektromotoru souvisí i volba napájení, kde je rozhodováno mezi napájením ze sítě a využitím vyměnitelných monočlánků.

Tato stolní třídička mincí je určena pro menší provozy, kde požadavky na rychlost a objem mincí nejsou vysoké, tudíž bude dimenzována na nižší rychlost třídění.



## Cíl práce

Hlavním cílem práce je zhotovit funkční model stolní třídičky mincí pro českou měnu, který bude snadno realizovatelný pomocí 3D tisku a u něž náklady na výrobu budou zlomkem ceny nejlevnějších produktů na trhu.

Dílčí cíle práce:

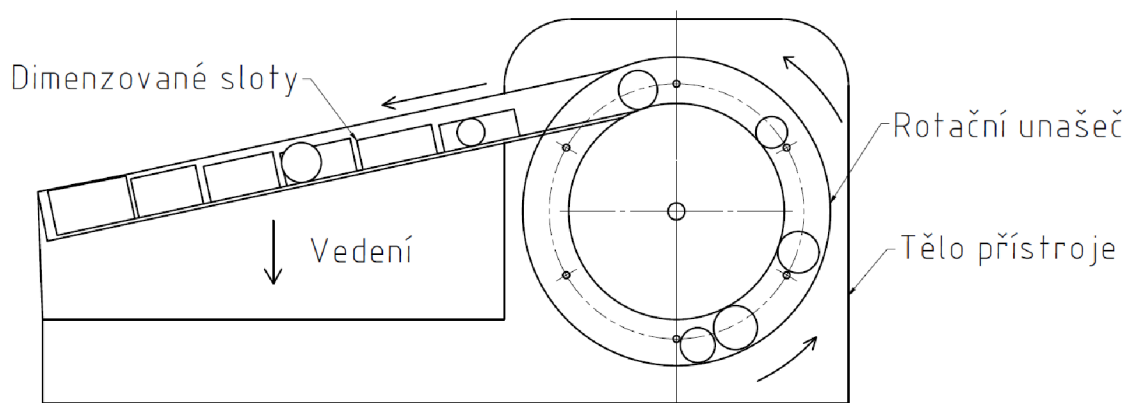
- návrh třídícího mechanismu
- volba elektromechanického pohonu
- určení vhodného materiálu a parametrů pro 3D tisk
- realizace virtuálního 3D modelu a tvorba výkresové dokumentace

## 4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Třídící proces se skládá z několika fází a procesů, které je nutné zajistit. Jako první jsou mince vloženy do zásobníku, který zajišťuje jejich shromáždění. Následuje dopravní prvek, který zajistí jejich distribuci k samotnému třídícímu mechanismu. Ten musí být dimenzován na požadovanou měnu přesně s maximální odchylkou přibližně 0,5 mm, případně být nastavitelný. Nesmí chybět také výstup v podobě zásobníků a přívodu k nim.

### 4.1 Koncepční návrh číslo 1

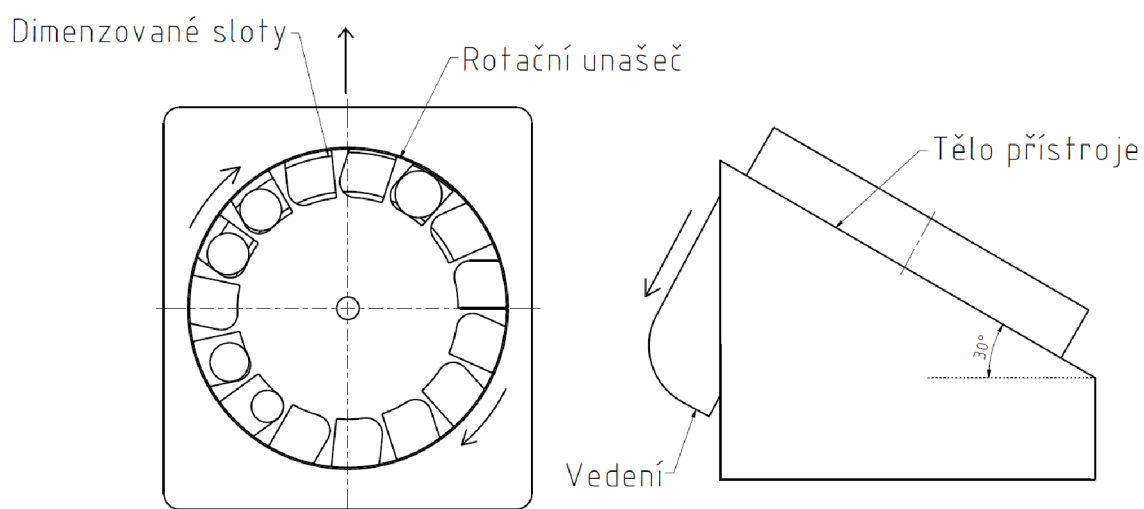
Rotační unášec opatřený tvarovými prvky ve formě kruhových výstupků zajišťuje zachycení mincí ze zásobníku a jejich dopravu k lineární kolejnici. Prostor pro zásobník je ve spodní polovině unášče v podobě kapsy, kde jsou mince vpraveny přímo do kontaktu s rotačním unáščem. Kolejnice je skloněna podél dvou os k zajištění valení mincí a jejich opření ostěnu kolejnice. Nacházejí se zde sloty – otvory pro průchod mincí seřazené v řadě dle velikosti. Prostor pro vedení mincí a zásobníky se nachází přímo pod kolejnicemi. Výhodou tohoto návrhu je nezávislost velikosti a průměru rotačního unášče na rozměrech slotů pro třídění mincí, jelikož třídění probíhá odděleně. Oddělená separace může mít za následek také menší chybovost. Nevýhodou je potřeba poměrně velké plochy pro krytování mechanismu.



Obr. 4-1 Schéma konceptu 1

## 4.2 Konceptní návrh číslo 2

Rotační unašeč u druhého konceptu je opatřen speciálně tvarovanými otvory po obvodu, které zachycují mince a dopravují je k sérii dimenzovaných slotů – otvorů. Prostor pro vedení je pod sloty a s umístěním zásobníků se počítá podél stěny přístroje. Zásobování mincí je realizováno pomocí víka přístroje, nevkládají se tak rovnou do přímého kontaktu s rotačním unašečem. Výhodou tohoto mechanismu je jeho kompaktnost způsobená tím, že třídění probíhá přímo pod rotačním unašečem. Nevýhodou může být složitější tvar některých součástí, jako například vedení či rotačního unašeče.



Obr. 4-2 Schéma konceptu 2

## 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

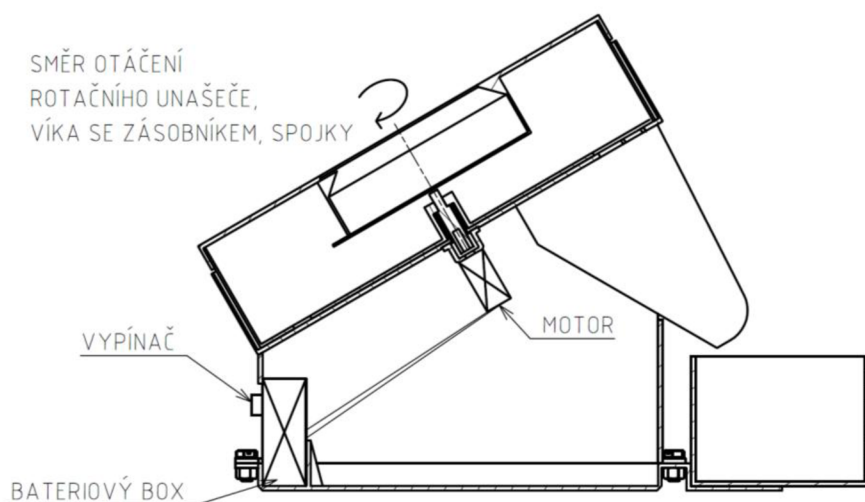
Cílem je vytvořit model třídičky mincí, který bude snadno realizovatelný pomocí 3D tisku. Nejdříve je třeba rozvrhnout rozměry potřebné pro rotační unašeč a sloty pro samotné třídění mincí. Dále je nezbytné zvolit správný sklon víka těla třídičky, na kterém bude unašeč umístěn. Následuje volba a návrh vedení pro směřování mincí do zásobníků a zásobníků samotných. Velmi důležitou součástí je také řešení elektromechanického pohonu, volba uchycení motoru a přenosu krouťacího momentu na rotační disk a také vhodného napájení.

### 5.1 Popis zvoleného koncepčního návrhu

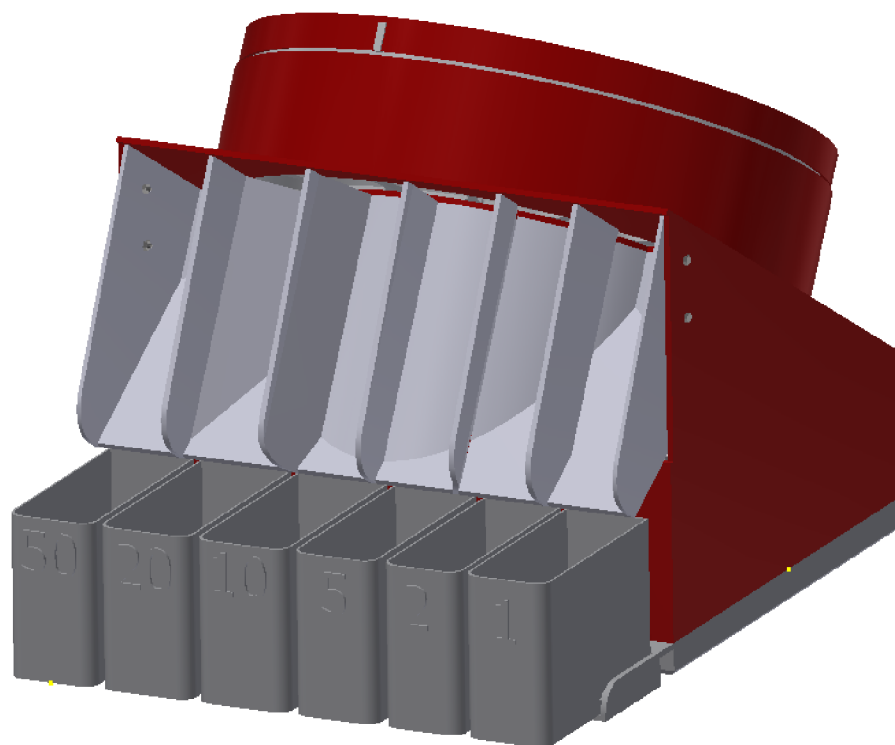
Především z hlediska kompaktnosti a úspory materiálu byl zvolen návrh číslo 2. Mince jsou vloženy do víka s prohlubní, kde vlivem otáčení a nakloněného uložení propadávají dále na rotační unašeč. Zdržují se v jeho spodní polovině, dokud nejsou zachyceny. Poté putují po kruhové trajektorii k sérii dimenzovaných slotů, které jsou seřazeny od nejmenšího po největší. Jakmile mince doputuje k otvoru pro ni určenému, propadne jím a vedením putuje dále až do zásobníku. Uvnitř přístroje se nachází bateriový box s vypínačem a ze spodní strany horní stěny je přichycen elektromotor, který zajišťuje otáčení rotačního unašeče a víka se zásobníkem.

Celkový rozměr: 297 mm x 205 mm x 209 mm

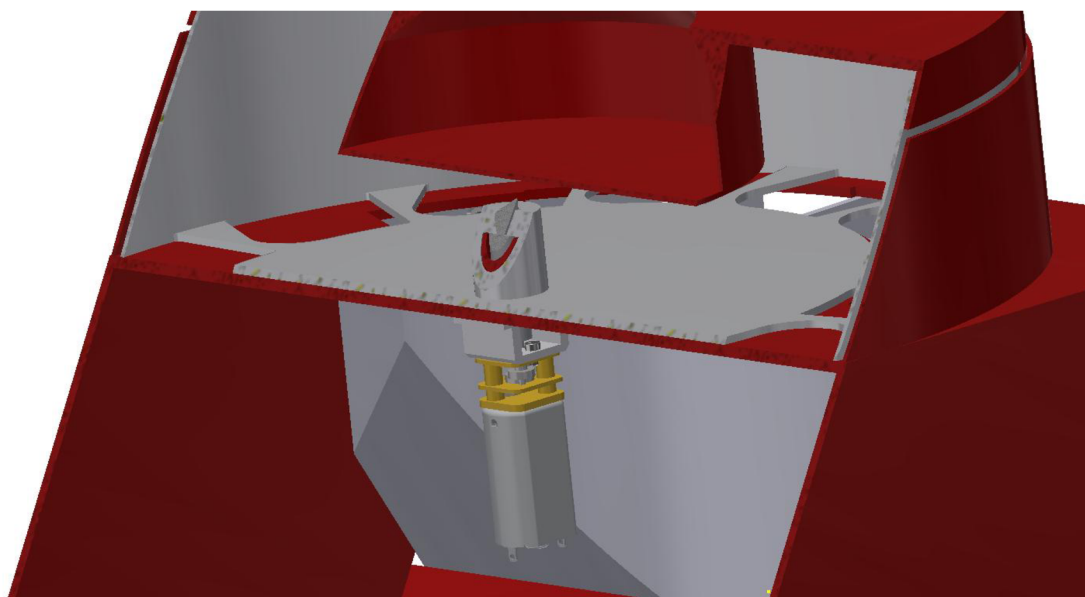
Váha výrobku: 1145 g



Obr. 5-1 Schéma sestavy



Obr. 5-2 Sestava



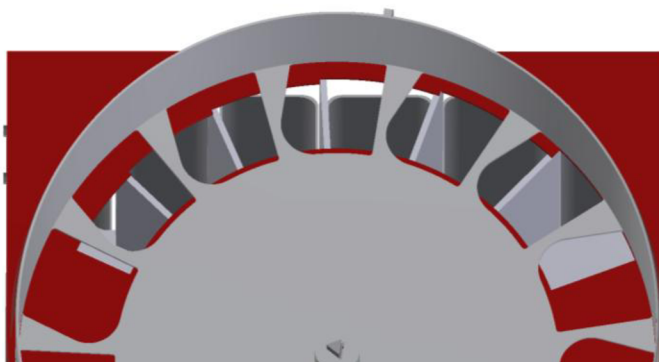
Obr. 5-3 Řez sestavou

## 5.2 Rotační unašeč

Podél spodní plochy se nachází 15 otvorů pro zachycení mincí. Otvory jsou tvarovány pro vedení mincí v konstantní vzdálenosti od středu otáčení, což je velmi důležité pro správné rozřídění. Z tohoto důvodu má hrana nejbliže ke středu tvar části kružnice o poloměru vzdálenosti otvoru od středu otáčení a hrana na straně odvrácené od směru otáčení je od normály odkloněna o  $21,7^\circ$  ve směru otáčení. Přechod těchto dvou hran je zaoblen na poloměr nejmenší z mincí, je tudíž voleno  $R=10$  mm.

Tloušťka spodní stěny je volena 1,5 mm s ohledem na to, že musí být tenčí, než je tloušťka nejtenčího z kovových penízů, aby nedocházelo k zachytávání více mincí naráz.

Uprostřed unašeče se nachází dutý válcový prvek, který zajišťuje nejen přenos kroutícího momentu z motoru pomocí trojúhelníkového výřezu, ale také správné vystředění součásti na víku třidičky pomocí kontaktu vnitřní válcovité plochy.



Obr. 5-4 Uložení rotačního unašeče



Obr. 5-5 Rotační unašeč

### 5.3 Víko se zásobníkem

Rotační unašeč je uzavřen pomocí víka, které složí zároveň jako zásobník a podavač. Tvar je inspirován částí patentu [28]. Víko rotuje synchronně s unašečem a tím vždy v poloze, kdy otvor v něm směřuje dolů, dodává mince k třídění. Zajišťuje také dávkování mincí, aby nedošlo k přetížení a zahlcení systému.



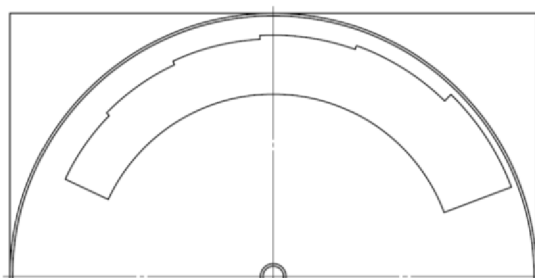
Obr. 5-6 Víko se zásobníkem

### 5.4 Tělo třídičky

Tělo třídičky se skládá ze dna, bočních stěn a vrchního dílu. Tloušťka stěn je volena 2 mm s ohledem na dostatečnou pevnost a zároveň minimální spotřebu materiálu. Horní hrana stěn má sklon  $30^\circ$  od horizontálního směru, určuje tak úhel uložení vrchního dílu a také rotačního unašeče. Tento úhel byl volen na základě odhadu a provedené patentové rešerše. Zajišťuje sklouzávání mincí, které zrovna nejsou zachyceny rotačním unašečem, do jeho spodní poloviny. Na jeho spodní straně se nachází výčnělky s otvory pro spojení s dnem pomocí šroubového spoje.

Dno se také vyznačuje tvarovým prvkem pro uchycení nosiče baterií a vypínače a také plní funkci držáku zásobníků, které jsou nasunuty na tenké drážky, které zásobníky přidrží.

Vrchní díl je vyrobený zvlášť a spojený s bočními stěnami lepeným spojem z důvodu toho, aby bylo třeba využít co nejmenšího množství podpor při 3D tisku. Otvor v podobě rozšiřujícího se pásu je přesně dimenzován na jednotlivé mince. Maximální odchylka šířky otvorů, kterou je třeba dodržet, je 0,5 mm. Jednotlivé sloty musí být dostatečně dlouhé pro průchod mince, ale zároveň co nejkratší, protože je na tomto rozměru závislá velikost celého hotového výrobku. Hrana konce a začátku pásu je odkloněna od spádnice plochy maximálně o 70°, aby bylo zajištěno, že v momentě, kdy se mince bude nacházet nad otvorem, se bude opírat o hranu otvoru rotačního unašeče, která je nejbližší ke středu. Vrchní díl je také opatřen válcovitým dutým prvkem pro vystředění rotačního unašeče a válcovitou plochou kryjící z boku rotační unašeč.



Obr. 5-7 Dimenzované sloty

## 5.5 Volba elektromechanického pohonu

K zajištění funkčnosti přístroje je třeba zvolit vhodný elektromechanický pohon a jeho napájení. Je nutné provést průzkum dostupných produktů na trhu a vybrat ideální řešení z hlediska výkonu, kompaktnosti a ceny.

### 5.5.1 Předpokládané zatížení

Pro výběr elektromechanického pohonu je vhodné provést odhad očekávaného zatížení a vybrat tak pohon s vyhovujícími parametry. Moment, který motor zatěžuje, je v čase proměnlivý a záleží na mnoha faktorech, jako je například rychlost vkládání mincí do zásobníku a jejich počet, drsnost povrchu dosedacích ploch, nebo posun mincí nahromaděných v zásobníku.

Odhadované maximální momentové zatížení je důležité pro stanovení, zda-li zvažovaný elektromotor tomuto zatížení dostačuje a je možné ho použít.



## Odhad momentového zatížení

Pro odhad maximálního zatížení je uvažován stav v průběhu třídění, kdy jsou mince dopravovány k otvorům a zásobník je naplněn. Je v něm zahrnut moment potřebný ke zdvihu mincí při dopravě k otvorům, tření mincí po povrchu a tření rotačního unašeče způsobené zatížením vahou rotačního unašeče, víka se zásobníkem a vahou mincí. Pro potřeby tohoto výpočtu byl součinitel tření  $\mu_2$  kov-PETG na základě studie [26] zvolen 0,2 a na základě studie [25] byl odhad součinitele tření PETG-PETG  $\mu_1$  stavoven na 0,35.

Průměrná hmotnost mince

$$\begin{aligned} m_m &= \frac{m_1 + m_2 + m_5 + m_{10} + m_{20} + m_{50}}{6} & (1) \\ &= \frac{3,6 \text{ g} + 3,7 \text{ g} + 4,8 \text{ g} + 7,62 \text{ g} + 8,43 \text{ g} + 9,7 \text{ g}}{6} = 6,3083 \text{ g} \end{aligned}$$

$m_{1-50}$  hmotnosti jednotlivých mincí [g]

Moment způsobený zdvihem mincí a třením dopravovaných mincí po povrchu vrchního dílu

$$\begin{aligned} M_1 &= j \cdot m_m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot \mu_2 \cdot r_2 + j \cdot m_m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot r_2 & (2) \\ &= 6 \cdot 6.3083 \text{ g} \cdot 9.81 \text{ N.kg}^{-1} \cdot \cos(30^\circ) \cdot 0.2 \cdot 79\text{mm} + \\ &6 \cdot 6.3083 \text{ g} \cdot 9.81 \text{ N.kg}^{-1} \cdot \sin(30) \cdot 79\text{mm} = 19.7474 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

- j průměrný počet mincí v záběru [-]
- $m_m$  průměrná hmotnost mince [g]
- $\alpha$  úhel odklonu od horizontálního směru [°]
- $\mu_2$  součinitel tření kov-PETG [-]
- $r_2$  rameno síly (vzdálenost mince od středu rotace) [mm]
- g tíhové zrychlení [ $\text{N.kg}^{-1}$ ]

Moment v důsledku tření spodní plochy rotačního unašeče o horní plochu vrchního dílu

$$\begin{aligned} M_2 &= (k \cdot m_m + m_{uk}) \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot \mu_1 \cdot r_1 \\ &= (30 \cdot 6,3083 \text{ g} + 165 \text{ g}) \cdot \cos(30) \cdot 9,81 \text{ N.kg}^{-1} \cdot 0,35 \cdot 50 \text{ mm} \\ &= 52,6681 \text{ N.mm} \end{aligned} \quad (3)$$

$m_{uk}$  součet hmotností rotačního unašeče a krytu [g]

$k$  počet mincí v zásobníku [-]

$m_m$  průměrná hmotnost mince [g]

$g$  tíhové zrychlení [ $\text{N.kg}^{-1}$ ]

$\alpha$  úhel odklonu od horizontálního směru [ $^\circ$ ]

$\mu_1$  součinitel tření PETG-PETG [-]

$r_1$  přibližné rameno síly [mm]

Moment způsobený posuvem mincí po sobě při otáčení zásobníku a rotačního unašeče

$$M_3 = k \cdot m_m \cdot g \cdot \mu_3 \cdot r_1 = 30 \cdot 6,3083 \text{ g} \cdot 0,15 \cdot 50 \text{ mm} = 13,9241 \text{ N.mm} \quad (4)$$

$k$  počet mincí v zásobníku [-]

$m_m$  průměrná hmostnost mince [g]

$g$  tíhové zrychlení [ $\text{N.kg}^{-1}$ ]

$\mu_3$  součinitel tření kov-kov [-]

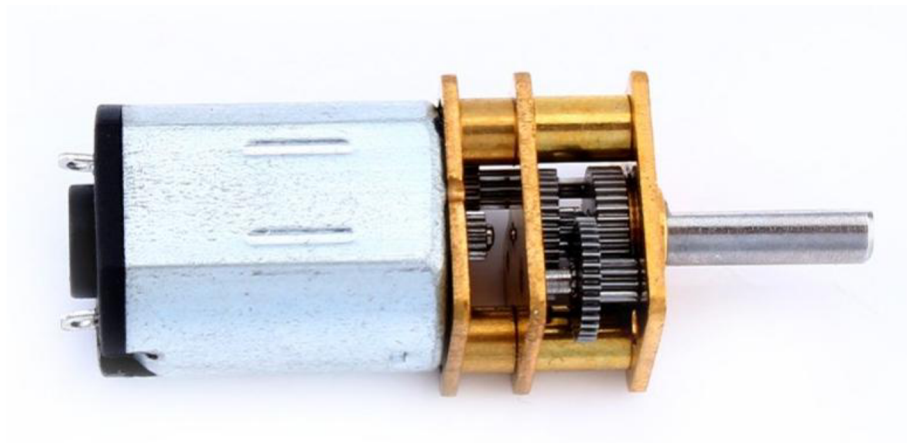
$r_1$  přibližné rameno síly [mm]

Celková maximální momentová zátěž

$$M_2 = M_1 + M_2 + M_3 = 86,3395 \text{ N.mm} \quad (5)$$

## 5.5.2 Elektromotor

Na základě požadovaných parametrů stanovených v předchozí kapitole byl pro aplikaci zvolen stejnosměrný komutátorový motor s převodovkou 20 RPM. Tento motor je již opatřen převodovkou, není ji tedy nutné dodatečně konstruovat a zhotovovat.



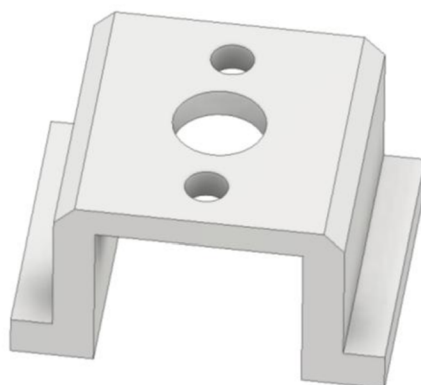
Obr. 5-8 Motor s převodovkou [23]

Jeho součástí je 3 mm široká, D-tvarovaná hřídel dlouhá 9 mm. Tato délka není při dané konstrukci přístroje dostatečná a tvar by při rozebíratelném uložení v 3D tištěné součásti nedostačoval pro přenos kroutícího momentu bez prokluzu. Proto je zhotovena spojka, která je usazena na hřídel tvarovým spojem a pojištěna spojem lepeným. Její druhý konec je zakončen trojúhelníkovým výběhem, který při aditivní výrobě je snadno zhotovitelný a zajišťuje dostačující přenos kroutícího momentu na rotační unašeč.



Obr. 5-9 Spojka

Motor je uchycen pomocí 2 šroubů M1,6x0,3 k držáku, který je lepeným spojem spojen se spodní plochou vrchu třídičky. Otvory v motoru jsou se závitem, a tak pro toto uplatnění zastávají funkci matice.



Obr. 5-10 Držák motoru

### Parametry motoru:

Tab. 5-1 Parametry motoru [23]

| Parametr                      | Hodnota                                    |
|-------------------------------|--|
| Napájení                      | 3-12 V, nominální 6 V                      |
| Otáčky bez zatížení           | 20 min <sup>-1</sup> (při 6 V)             |
| Odběr bez zatížení            | 22 mA (při 6 V)                            |
| Odběr při maximálním zatížení | 550 mA (při 12 V)                          |
| Krouticí moment               | 0,8 N.m (při 6V a 0 ot.min <sup>-1</sup> ) |
| Odpor vinutí kotvy            | 21,81 Ω                                    |

Ze známých parametrů motoru je nyní možné určit očekávané otáčky a rychlost třídění. Napájení zvoleno 4,5 V.

## Rychlost otáček

Otáčková konstanta

$$c_n = \frac{U_i}{2 \cdot \pi \cdot n_0} = \frac{6 \text{ V}}{2 \cdot \pi \cdot 20 \text{ min}^{-1}} = 2.8648 \text{ Wb} \quad (6)$$

$U_i$  indukované napětí [V]

$n_0$  otáčky bez zatížení [ $\text{min}^{-1}$ ]

Velikost proudu při zatížení M

$$I = \frac{M}{c_n} = \frac{86,3395 \text{ N} \cdot \text{mm}}{2.8648 \text{ Wb}} = 0,0301 \text{ A} \quad (7)$$

Rychlost otáček

$$n = \frac{(U_1 - R \cdot I)}{c_n \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{(4,5 \text{ V} - 21,8182 \Omega \cdot 0,0301 \text{ A})}{0,5371 \text{ Wb} \cdot 2 \cdot \pi} = 12.8081 \text{ min}^{-1} \quad (8)$$

$U_1$  napětí na zdroji [V]

R odpor vinutí kotvy [ $\Omega$ ]

## Rychlost třídění

Počítáno pro 15 vytříděných mincí za otáčku.

$$x = n \cdot 15 \cong 192 \text{ mincí/min} \quad (9)$$

### 5.5.3 Napájení

Napájení bylo pro dosažení ideálních otáček zvoleno 4,5 V. Takového napětí na zdroji je možno snadno dosáhnout pomocí běžných AA monočlánků. Pro zapojení zdroje je využito uzavřeného bateriového pouzdra pro tři baterie s vypínačem. Výrobce tohoto pouzdra je Pololu a jeho součástí jsou také drátové vývody, které jsou s póly motoru následně propojeny pomocí pájeného cínového spoje. Na rozdíl od napájení ze sítě je výhodou především snadné využití i mimo dosah sítě.



Obr. 5-11 Bateriový box s vypínačem [24]

### 5.6 Zásobníky

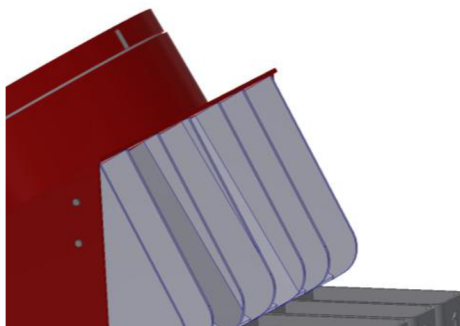
Zásobníky jsou zasunuty do lineárního vedení dna přístroje. Každý z nich je opatřen reliéfem značícím příslušnou hodnotu mince. Kapacita každého z nich je minimálně 40 mincí. Na boku zásobníků nalezneme drážku sloužící pro zasunutí do dna třídičky.



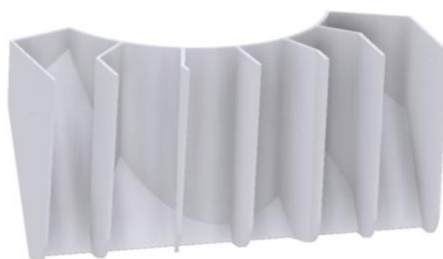
Obr. 5-12 Zásobníky

## 5.7 Vedení

Vedení zajišťuje dopravu mincí z místa třídění do zásobníku. Pro snadný tisk bez nutnosti využití podpor je vyrobeno zvlášť. Horní plocha přesně dosedá na plochu horního dílu a slouží jako příčky rozdělující pásovitý otvor. Vedení je připevněno k tělu třidičky pomocí čtyř šroubových spojů.



Obr. 5-13 Uložení vedení



Obr. 5-14 Vedení

## 5.8 3D tisk a výroba produktu

Tisk byl realizován na tiskárně Original Prusa i3 MK3S+. Tiskový prostor této tiskárny je 25x21x21 cm. [21] Tyto rozměry byly dodrženy, tudíž díly mohly být vytisknuty vcelku. Celkový tiskový čas byl přibližně 50 hodin a spotřeba materiálu 800g.

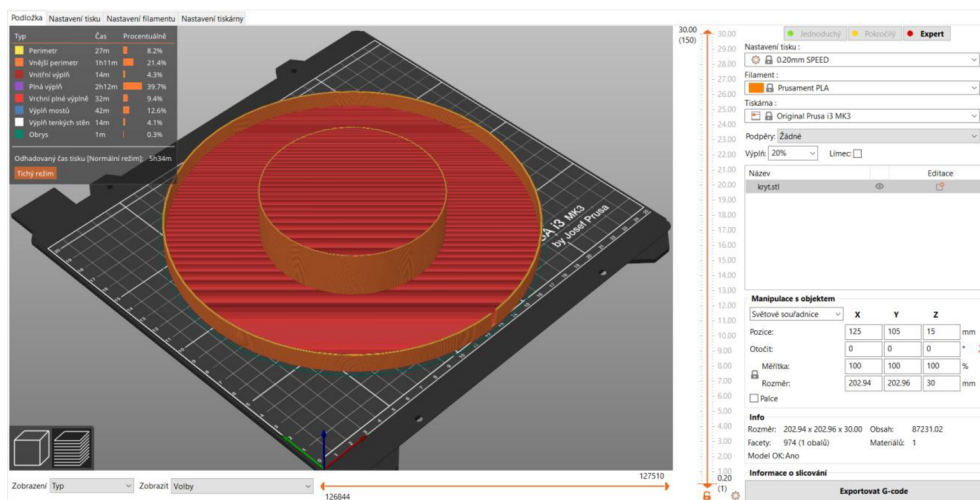
Pro tisk byl zvolen materiál PETG. Tento materiál je vhodný zejména pro tisk mechanických součástí. Má také velmi malou tepelnou roztažnost a díky tomu se velké součásti nekrouť, což je u tohoto modelu obsahujícího velké a tenké plochy velmi žádoucí [22].

U na sebe dosedajících ploch, které se mají pohybovat, byla ponechána vůle 1 mm, u ploch, u kterých není třeba plynulý pohyb, 0,5 mm.

3D model zhotovený v programu Autodesk Inventor 2019 byl exportován do formátu STL a importován do softwaru PrusaSlicer. PrusaSlicer umožňuje konfigurovat samotný tisk, rozložení komponent na tiskové ploše a tato data exportovat do podoby G-code. G-code je poté přenesen do tiskárny za pomoci SD paměťové karty.



Obr. 5-15 Original Prusa i3 MK3S+ [21]



Obr. 5-16 PrusaSlicer



## Hotový výrobek

Výrobek splňuje zadanou funkci a rychlost třídění dosahuje až 150 mincí/min.



Obr. 5-17 Hotový výrobek



Obr. 5-18 Hotový výrobek detail

## 6 DISKUZE

V rámci bakalářské práce byl navržen a realizován funkční model třídičky mincí. Koncepční varianty byly navrženy s ohledem na požadovaný způsob výroby, jímž je 3D tisk. S ohledem na tuto aditivní technologii výroby byly zohledněny nejen maximální rozměry tiskové plochy dostupné 3D tiskárny, ale také tvar a konstrukce samotných součástí přístroje a to tak, aby bylo nutné využít co nejmenšího množství podpor a aby tisk proběhl hladce. Tohoto se také týká minimální tloušťka stěny, kde bylo docíleno toho, aby snaha o úsporu materiálu nebyla na úkor pevnosti a soudržnosti stěn. Na základě zkušeností a zkoušky ve formě prototypu byla u uložení hřídel-díra ponechána vůle 1 mm pro zajištění hladkého pohybu.

Součástí zadání byl požadavek na elektromechanický pohon zařízení, který byl zvolen na základě výpočtů odhadujících momentovou zátěž. Pro účely výpočtů bylo třeba alespoň přibližně znát třecí součinitele ploch 3D tištěných součástí, jejichž stanovení závisí na mnoha faktorech. Třecí součinitele pro výpočty byly proto stanoveny na základě dostupných studií zabývajících se touto problematikou. Po zvolení vyhovujícího elektromotoru mohly být stanoveny další parametry, jako například rychlost třídění, která byla po zhotovení funkčního modelu ověřena i v praxi.

Chybovost této konstrukce se pohybuje okolo 1 %, což je pro oblast využití přístroje přípustná hodnota. Faktorem způsobujícím chybovost je převážně příliš vysoká rychlost, kdy gravitační síla posouvající mince po nakloněné rovině směrem ke středu je převážena odstředivou silou držící mince u vnějšího okraje rotačního unašeče.

Užitečnou vlastností přístroje by byla funkce počítání celkové vytříděné hodnoty. Této funkce je možné dosáhnout nevelkou konstrukční úpravou a využitím několika elektronických dílů. Zapojení vývojové desky Arduino Nano V3 opatřené vhodným softwarem, 7 místného displeje a šesti infračervených odrazových senzorů snímajících průchod mincí by tuto funkci zajistilo a je zde prostor pro toto rozšíření.

Hlavním aspektem ovlivňující výslednou cenu materiálu pro výrobu je množství filamentu spotřebovaného pro 3D tisk. Následující tabulka zobrazuje přímé materiálové náklady na výsledný produkt realizovaného modelu.

Tab. 6-1 Výrobní náklady

| <b>Položka</b>            | <b>Cena</b> |
|---------------------------|-------------|
| Filament PETG 800g        | 600 Kč      |
| Motor s převodovkou       | 220 Kč      |
| Bateriový box s vypínačem | 41 Kč       |
| 3x AA baterie             | 30 Kč       |
| Spojovací materiál        | 18 Kč       |
| Lepidlo                   | 10 Kč       |
| Celkem                    | 919 Kč      |

Výsledné materiálové náklady u varianty rozšířené o funkci počítání hodnoty by byly přibližně o 650 Kč vyšší, tedy 1569 Kč.

## 7 ZÁVĚR

Práce měla několik cílů. Hlavním cílem bylo vytvořit funkční model stolní třídičky mincí s elektromechanickým pohonem. Tento cíl byl splněn a přístroj byl navržen a zpracován do podoby výsledného modelu, který plní tuto funkci.

Při konstrukci bylo využito poznatků získaných v rešeršní části. Byly vypracovány koncepční návrhy popisující mechanismy třídění, z nichž byl jeden vybrán a zpracován do podoby 3D modelu pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2019. Vyrobený a sestavený model napájený 3xAA baterií poháněný komutátorovým stejnosměrným motorem s převodovkou je schopen třídění mincí rychlostí až 150 mincí za minutu. Tyto parametry jsou vzhledem k zamýšlenému využití v provozovnách pracujících s menšími objemy mincí vyhovující. Výsledný návrh byl dále dále zpracován do podoby 3D modelu a následně výkresové dokumentace.

Realizace pomocí 3D tisku a sestavení takto navrženého modelu byla bezproblémová. Náklady pro pořízení materiálu byly přibližně 900, respektive 1600 Kč. Dá se velmi zhruba odhadovat, že abychom se dostali na cenu výrobku na maloobchodním trhu bez DPH, museli bychom v této kategorii výrobků přidat řádově trojnásobek. V tomto trojnásobku by byla zahrnuta například práce montážního dělníka, amortizace zařízení, příspěvek na úpravu režii firmy (fixních nákladů), zisk výrobní firmy, distribuční náklady, obchodní marže retailového obchodníka a další komponenty výsledné ceny.

Obecně lze tedy odhadovat, že pokud by tento produkt uchopila malá firma jako doplňkový sortiment svého výrobního programu, který by například vytižil ne zcela využitou kapacitu 3D tisku v dané firmě, tak by třídička mohla být poměrně konkurenceschopná. Jak již ale bylo konstatováno v úvodu, těžištěm této práce je především technologicko-konstrukční aspekt třídění mincí, nikoliv tvorba ekonomického modelu možné výroby, ať již sériové, nebo kusové.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. STANĚK, Jaroslav a Jan BAJER. Peníze v českých zemích: přehled mincí a papírových peněz v dějinných a hospodářských souvislostech od 10. století dodnes. Praha: P., c1995. ISBN 80-901893-1-8.
2. SURGA, Leopold. České bankovky a mince 1993-2012. [Praha]: Jerome, 2012. ISBN 978-80-903266-8-2.
3. České mince - Česká národní banka. [online]. Copyright © ČNB 2021 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/bankovky-a-mince/mince/>
4. Aktuální kurz dolaru ke koruně, USD/CZK. ČNB, banky, směnárny. | Peníze.cz. Peníze.cz - Půjčky, Kurzy měn, Akcie, Hypotéky, Bydlení, Daně [online]. Copyright © 2000 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/kurzy-men/6591-americky-dolar>
5. Coinstar - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Coinstar>
6. [online]. Dostupné z: <http://coinstar.com>
7. Coin Sorter Buying Guide. Home page [online]. Copyright © Royalsovereign, Inc. All rights reserved. [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.royalsovereign.com/shoppers-guide/coin-sorter-buying-guide.html>
8. Počítačka a třídička mincí - Safescan 1250 CZK | Safescan.com. [online]. Copyright © 2021 Safescan [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.safescan.com/cs-cz/store/pocitacky-minci/pocitacka-a-tridicka-minci-czk-safescan-1250>
9. Třídička mincí Cashwork Coin 300 - Banktech Shop. Počítačky bankovek, testery bankovek, počítačky a třídičky mincí - nakupujte u odborníků [online]. Dostupné z: <https://www.banktechshop.cz/tridicky-minci/cashwork-coin-300/>
10. Třídička mincí Procoin CashWork One | Bankovní technika. Bankovní technika | Počítejte s námi [online]. Copyright © 2021 Bankovní Technika s.r.o., Ostrava. Všechna práva vyhrazena. [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.banktech.cz/bankovni-technika/tridicky-minci/procoin-cashwork-one/>

11. Velkokapacitní počítačka a třídíčka mincí MoneyScan CS 3300 | Aلمات.cz .  
 Aلمات.cz - kancelářská a bankovní technika, foto a video příslušenství,  
 dalekohledy, puškohledy, mikroskopy atd. [online]. Copyright © 2011 [cit.  
 14.05.2021]. Dostupné z: [https://www.alemat.cz/kancelarska-technika/bankovni-technika/pocitacky-a-tridicky-minci/velkokapacitni-pocitacka-tridicka-minci-cs-3300-moneyscan?utm\\_source=heureka.cz&utm\\_medium=agregator&utm\\_campaign=feed](https://www.alemat.cz/kancelarska-technika/bankovni-technika/pocitacky-a-tridicky-minci/velkokapacitni-pocitacka-tridicka-minci-cs-3300-moneyscan?utm_source=heureka.cz&utm_medium=agregator&utm_campaign=feed)
12. Coin Sorter. - The Portal to Texas History. The Portal to Texas History [online].  
 Copyright © [cit. 14.05.2021]. Dostupné z:  
<https://texashistory.unt.edu/ark:/67531/metaph171094/>
13. Japan's First Coin Counter chosen as "Mechanical Engineering Heritage" | GLORY  
 Group. GLORY Group [online]. Copyright © 2000 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z:  
<https://corporate.glory-global.com/groupinfo/news/detail/id=581>
14. Winkelman, Thomas P Adams, John H. Powered rail coin sorter. AU658431B2  
 Australia, 12 06 1991
15. Umeda, Masayoshi. DENOMINATION DISTINGUISHING SYSTEM IN COIN  
 PROCESSING APPARATUS. US7497314B2 USA, 09. 03 2009.
16. 高德文吕作明刘聪付垦贾桐刘曦. Coin sorter. CN205788433U China, 07. 12  
 2016.
17. Geibh, Joseph. Disc coin sorter with slotted exit channels . CA2191012C Canada,  
 22. 11 1996.
18. COIN RECOGNITION AND OFF-SORTING IN A COINSORTER. US5992602A  
 USA, 30. 11 1999.
19. 刘桦张放. Device for sorting and counting coins. CN100495445C China, 03. 06  
 2009
20. HUGHES, Austin a Bill DRURY. Electric motors and drives: fundamentals, types  
 and applications. 4th ed. Amsterdam: Elsevier, 2013. ISBN 978-0-08-098332-5.
21. Original Prusa i3 MK3S+ - Prusa Research a.s.. – 3D tisk a 3D tiskárny od Josefa  
 Průši. Prusa3D - 3D tisk a 3D tiskárny od Josefa Průši [online]. Copyright © Prusa  
 Research a.s., [cit. 15.05.2021]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/original-prusa-i3-mk3/>
22. Prusament PETG Jet Black 1kg - Prusa Research. [online]. Copyright © Prusa  
 Research a.s. [cit. 15.05.2021]. Dostupné z:  
<https://shop.prusa3d.com/cs/prusament/802-prusament-petg-jet-black-1kg.html>

23. Stejnoseměrný motor s převodovkou DC 6V 20 RPM N20 | dratek.cz. dratek.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM [online]. Copyright © Copyright ECLIPSE s.r.o. [cit. 18.05.2021]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/3197-stejnosmerny-motor-s-prevodovkou-dc-6v-20-rpm.html>
24. 3-AA Battery Holder, Enclosed with Switch - Snail Shop. Snail Shop [online]. Dostupné z: <http://www.snailshop.cz/drzaky-baterii/1067-3-aa-battery-holder-enclosed-with-switch.html>
25. Perepelkina, Svetlana & Kovalenko, Pavel & Pechenko, Roman & Makhmudova, K.. (2017). Investigation of Friction Coefficient of Various Polymers Used in Rapid Prototyping Technologies with Different Settings of 3D Printing. Tribology in Industry. 39. 519-526. 10.24874/ti.2017.39.04.11.
26. Nedic, Bogdan & Slavković, Lazar & Đurić, Stefan & Adamovic, Dragan & Mitrovic, Slobodan. (2019). SURFACE ROUGHNESS QUALITY, FRICTION AND WEAR OF PARTS OBTAINED ON 3D PRINTER.
27. SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. Výběry z norem pro konstrukční cvičení. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-838-0.
28. Lim, Takwan. Coin supplying apparatus of a coin separator. US6554118B2 United States, 21. 05 2001

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

### 9.1 Použité zkratky

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| USA  | Spojené státy americké              |
| DC   | direct current – stejnosměrný proud |
| PLA  | polylaktid                          |
| PET  | polyethylentereftalát               |
| PETG | polyethylentereftalát glycol        |
| ABS  | Akrylonitrilbutadienstyren          |
| 3D   | trojdimenzionální                   |

### 9.2 Použité symboly

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| $m_m$                                   | průměrná hmotnost mince              |
| $m_1, m_2, m_5, m_{10}, m_{20}, m_{50}$ | hmotnost mince                       |
| $j$                                     | průměrný počet mincí v záběru        |
| $\alpha$                                | úhel odklonu od horizontálního směru |
| $\mu_1, \mu_2$                          | třecí součinitel                     |
| $r_1, r_2$                              | rameno síly                          |
| $g$                                     | tíhové zrychlení                     |
| $k$                                     | počet mincí v zásobníku              |
| $M, M_1, M_2, M_3$                      | kroucí moment                        |



## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

|   |    |
|---|----|
| Obr. 2-1 Aktuálně platné české mince [3] .....                                      | 14 |
| Obr. 2-2 1 Kč [3] .....   | 15 |
| Obr. 2-3 2 Kč [3] .....   | 15 |
| Obr. 2-4 5 Kč [3] .....   | 15 |
| Obr. 2-5 10 Kč [3].....   | 15 |
| Obr. 2-6 20 Kč [3].....   | 15 |
| Obr. 2-7 50 Kč [3].....   | 15 |
| Obr. 2-8 Coinstar machine [6] .....   | 16 |
| Obr. 2-9 Safescan 1250 [8] .....  | 18 |
| Obr. 2-10 Cashwork Coin 300 [9].....  | 18 |
| Obr. 2-11 Procoin Cashwork One [10] .....   | 19 |
| Obr. 2-12 MoneyScan CS3300 .....  | 19 |
| Obr. 2-13 Texas, USA 1885 [12] .....  | 20 |
| Obr. 2-14 Japonské „Stojírenské dědictví“ [13] .....                                | 21 |
| Obr. 2-15 Powered coin rail sorter [14] .....                                       | 22 |
| Obr. 2-16 Powered coin rail sorter 2 [14].....                                      | 22 |
| Obr. 2-17 Denomination distinguishing system in coin processing apparatus [15]..... | 23 |
| Obr. 2-18 Coin Sorter [16] .....  | 23 |
| Obr. 2-19 Coin sorter with slotted exit channels [17] .....                         | 24 |
| Obr. 2-20 Coin sorter with slotted exit channels 2 [17].....                        | 24 |
| Obr. 2-21 Coin recognition and off-sorting in a coin sorter [18].....               | 25 |
| Obr. 2-22 Coin recognition and off-sorting in a coin sorter 2 [18] .....            | 25 |
| Obr. 2-23 Device for sorting and counting coins [19].....                           | 26 |
| Obr. 2-24 Device for sorting and counting coins 2 [19] .....                        | 26 |
| Obr. 2-25 Konvenční DC motor [20].....  | 27 |
| Obr. 2-26 Motor s (a) permanentní magnet s 2 póly (b) 4 pólové vinutí [20].....     | 27 |
| Obr. 4-1 Schéma konceptu 1 .....  | 30 |
| Obr. 4-2 Schéma konceptu 2 .....  | 31 |

|   |    |
|---|----|
| Obr. 5-1 Schéma sestavy.....                  | 32 |
| Obr. 5-2 Sestava.....                         | 33 |
| Obr. 5-3 Řez sestavou.....                    | 33 |
| Obr. 5-4 Uložení rotačního unašeče.....       | 34 |
| Obr. 5-5 Rotační unašeč.....                  | 34 |
| Obr. 5-6 Víko se zásobníkem .....             | 35 |
| Obr. 5-7 Dimenzované sloty .....              | 36 |
| Obr. 5-8 Motor s převodovkou [23].....        | 39 |
| Obr. 5-9 Spojka .....                         | 39 |
| Obr. 5-10 Držák motoru.....                   | 40 |
| Obr. 5-11 Bateriový box s vypínačem [24]..... | 42 |
| Obr. 5-12 Zásobníky.....                      | 42 |
| Obr. 5-13 Uložení vedení .....                | 43 |
| Obr. 5-14 Vedení .....                        | 43 |
| Obr. 5-15 Original Prusa i3 MK3S+ [21].....   | 44 |
| Obr. 5-16 PrusaSlicer .....                   | 44 |
| Obr. 5-17 Hotový výrobek .....                | 45 |
| Obr. 5-18 Hotový výrobek detail .....         | 45 |

## 11 SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tab. 2-1 Základní parametry mincí [3] ..... | 15 |
| Tab. 5-1 Parametry motoru [23] .....        | 40 |
| Tab. 6-1 Výrobní náklady .....              | 47 |

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Výkresy:

BP-00-Třidička mincí

BP-00-K1

BP-00-K2

BP-00-01-Tělo

BP-00-02-Vrch

BP-00-03-Dno

BP-00-04-Rotační unašeč

BP-00-05-Víko se zásobníkem

BP-00-06-Držák motoru

BP-00-07-Spojka

BP-00-08-Vedení

BP-00-09-Zásobník 1 Kč

BP-00-10-Zásobník 2 Kč

BP-00-11-Zásobník 5 Kč

BP-00-12-Zásobník 10 Kč

BP-00-13-Zásobník 20 Kč

BP-00-14-Zásobník 50 Kč