

# Návrh konstrukce pásového MINI dopravníku

Martin Vaněček

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2014/2015

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Vaněček**  
Osobní číslo: **T12169**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh konstrukce pásového MINI dopravníku**

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše
2. Návrh pásového dopravníku
3. Vypracování technické dokumentace
4. Ekonomické zhodnocení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. František Volek, CSc.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

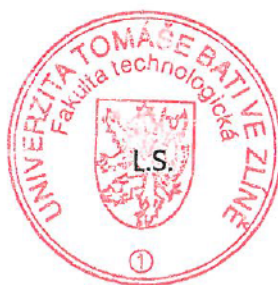
**30. ledna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**22. května 2015**

Ve Zlíně dne 9. února 2015

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



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 22.5.2015

Martin Vaněček

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukce pásového MINI dopravníku pro manipulaci s kusovými výrobky o malých rozměrech i hmotnosti. Při návrhu je kladen důraz na použití normalizovaných dílů a konkrétně pro nosný rám využitím hliníkových profilů. Dle zadání má dopravník snadno modifikovatelnou funkční délku a motor ukrytý uvnitř stroje. Teoretická část je zaměřena na rešerši, která se zabývá tématy, které jsou následně využity v praktické části práce. Ta je zaměřena na návrh pásového MINI dopravníku. Jeho součásti jsou podrobně popsány v jednotlivých kapitolách. K nenormalizovaným součástem je vytvořena výkresová dokumentace. Základní pevnostní parametry jsou analyzovány na 3D sestavě pásového MINI dopravníku. Tento model je také použit pro vizualizaci.

Klíčová slova: pásový, dopravník, vizualizace, mini, konstrukce, design, simulace

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor's thesis is to design the structure of the belt conveyor MINI for handling of products with small dimensions and weight. During the designing process, an extra emphasis is placed on the usage of standardized components and specifically on the support frame using aluminum profiles. According to the assignment, the conveyor has easily modifiable functional length and its motor is hidden inside the machine. The theoretical section of the thesis is focused on the information research, which deals with the topics that are subsequently applied in the practical section of the work. The practical part is aimed at the design of the belt conveyor MINI. Components of the conveyor are described in detail in the individual chapters. For those components which are not standardized, the graphical documentation is created. The basic strength parameters are analysed on the 3D assembly of the belt conveyor MINI. This model is also used for the visualization.

Key words: belt, conveyor, visualization, mini, construction, design, simulation

„I not only think that we will tamper with Mother Nature, I think Mother wants us to.“

Willard Gaylin

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 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY</b> .....	<b>12</b>
1.1 VÝVOJ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ .....	12
1.2 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ .....	13
1.3 KONSTRUKČNÍ PRVKY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ .....	14
1.3.1 Hnací stanice .....	15
1.3.2 Napínací buben.....	17
1.3.3 Nosná konstrukce .....	18
1.3.4 Dopravní pásy .....	20
<b>2 VÝPOČET PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ A DOPRAVNÍCH PÁSŮ</b> .....	<b>22</b>
2.1 PEVNOSTNÍ VÝPOČET .....	22
2.1.1 Hlavní odpory pásového dopravníku .....	23
2.1.2 Vedlejší odpory pásového dopravníku.....	23
2.1.3 Přídavné odpory pásového dopravníku.....	27
2.2 VÝPOČET PŘÍKONU HNACÍHO ELEMENTU.....	31
2.3 VÝPOČET SIL V DOPRAVNÍM PÁSE .....	31
2.4 VÝPOČET ROZMĚRŮ BUBNŮ.....	34
2.5 PEVNOSTNÍ VÝPOČET V APLIKACI AUTODESK INVENTOR SIMULATION.....	36
<b>3 VIZUALIZACE</b> .....	<b>37</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>39</b>
<b>4 ZADANÍ A CÍL PRÁCE</b> .....	<b>40</b>
4.1 CÍL PRÁCE .....	40
4.2 PŘEDSTAVENÍ FIRMY VALMATIC S.R.O .....	40
4.3 POUŽITÝ SOFTWARE .....	41
<b>5 KONSTRUKČNÍ ČÁSTI PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU</b> .....	<b>43</b>
5.1 MOTOR A OZUBENÉ SOUKOLÍ .....	43
5.2 NOSNÝ RÁM .....	44
5.3 PLECHOVÉ SOUČÁSTI.....	45
5.4 HNACÍ BUBEN.....	47
5.5 NAPÍNACÍ BUBEN.....	49
5.6 SPOJOVACÍ SOUČÁSTI .....	50
5.7 DOPRAVNÍ PÁS .....	51
<b>6 VÝPOČET ZÁKLADNÍCH ČÁSTÍ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU</b> .....	<b>52</b>
6.1 PEVNOSTNÍ VÝPOČET .....	52
<b>7 MONTÁŽNÍ NÁVOD</b> .....	<b>53</b>
<b>8 FINÁLNÍ ZHODNOCENÍ</b> .....	<b>54</b>
8.1 ZHODNOCENÍ CÍLE PRÁCE .....	54
8.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	56
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>58</b>



<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>60</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>64</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>65</b>

## ÚVOD

Pásový dopravník je strojní zařízení. Slouží k přepravě sypkého a kusového materiálu. Dopravní vzdálenosti se liší podle typu použití od krátkých v rámci několika desítek centimetrů po velké několikakilometrové úseky v důlním průmyslu. Pásové dopravníky jsou konstruovány pro dopravu materiálu ve vodorovném nebo šikmém směru. V posledních desítkách let pásové dopravníky zažívají stálý růst napříč různými průmyslovými odvětvími. V současné době se průmysl ubírá cestou k automatizaci výroby a tím k většímu využívání robotů a dopravníků. Pásové dopravníky jsou dle konstrukce určeny jak pro automatizované, tak i na manuální pracoviště.

Při návrhu pásových dopravníků se využívají matematické vztahy přímo určené pro tento typ strojů. Výpočty se používají pro zjištění hodnot, které se týkají převáženého materiálu jako například rychlost, množství materiálu. Dále pevnostní výpočty, podle kterých se navrhuje konstrukce pásového dopravníku a výpočet životnosti dopravního pásu. A výpočty spojené s hnací stanicí.

Pro vizualizaci se využívají počítačové programy. V takových programech vznikají fotorealistické obrázky, které slouží firmám k prezentaci svých produktů. V dnešní době se pro vizualizaci používají programy, které jsou součástí obsahu modelovacího CAD systému nebo ty, které jsou specializované na vizualizaci. S rozvojem mobilních zařízení vznikají aplikace, které umožňují přiblížení výrobku zákazníkovi tím, že umožňuje sdílet 3D modely výrobků. Tyto modely si má možnost zákazník stáhnout a prohlédnout si na svém mobilním zařízení.

Cíl při návrhu pásového dopravníku je vytvořit provozuschopný dopravník. Tím je myšleno dopravník s požadovaným výkonem, spolehlivostí, maximální účinností a jednoduchou údržbou. Pro snadnější údržbu a z ekonomického hlediska je brán zřetel na to, aby co největší množství součástí bylo normalizovaných.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

## 1.1 Vývoj pásových dopravníků

Pásové dopravníky jsou nedílnou součástí manipulace s materiálem již přes 100 let a jejich původ lze zaznamenat ještě dříve. Pro přepravu sypkých materiálů byly pásové dopravníky využívány již kolem roku 1795. První dopravní pásy byly z kůže nebo plátna a pohybovaly se po dřevěné konstrukci. Provoz byl zajišťován ručně za pomoci klik. Hospodárnost a ekonomičnost provozu pomohla rozšíření dopravníků.

V roce 1804 byl poprvé použitý parní pohon u dopravníků.

V roce 1901 byl vynalezen první ocelový pás, který je používán pro přepravu sypkých materiálů. (Obr. 1)

V roce 1908 byl pásový dopravník prvně patentován a v dalších letech se jeho použití rozšiřovalo po továrnách, výrobních linkách na automobily atd. Henry Ford zavedl pásovou dopravu ve své dílně na automobily roku 1913.

Roku 1920 byl postaven první pokročilý dopravník pro převoz materiálu na dlouhé trasy. A to konkrétně na trati dlouhé 8 km. Dnes je nejdelší dopravník na Sahaře a má délku přes 95 km.

V době druhé světové války došlo k rozvoji syntetických dopravních pásů kvůli nedostatku přírodních látek.

Moderní doba v pásové dopravě začíná s rokem 1970, kdy firma Intralox přichází s patentem na modulární plastové pásy. Pásové dopravníky jsou používány napříč průmyslovou výrobou, v obchodních centrech atd. [5], [6]



*Obr. 1. Ocelový pás pro přepravu sypkého materiálu [5]*

#### **Výhody pásových dopravníků:**

- Nízká spotřeba energie
- Jednoduchá údržba
- Nízká hmotnost
- Jednoduchá konstrukce
- Vysoká dopravní rychlost
- Velké dopravní vzdálenosti
- Možnost naložení a vyložení nákladu v jakémkoliv místě po délce dopravníku

## **1.2 Rozdělení pásových dopravníků**

**Podle tažného elementu rozlišujeme dopravníky s:**

- a) Gumovým pásem (nebo pásem z PVC)
- b) Ocelovým pásem
- c) Ocelogumovým pásem
- d) Pásem z drátěného pletiva

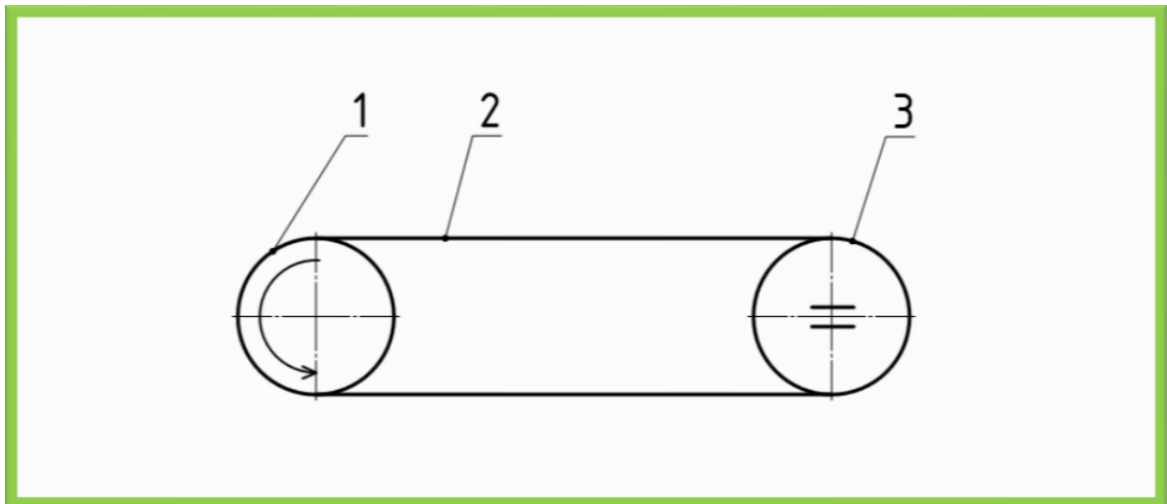
Podle provedení nosné konstrukce dělíme dopravníky na:

- a) Stabilní – nosná konstrukce dopravníku je pevně ukotvena
- b) Pojízdňé a přenosné – pro malé dopravní množství materiálu a malé pracovní délky
- c) Přestavitelné – pro velké dopravní délky a vysoké dopravní rychlosti

### 1.3 Konstrukční prvky pásových dopravníků

Konstrukční schéma pásového dopravníku je zobrazeno na obrázku (Obr. 2). Základní prvky používané při konstrukci jsou:

- Dopravní pás – tažný i nosný element pro dopravovaný materiál.
- Nosná konstrukce – nese veškeré strojní součásti pásového dopravníku.
- Hnací stanice – tvoří ji motor, který je připojen k hnacímu bubnu. Pohání dopravní pás.
- Napínací bubny – slouží k napínání dopravního pásu tak, aby byl přenos sil mezi hnacím bubnem a dopravním pásem ideální.
- Nosné válečky – mají za úkol podpírat spodní i vrchní část dopravního pásu.



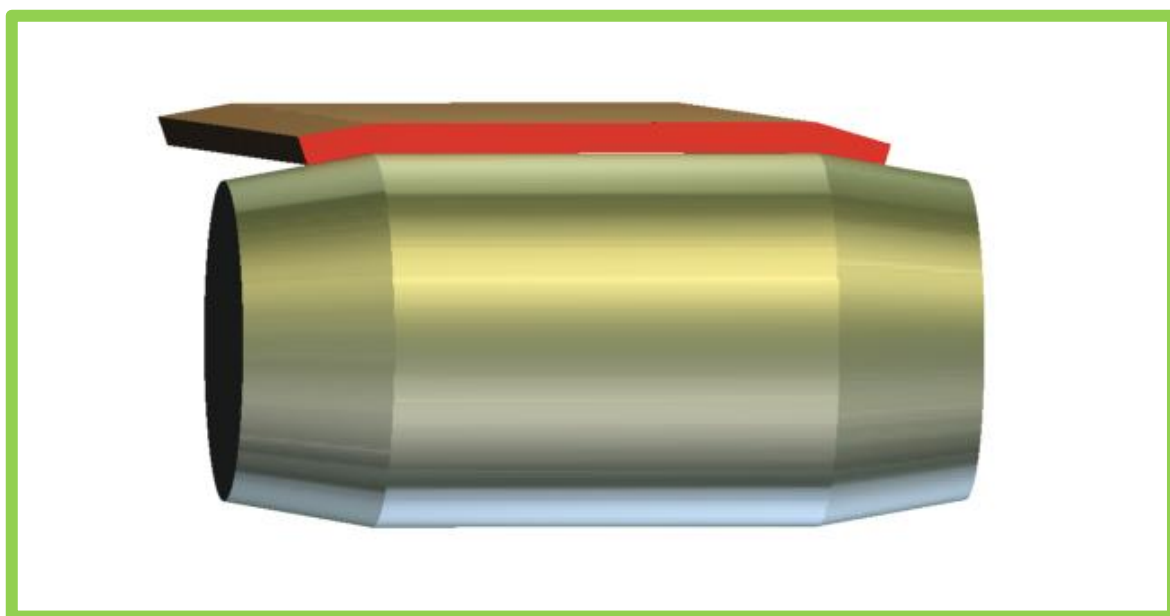
Obr. 2. Schéma pásového dopravníku (1 – hnací stanice, 2 – dopravní pás, 3 – napínací bubna)

### 1.3.1 Hnací stanice

Hnací buben, hnací element a konstrukce, na níž jsou tyto části uloženy, tvoří hnací stanici pásového dopravníku.

#### Hnací buben

Nejčastější umístění hnacích bubnů je v přepadové části dopravníku. Má za úkol přenášet obvodové síly na dopravní pás a dochází zde ke změně směru pohybu pásu. Doporučený tvar válce je se zkosením na každé straně (Obr. 3). Toto zkosení slouží k automatickému vycentrování dopravního pásu za běhu stroje.



*Obr. 3. Doporučený tvar válce*

Hnací buben je důležitý z hlediska přenášení sil, a proto bývá po obvodě upraven tak, aby se zvýšila hodnota součinitele tření. Toho se docílí, pokud se na buben přidá dřevěné, gumové nebo keramické obložení. Obložení bývá drážkové nebo šípové a výsledné hodnoty jsou upřesněny v tabulce v kapitole 2.3 (Tab. 1).

Hnací buben je připevněn na hřídeli, která je uložena ve dvou ložiskách. Ložiska jsou upevněna v nosné konstrukci pásového dopravníku.

## Hnací element

Hnací element, nejčastěji elektromotor, má za úkol přenos výkonu na hnací bubny pásového dopravníku. Rozlišují se způsoby přenosu podle počtu hnacích bubnů, z nichž nejčastější je jednobubnový pohon.

Hnací elementy se dělí podle několika kritérií.

### Podle umístění k hnacímu bubnu:

- Jednostranný
- Oboustranný

### Podle způsobu spojení motoru s hnacím bubnem:

- Motor s převodovou skříní
- Motor spojený s bubnem pomocí spojek

### Podle typu použitého motoru:

- S převodovkou a elektromotorem
- S elektrobubnem
- Se spalovacím motorem
- Pneumatické motory

V praxi se nejvíce využívá k pohonu pásového dopravníku elektromotor s převodovkou. Motor i převodová skříní je umístěná mimo pásový dopravník a díky tomu je jednodušší výměna a údržba motoru.

Dalším typem motorů jsou elektrobubny (Obr. 4), které mají motor i převody schovány uvnitř hnacího bubnu. Elektrobubny jsou používány hlavně tam, kde jsou kladeny požadavky na to, aby pásový dopravník zabíral minimální místo. Elektrobubny jsou používány pro menší a střední výkony.

Spalovací a pneumatické motory jsou používány jen zřídka. Pneumatický motor je používán například pod zemí.





Obr. 4. Elektrobubnové motory [3]

### 1.3.2 Napínací buben

Napínací buben slouží k zabezpečení správného propnutí dopravního pásu, to je potřeba k optimálnímu přenosu sil z hnacího bubnu na dopravní pás.

**Napínání pásu se dělí podle způsobu vyvolání síly:**

- Tuhé – pomocí šroubu nebo kladkostroje. Používají se u pásových dopravníků kratších délek (30 – 50 m) a na dopravnících s vložkami z ocelových drátů.
- Konstantní napínací silou vyvolanou závažím. Toto napínací závaží se umísťuje v místě, kde má dopravní pás nejmenší napětí v tahu.
- Napínací silou regulovatelnou ručně nebo automaticky. Mezi způsoby regulovatelné napínací síly se řadí napínání pneumatické, elektrické nebo elektrohydraulické. Tyto způsoby napínání dopravního pásu jsou používány pro delší dopravníky.

### 1.3.3 Nosná konstrukce

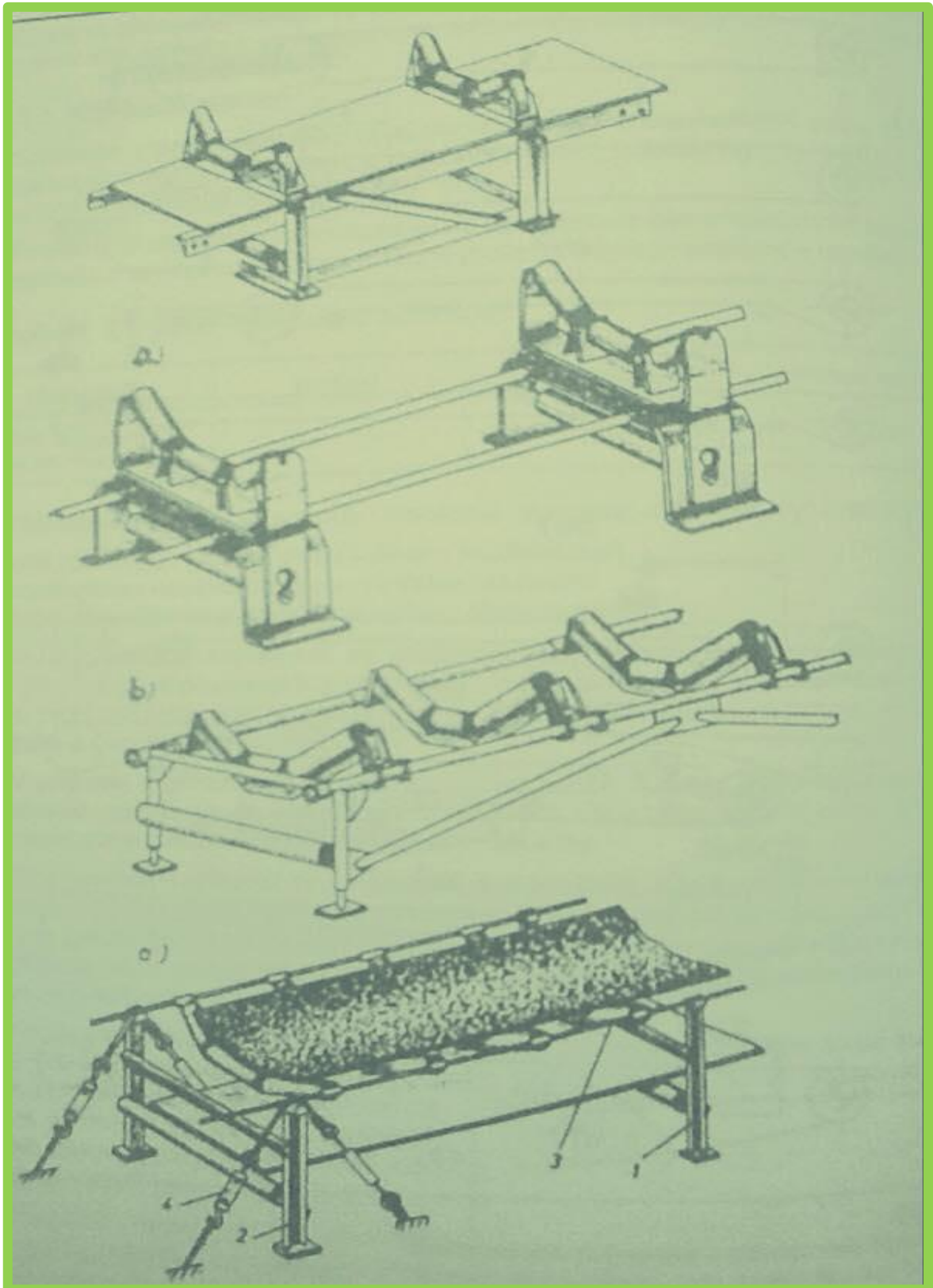
Nosná konstrukce (Obr. 5) má za úkol nést strojní součásti pásového dopravníku a vytváří jeho trať. Nosná konstrukce se rozděluje na stabilní a přestavitelnou. Je tvořena stojany, podélnými nosníky a válečkovými stolicemi. Dopravníky o menších rozměrech nemusejí mít v konstrukci nosné válečky, ty jsou nahrazeny pevným profilem pod trajektorií pásu.

Válečkové stolice se skládají z nosných stolic a nosných válečků. Slouží jako podpora horní a spodní části dopravního pásu.

Nosné stolice se dělí na:

- Horní nosné stolice – nesou horní nosné válečky. Podle počtu válečků se dělí na jednoválečkové, dvojeválečkové, trojeválečkové a víceválečkové.
- Spodní nosné stolice – nesou spodní nosné válečky. Většinou jsou jednoválečkové a někdy dvojeválečkové.

Nosné válečky jsou umístěny na nosných stolicích. Vedou a podpírají dopravní pás. Jsou konstruovány tak, aby při chodu vznikaly minimální odpory a pracovaly s vysokou spolehlivostí a vysokou životností.



Obr. 5. Nosné konstrukce pásových dopravníků [1]

### 1.3.4 Dopravní pásy

Dopravní pás je při provozu dopravníku jednou z nejdůležitějších částí. Je to uzavřený prvek, který obíhá kolem hnacího a hnaného bubnu. Dopravní pás je tažný prvek dopravníku a přenáší sypký, či kusový materiál.

#### **Podle tažného elementu rozlišujeme dopravníky s:**

- a) Gumovým pásem (nebo pásem z PVC)
- b) Ocelovým pásem
- c) Ocelogumovým pásem
- d) Pásem z drátěného pletiva

V provozu jsou nejčastěji používané pásy gumové a pásy z PVC. Gumové dopravní pásy mají textilní nebo ocelovou kostru.

#### **Gumové pásy se dále dělí podle gumové krycí vrstvy na:**

- a) Otěruvzdorné pásy
- b) Samozhášecí pásy pro doly
- c) Pásy odolné proti vysokým teplotám
- d) Pásy částečně odolné proti olejům, tukům a zvýšené teplotě
- e) Pásy odolné vůči olejům a tukům

#### **PVC pásy se dále dělí na:**

- a) Dopravní pásy pro těžbu
- b) Dopravní pásy pro chemický provoz
- c) Dopravní pásy pro potravinářský provoz
- d) Jiné druhy dopravních pásů

Ocelové dopravní pásy se vyskytují zejména v potravinářském a strojírenském provozu. Šířka těchto pásů se pohybuje od 300 mm do 800 mm a jejich tloušťka je od 0,4 mm do 1,6 mm. Tyto pásy mohou pracovat při teplotách až 800 °C. Díky tuhosti u nich nedochází k prodlužování a dobře odolávají vlhkosti a změnám teploty.

Ocelo-gumové pásy spojují výhody ocelových a gumových pásů. Ocelové jádro je pokryté z obou stran gumovou vrstvou.

Pásy z drátěného pletiva se využívají pro dopravu kusového materiálu ve specifických technologiích. Například u ochlazování, sušení, sprchování materiálu apod.

## 2 VÝPOČET PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ A DOPRAVNÍCH PÁSŮ

Pevnostní analýzy u mechanických součástí slouží k pochopení chování tělesa při určitých zadaných podmínkách. K výpočtům se používají dále uvedené vztahy nebo počítačových simulací. Dnes již každý větší CAD systém obsahuje svůj doplněk pro počítání pevnostních a dynamických analýz. Jedním z těchto programů je Autodesk Inventor, který obsahuje aplikaci Simulation. Simulation se dělí do hlavních částí na pevnostní analýzu, dynamickou simulaci a analýzu rámových konstrukcí. Využití tohoto programu je dále rozebráno v následujících kapitolách.

Výpočty se provádí při návrhu a kontrole modelu z těchto hlavních důvodů:

- Stanovení, zda je součást dostatečně pevná
- Určení deformací na součásti
- Pomocí výpočtů se minimalizují náklady na změny konstrukce výrobku
- Určení slabých a předimenzovaných míst na modelu

### 2.1 Pevnostní výpočet

Výsledný pohybový odpor (1) je počítán jako součet složek odporů hlavního, vedlejšího a přídavného.

$$F_u = F_H + F_V + F_p \quad (1)$$

kde:  $F_u$  – výsledný pohybový odpor [N]

$F_H$  – hlavní odpor [N]

$F_V$  – vedlejší odpor [N]

$F_p$  – přídavný odpor [N]

### 2.1.1 Hlavní odpory pásového dopravníku

Hlavní odpory působí po celé délce tratě dopravníků a vypočítají se pomocí vztahu (2). Výpočet je určen pro dopravníky bez válečkových stolic.

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2 \cdot \cos\delta) \quad (2)$$

kde:	$F_H$ – hlavní odpory	[N]
	$f$ – součinitel tření	[-]
	$L$ – délka dopravníku	[m]
	$g$ – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
	$m_1$ – hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky pásu	[kg.m <sup>-1</sup> ]
	$m_2$ – hmotnost 1 m dopravního pásu	[kg.m <sup>-1</sup> ]
	$\delta$ – úhel sklonu pásového dopravníku	[°]

Součinitel tření  $f$  se volí u dopravníků mezi 0,012 – 0,025 a závisí na stupni přesnosti výroby, náklonu dopravníku, podmínkách provozu a údržbě. [1]

### 2.1.2 Vedlejší odpory pásového dopravníku

Vedlejší odpory pro dopravníky kratší než 250 m se vypočítají podle vztahu (3). Vedlejší odpory působí jen v částech dopravníku a jedná se například o odpor vznikající třením materiálu o stěny násypky, odpor ohýbání pásu na bubnech, odpor ložisek, apod.

$$F_v = F_N + \sum_{i=1}^{n_b} F_{Bi} \quad (3)$$

kde:	$F_v$ – vedlejší odpory pásového dopravníku	[N]
	$F_N$ – odpor v násypce	[N]
	$F_{Bi}$ – odpor $i$ -tého nepoháněného bubnu	[N]
	$n_b$ – počet nepoháněných bubnů	[-]

Odpor v násypce se vypočítá podle vztahu (4):

$$F_N = F_{N1} + F_{N2} \quad (4)$$

kde:  $F_N$  – odpor v násypce [N]

$F_{N1}$  – odpor proti urychlování dopravovaného materiálu  
v násypce [N]

$F_{N2}$  – odpor tření dopravovaného materiálu o boční stěny  
násypky [N]

Odpor proti urychlování dopravovaného materiálu v násypce se vypočítá podle vztahu (5):

$$F_{N1} = m_1 \cdot v \cdot (v - v_0) \quad (5)$$

kde:  $F_{N1}$  – odpor proti urychlování dopravovaného materiálu  
v násypce [N]

$m_1$  – hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky  
pásu [kg.m<sup>-1</sup>]

$v$  – rychlost dopravního pásu [m.s<sup>-1</sup>]

$v_0$  – složka rychlosti dopravovaného materiálu ve směru  
dopravy [m.s<sup>-1</sup>]

Odpor tření dopravovaného materiálu se vypočítá podle vztahu (6):

$$F_{N2} = F_{N2M} + F_{N2Z} \quad (6)$$

kde:  $F_{N2}$  – odpor tření dopravovaného materiálu o boční stěny  
násypky [N]

$F_{N2M}$  – odpor tření dopravovaného materiálu o boční stěny  
v místě jeho zrychlení [N]

$F_{N2Z}$  – odpor v části násypky za místem zrychlení  
materiálu [N]



Odpor tření dopravovaného materiálu o boční stěny v místě jeho zrychlení se vypočítá podle vztahu (7):

$$F_{N2M} = \frac{4 \cdot \mu_2 \cdot m_1^2 \cdot g \cdot L_u}{\rho \cdot (1 + \frac{v_0}{v})^2 \cdot b_n^2} \quad (7)$$

kde:

$F_{N2M}$ – odpor tření dopravovaného materiálu o boční stěny v místě jeho zrychlení	[N]
$v$ – rychlost dopravního pásu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$\mu_2$ – součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a bočními stěnami násypky	[-]
$m_1$ – hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky pásu	[kg.m <sup>-1</sup> ]
$g$ – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
$L_u$ – dráha pro zrychlení dopravovaného materiálu	[m]
$\rho$ – hustota dopravovaného materiálu	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$v_0$ – složka rychlosti dopravovaného materiálu ve směru dopravy	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v$ – rychlost dopravního pásu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$b_n$ – šířka násypky	[m]

Dráha pro zrychlení dopravovaného materiálu se vypočítá podle vztahu (8) a musí pro něj platit vztah (9):

$$L_u = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot (\mu_1 \cdot \cos \delta - \sin \delta)} \quad (8)$$

$$L_u \leq L_n \quad (9)$$

kde:

$L_u$ – dráha pro zrychlení dopravovaného materiálu	[m]
$L_n$ – délka násypky	[m]
$v$ – rychlost dopravního pásu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_0$ – složka rychlosti dopravovaného materiálu ve směru	

dopravy	[m.s <sup>-1</sup> ]
g – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
μ <sub>1</sub> – součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a dopravním pásem	[-]
δ – úhel sklonu pásového dopravníku	[°]

Odpor v části násypky za místem zrychlení materiálu se vypočítá podle vztahu (10):

$$F_{N2Z} = \mu_2 \cdot \rho \cdot g \cdot L_b \cdot h_t^2 \quad (10)$$

kde: F<sub>N2Z</sub> – odpor v části násypky za místem zrychlení

materiálu [N]

μ<sub>2</sub> – součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a

bočními stěnami násypky [-]

ρ – hustota dopravovaného materiálu [kg.m<sup>-3</sup>]

g – gravitační zrychlení [m.s<sup>-2</sup>]

L<sub>b</sub> – délka bočního vedení [m]

h<sub>t</sub> – výška styku materiálu s bočním vedením [m]

Výška styku materiálu s bočním vedením se vypočítá podle vztahu (11):

$$h_t = \frac{1}{b_b} \cdot \left[ \frac{m_1}{\rho} - \frac{tg \lambda}{4} \cdot (b_b^2 - L_3^2) \right] \quad (11)$$

kde: h<sub>t</sub> – výška styku materiálu s bočním vedením [m]

b<sub>b</sub> – šířka bočního vedení [m]

m<sub>1</sub> – hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky

pásu [kg.m<sup>-1</sup>]

ρ – hustota dopravovaného materiálu [kg.m<sup>-3</sup>]

λ – úhel sklonu bočních válečků [°]

L<sub>3</sub> – délka středního válečku v horní trojválečkové stolici [m]

Pro součinitele  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  platí podmínky (12), (13):

$$0,5 \leq \mu_1 \leq 0,7 \quad (12)$$

$$0,5 \leq \mu_2 \leq 0,7 \quad (13)$$

kde:  $\mu_1$  – součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a  
dopravním pásem [-]  
 $\mu_2$  – součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a  
bočními stěnami násypky [-]

Odpor ohybu pásu a odpor v ložiskách pro jeden poháněný buben s úhlem opásání  $90^\circ$  se vypočítá podle vztahu (14):

$$F_B = 15 \cdot \left( 4500 + 0,01 \cdot \frac{T}{B} \right) \cdot \frac{s_{3,B}}{d} \quad (14)$$

kde:  $F_B$  – odpor ohybu pásu a odpor v ložiskách [N]  
 $T$  – střední hodnota tahu v dopravním pásu [N]  
 $B$  – šířka dopravního pásu [m]  
 $s_3$  – tloušťka nosné kostry dopravního pásu [m]  
 $d$  – průměr hnacího bubnu [m]

Pro sílu odporu nepoháněného bubnu na jeden buben platí podmínka (15):

$$F_{Bi} = 500 \text{ až } 1500 \quad (15)$$

kde:  $F_{Bi}$  – odpor  $i$ -tého nepoháněného bubnu [N]

### 2.1.3 Přídavné odpory pásového dopravníku

Přídavné odpory závisí na přídavném technologickém vybavení pásového dopravníku, mezi které patří například čistič pásu, shrnovač materiálu apod. Celková velikost přídavných odporů se vypočítá podle vztahu (16):

$$F_p = F_Z + n_c \cdot F_C + F_S + F_{SP} + F_{BV} \quad (16)$$

kde:	$F_p$ – celkový přídavný odpor	[N]
	$F_Z$ – odpor na překonání dopravní výšky	[N]
	$n_c$ – počet čističů pásu	[N]
	$F_c$ – odpor čističe pásu	[N]
	$F_S$ – odpor shazovacího vozu	[N]
	$F_{SP}$ – odpor shrnování materiálu z pásu	[N]
	$F_{BV}$ – odpor tření materiálu o boční vedení	[N]

Odpor na překonání dopravní výšky se vypočítá podle vztahu (17):

$$F_Z = m_1 \cdot g \cdot H \quad (17)$$

kde:	$F_Z$ – odpor na překonání dopravní výšky	[N]
	$m_1$ – hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky pásu	[kg.m <sup>-1</sup> ]
	$g$ – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
	$H$ – dopravní výška	[m]

Odpor čističe pásu se vypočítá podle vztahu (18). Kde se pro menší šířky pásu volí menší hodnoty z rozsahu v závorce.

$$F_c = (200 \text{ až } 400) \cdot B \quad (18)$$

kde:	$F_c$ – odpor čističe pásu	[N]
	$B$ – šířka dopravního pásu	[m]

Odpor shazovacího vozu se vypočítá podle vztahu (19):

$$F_S = m_1 \cdot g \cdot H_S + (1500 \text{ až } 2000) \cdot B \quad (19)$$

kde:	$F_S$ – odpor shazovacího vozu	[N]
	$m_1$ – hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky pásu	[kg.m <sup>-1</sup> ]
	$g$ – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
	$H_S$ – dopravní výška shazovacího vozu	[m]
	$B$ – šířka dopravního pásu	[m]

Odpor shrnování materiálu z pásu se vypočítá podle vztahu (20):

$$F_{SP} = (1200 \text{ až } 1500) \cdot B \quad (20)$$

kde:	$F_{SP}$ – odpor shrnování materiálu z pásu	[N]
	$B$ – šířka dopravního pásu	[m]

Odpor tření dopravovaného materiálu o boční vedení se vypočítá podle vztahu (21):

$$F_{BV} = \mu_2 \cdot \rho \cdot g \cdot L_b \cdot h_t^2 \quad (21)$$

kde:	$F_{BV}$ – odpor tření materiálu o boční vedení	[N]
	$\mu_2$ – součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a bočními stěnami násypky	[-]
	$\rho$ – hustota dopravovaného materiálu	[kg.m <sup>-3</sup> ]
	$g$ – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
	$L_b$ – délka bočního vedení	[m]
	$h_t$ – výška styku materiálu s bočním vedením	[m]

Hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky dopravníku (22):

$$m_1 = \frac{Q}{3,6 \cdot v} \quad (22)$$

kde:  $m_1$  – hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky

pásu [kg.m<sup>-1</sup>]

$Q$  – skutečné dopravované množství materiálu [t.h<sup>-1</sup>]

$v$  – rychlost dopravního pásu [m.s<sup>-1</sup>]

Skutečné množství dopravovaného materiálu (23):

$$Q = 3600 \cdot A \cdot v \cdot \rho \quad (23)$$

$Q$  – skutečné dopravované množství materiálu [t.h<sup>-1</sup>]

$v$  – rychlost dopravního pásu [m.s<sup>-1</sup>]

$\rho$  – hmotnost dopravovaného materiálu [kg.m<sup>-3</sup>]

Hmotnost 1 m dopravního pásu (24):

$$m_2 = B \cdot m'_2 \quad (24)$$

$m_2$  – hmotnost 1 m dopravního pásu [kg.m<sup>-1</sup>]

$B$  – šířka dopravního pásu [m]

$m'_2$  – hmotnost 1 m<sup>2</sup> dopravního pásu [kg.m<sup>-2</sup>]

## 2.2 Výpočet příkonu hnacího elementu

Příkon motoru hnacího elementu pásového dopravníků se vypočítá vztahem (25) pro hodnotu  $F_u < 0$  a vztahem (26) pro hodnotu  $F_u > 0$ :

$$P = \frac{F_u \cdot v}{1000 \cdot \mu} \quad (25)$$

$$P = \frac{F_u \cdot v \cdot \mu}{1000} \quad (26)$$

kde:	P – příkon	[kW]
	$F_u$ – výsledný pohybový odpor	[N]
	v – rychlost dopravního pásu	[m.s <sup>-1</sup> ]
	$\mu$ – účinnost hnacího elementu	[-]

Účinnost motoru se volí 0,85 pro  $F_u > 0$  (pohon) a 0,95 pro  $F_u < 0$  (brždění).

## 2.3 Výpočet sil v dopravním páse

Odpory, které vznikají v pásovém dopravníku, jsou překonávány pomocí dopravního pásu. Síly v dopravním páse se mění po celé trase dopravníku, závisí mimo jiné na počtu a uspořádání hnacích bubnů, napínacích zařízení, zatížení dopravníku.

Průběh tahových sil v dopravním páse při stavu nečinnosti je po celém obvodu konstantní. Pokud je dopravní pás uveden do provozu, tak tahové síly se na různých místech liší.

Poměr tahových sil v dopravním páse určuje Eulerova rovnice vláknového tření (27), kde dané tahové síly vypočítáme podle vzorců (28), (29) a (30). [1]

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \cdot \alpha} \quad (27)$$

$$F_{ui} = T_1 - T_2 \leq T_2 \cdot (e^{\alpha \cdot \mu} - 1) \quad (28)$$

$$T_1 \geq F_{ui} \cdot \left(1 + \frac{1}{e^{\alpha \cdot \mu} - 1}\right) \quad (29)$$

$$T_2 \geq F_{ui} \cdot \frac{1}{e^{\alpha \cdot \mu - 1}} \quad (30)$$

kde:	$T_1$ – tah v dopravním páse v části nabíhající na hnací buben	[kW]
	$T_2$ – tah v dopravním páse v části odbíhající z hnacího bubnu	[N]
	$\mu$ – součinitel tření mezi dopravním pásem a bubnem	[m.s <sup>-1</sup> ]
	$\alpha$ – úhel opásání dopravního pásu na hnacím bubnu	[-]
	$F_{ui}$ – obvodová síla na bubnu	[N]

Měrný tlak mezi pásem a bubnem se vypočítá pomocí vztahu (31):

$$p = \frac{T_1 + T_2}{d \cdot B \cdot 10^6} \quad (31)$$

kde:	$p$ – střední měrný tlak mezi pásem a bubnem	[MPa]
	$T_1$ – tah v dopravním páse v části nabíhající na hnací buben	[kW]
	$T_2$ – tah v dopravním páse v části odbíhající z hnacího bubnu	[N]
	$d$ – průměr hnacího bubnu	[m]
	$B$ – šířka dopravního pásu	[m]

Součinitel tření použitý v předešlých vzorcích se získá z tabulky (Tab. 1), pokud je známo, jaký povrch má hnací buben, měrný tlak a stav dotkových ploch mezi pásem a bubnem. V tabulce je možný povrch bubnu označen možnostmi A a B, kde A udává, že buben má hloubku drážek do 6 mm a jejich profil je šípový nebo křížový. B značí možnost, kde buben má vyšší hloubku drážek než 10 mm.



Tab. 1. Součinitele tření pro dopravní pásy

Konstrukce pásu	Povrch bubnu	Stav stykových ploch	p [MPa]							
			0,0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8
Pásy s kostrou z ocelových lan	Pogumovaný drážkovaný B	Suchý čistý	1,00	0,92	0,85	0,79	0,75	0,70	0,66	0,62
		Mokrá čistý	0,70	0,59	0,49	0,41	0,36	0,32	0,28	0,25
		Znečištěný hlinou a vodou	0,39	0,33	0,27	0,23	0,19	0,16	0,14	0,12
	Pogumovaný drážkovaný A	Suchý čistý	0,78	0,71	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,41
		Mokrá čistý	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19
		Znečištěný hlinou a vodou	0,25	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08
Pásy s textilními vložkami z polyamidu, bavlny a polyesteru	Pogumovaný drážkovaný B	Suchý čistý	1,00	0,92	0,85	0,80				
		Mokrá čistý	0,75	0,63	0,54	0,45				
		Znečištěný hlinou a vodou	0,41	0,35	0,30	0,25				
	Pogumovaný drážkovaný A	Suchý čistý	0,80	0,73	0,67	0,61				
		Mokrá čistý	0,36	0,32	0,29	0,26				
		Znečištěný hlinou a vodou	0,26	0,24	0,20	0,17				
Pogumovaný hladký	Pogumovaný hladký	Suchý čistý	0,72	0,67	0,63					
		Mokrá čistý	0,28	0,24	0,21					
		Znečištěný hlinou a vodou	0,10	0,08	0,06					
	Ocelový hladký	Suchý čistý	0,40	0,35						
		Mokrá čistý	0,15	0,11						
		Znečištěný hlinou a vodou	0,08	0,06						

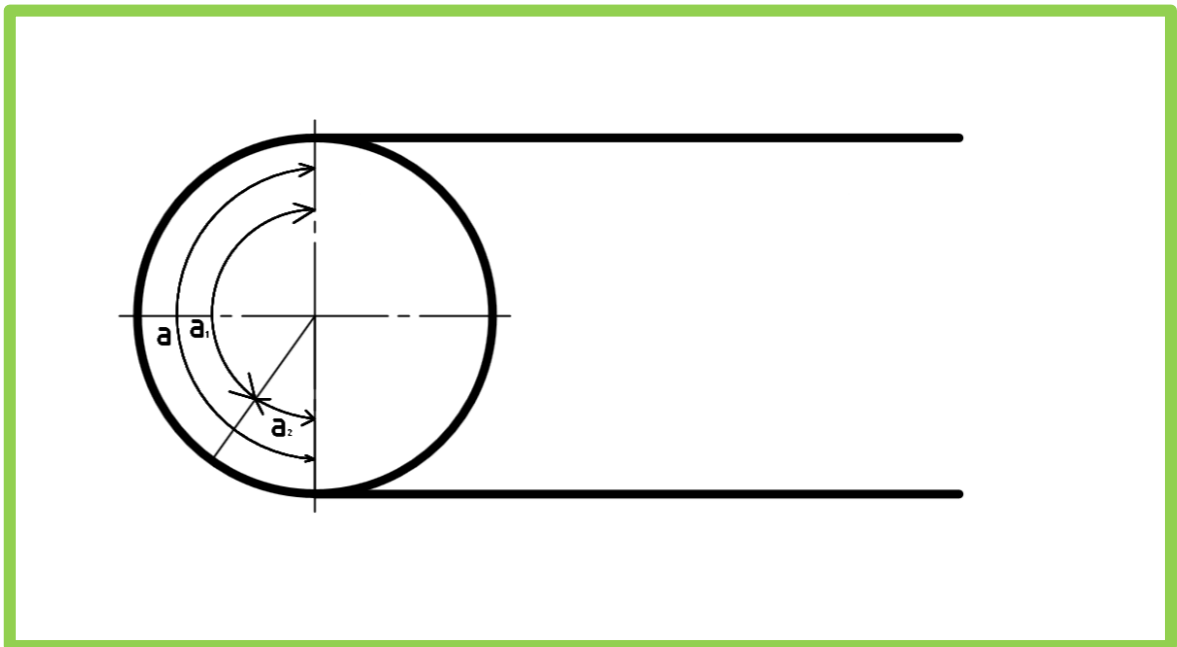
Bezpečnost proti skluzu pásu (32) se počítá, aby při rozběhu a chodu dopravníku nedocházelo ke skluzu dopravního pásu na bubnech. Úhly opásání ze vzorce (32) jsou zobrazeny na následujícím obrázku (Obr. 6). [1]

$$\alpha_1 = \frac{a}{a_2} \quad (32)$$

kde:  $\alpha_1$  – činný úhel opásání  $[\circ]$

$a$  – úhel opásání dopravního pásu na hnacím bubnu  $[\circ]$

$a_2$  – pokojový úhel  $[\circ]$



Obr. 6. Úhly opásání na hnacím bubnu

## 2.4 Výpočet rozměrů bubnů

Počítané rozměrové hodnoty jsou zobrazeny na následujícím obrázku (Obr. 7). Průměr hnacího bubnu se vypočítá pomocí vztahu (33) a jeho hodnota se většinou pohybuje v rozmezí 35 – 40 násobku tloušťky dopravního pásu.

$$d = \frac{360 \cdot F_{ob}}{p \cdot \pi \cdot \alpha \cdot b} \quad (33)$$

kde:  $d$  – průměr hnacího bubnu  $[\text{m}]$

$F_{ob}$  – obvodová síla na hnacím bubnu  $[\text{N}]$

$p$ – střední měrný tlak mezi pásem a bubnem	[MPa]
$\alpha$ – úhel opásání dopravního pásu na hnacím bubnu	[°]
$b$ – šířka bubnu	[°]

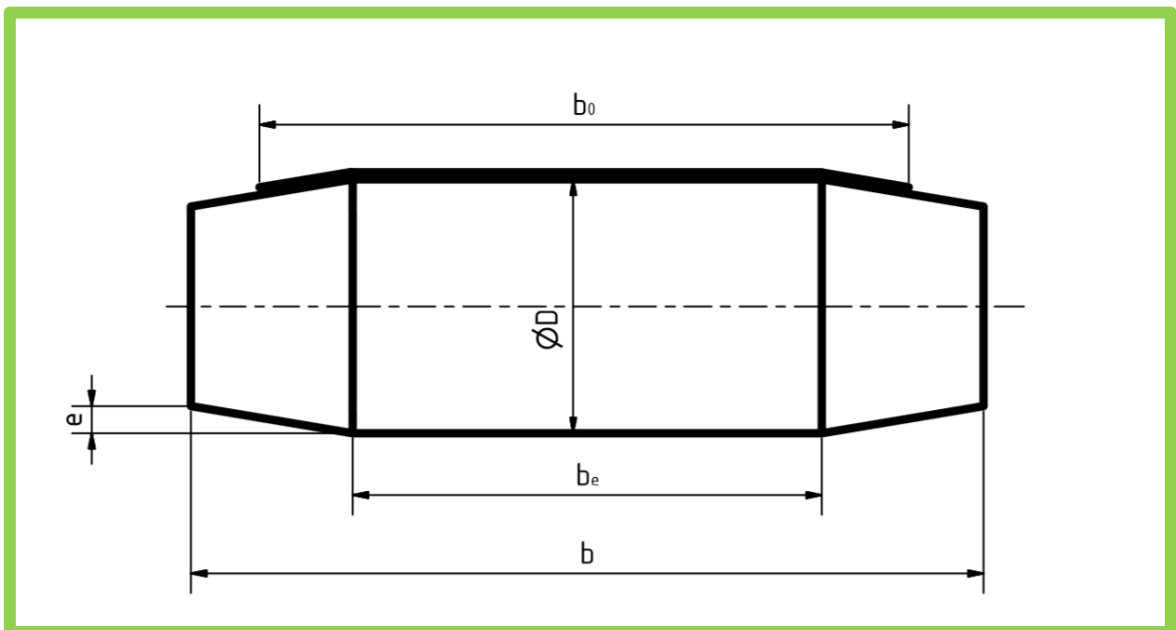
Dále jsou uvedeny výpočty pro šířku bubnu, výšku úkosu a šířku válce (34), (35) a (36):

$$b = 1,1 \cdot b_0 + 10 \quad (34)$$

$$e_1 = \frac{d+100}{500} \quad (35)$$

$$b_e = \frac{b}{2} \quad (36)$$

kde:	$b$ – šířka bubnu	[mm]
	$b_0$ – šířka dopravního pásu	[mm]
	$e_1$ – výška úkosu	[mm]
	$d$ – průměr hnacího bubnu	[mm]
	$b_e$ – šířka válcové části bubnu	[mm]



Obr. 7. Doporučené rozměrové hodnoty dopravníkových bubnů

## 2.5 Pevnostní výpočet v aplikaci Autodesk Inventor Simulation

Pevnostní analýza aplikace Autodesk Inventor Simulation umožňuje simulaci napětí, přetvoření a deformací. Výsledky analýzy mohou být vizualizované v trojrozměrných diagramech.

Pevnostní analýza se provádí pomocí matematického modelu fyzikálního systému složeného z těchto částí:

- Součásti souboru
- Vlastnosti materiálu
- Okrajové podmínky (zatížení, podpory)

Model je při výpočtu rozložen na menší prvky, s kterými je potom jednotlivě počítáno.

V aplikaci můžeme analyzovat tělesa těmito metodami:

- Von Mises
- Maximální a minimální hlavní napětí
- Deformace
- Součinitel bezpečnosti
- Frekvenční režimy

### 3 VIZUALIZACE

Pro vizualizaci součástí a sestav vymodelovaných v CAD systémech se využívá interních nebo externích programů. Větší CAD aplikace obsahují doplňky pro render obrázků, ale tyto doplňky se nevyrovnají, co se týče kvality renderu a volby materiálů, externím aplikacím. Pro příklad slouží aplikace Autodesk Inventor, která obsahuje doplněk na render obrázků Inventor Studio. Jako externí aplikace lze využít přímo ty od společnosti Autodesk (např. Autodesk VRED Pro, Autodesk Inventor Publisher) nebo aplikace od jiných společností, u kterých nejsou problémy s kompatibilitou se soubory (např. KeyShot).

Render výrobků je využíván zejména v případech vytvoření obrázku nebo animace, který znázorňuje vzhled a pohyb návrhu před sestavením. Tyto obrázky a animace se používají pro prezentaci realistického vzhledu výrobku.

Aplikace nabízí možnosti nastavení světla a jejich animaci, pohyb součástí nebo kamery a výběr z několika vzhledů pozadí scény. Knihovna materiálů je u programů určených k vizualizaci obsáhlá a materiály se dají modifikovat dle vlastních preferencí.

Některé aplikace pro vizualizaci obsahují omezené možnosti modelování, kterého je využíváno hlavně při tvorbě prostředí scény.

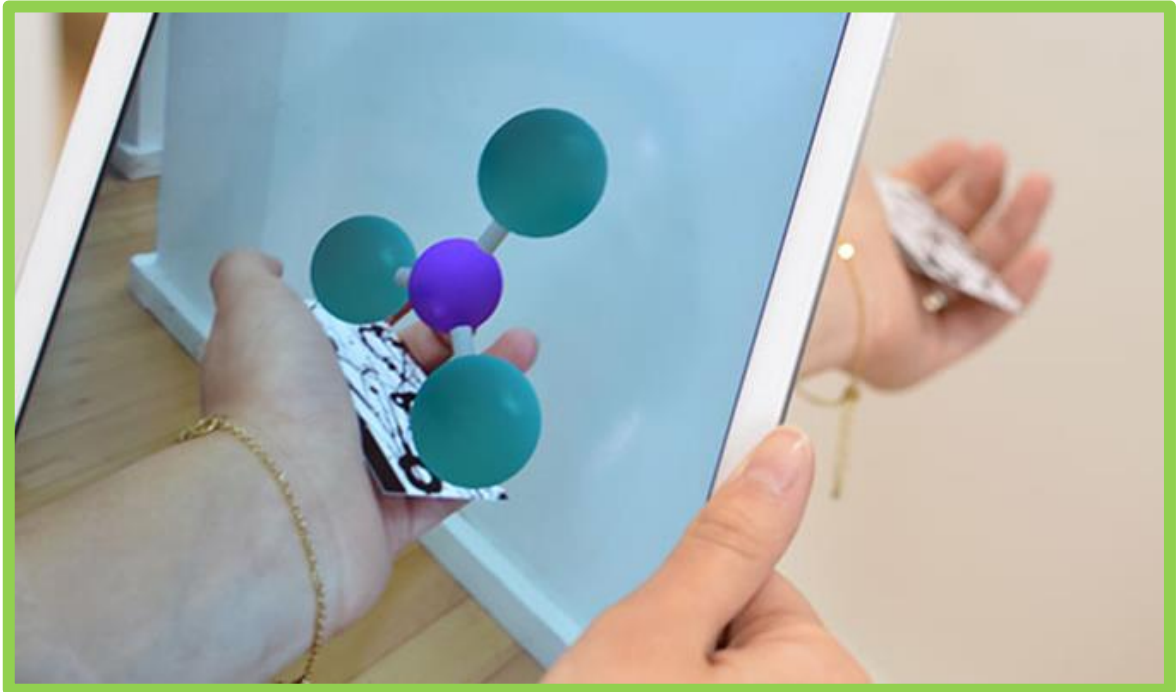
#### **Autodesk Inventor Publisher**

Speciálním typem programu pro vizualizace je Autodesk Inventor Publisher. Tento program vytváří montážní návody z dodaných vymodelovaných sestav. Aplikace je intuitivní a tím přichází s možností jednoduché tvorby montážních návodů. Ty jsou určeny pro interní firemní účely, kde je potřeba zaměstnancům dodat podklady pro montáž sestav nebo pro výrobky dodávané zákazníkovi v rozloženém stavu.

#### **Aplikace Augment**

Aplikace Augment slouží k rozšíření reality. Funguje na zařízeních se software Android nebo iOS. Pracuje se 3D modely, které jsou nahrány do cloudového úložiště Augment. 3D model se načte do zařízení po namíření fotoaparátu na QR kód nebo obrázek, který je přiřazený k jednotlivému 3D modelu. Následně se na obrazovce načte 3D model, se kterým lze jednoduše manipulovat. (Obr. 8) Zákazník má možnost prohlédnout si detailně vnější

vzhled výrobku a má možnost umístit 3D model produktu do fotoaparátem snímané provozy a zachytit tento moment do fotografie.



*Obr. 8. Aplikace Augment v praxi [7]*

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ZADANÍ A CÍL PRÁCE

### 4.1 Cíl práce

Cílem této práce je navrhnout modulární konstrukci pásového MINI dopravníku pro firmu VALMATIC s.r.o. a sestrojít prototyp.

Důležitými prvky zohledněnými při konstrukci jsou:

- Použití hliníkových profilů
- Jednoduchá montáž a demontáž prvků dopravníku od hlavního nosného rámu. To zabezpečí rychlou změnu délky pásového dopravníku výměnou nosného rámu jiné velikosti. (délka dopravníku musí být modifikovatelná od min do 800 mm)
- Motor ukrytý uvnitř pásového dopravníku
- Šířka dopravníku 40 mm
- Dopravník slouží k manipulaci výrobků s malou hmotností a rozměry.
- Cena

### 4.2 Představení firmy VALMATIC s.r.o

VALMATIC s.r.o je společnost založená v červenci 2013. Jedná se o konstrukční kancelář sdružující strojní a elektro konstruktéry. Tato firma se zabývá návrhy a konstrukcí jednoúčelových strojů a zařízení, poloautomatických výrobních linek a průmyslových pracovišť, výrobních a montážních přípravků, dopravníkových a strojních systémů. [9]



### 4.3 Použitý software

Velmi důležitou součástí návrhu a prezentace výrobku je software. Ten byl využit při návrhu, výpočtech i vizualizaci. (Tab. 2)

Tab. 2. Využití software při práci na pásovém dopravníku

Použitý software	Využití	Výpočet	Konstrukce	Vizualizace
Autodesk Inventor 2014				
Autodesk Publisher 2015				
Autodesk VREDPro 2014				
KeyShot 5				
Augment				

Pro vytvoření součástí a následné sestavy pásového dopravníku byl využit program Autodesk Inventor 2014. Dále byl tento program využitý pro tvorbu výkresové dokumentace. Pro následnou práci se 3D modelem byla využita řada doplňků aplikace Autodesk Inventor, a to konkrétně Inventor Studio, Simulation, OBJ Exporter a coolOrange screenGrab. Jak v Inventor Studiu, tak i v coolOrange screenGrab vznikaly vizualizace výrobků. U druhé jmenované aplikace sloužily vizualizace pro použití v aplikaci Augment. Simulation byl využitý pro veškeré pevnostní výpočty pásového dopravníku a tyto výpočty jsou blíže popsány v kapitole 6.1. OBJ Exporter byl použitý z důvodu, že Autodesk Inventor v základním nastavení nenabízí možnost exportu modelů do formátu .obj. Modely v tomto formátu byly potřebné pro práci v aplikaci Augment.

Pro bližší propojení čtenáře s touto prací byl použit software Augment, který slouží k promítání 3D modelů na mobilních zařízeních. 3D modely, které jsou vizualizovány, jsou v následujícím seznamu. Mimo obrázky se zde nachází i výkresová dokumentace.

Seznam obrázků a příloh, které jsou propojeny s aplikací Augment:

- Příloha P I: Bočnice motoru levá
- Příloha P II: Bočnice motoru pravá
- Příloha P III: Bočnice napínače
- Příloha P IV: Hnací buben I
- Příloha P V: Hnací buben II

- Příloha P VI: Napínací buben
- Příloha P VII: Skluz motoru
- Příloha P VIII: Skluz napínače
- Příloha P IX: Hřídel motor
- Příloha P X: Hřídel napínání
- Příloha P XI: Držák motoru
- Obr. 17

K vizualizaci výrobku a jednotlivých dílů byl kromě aplikace Autodesk Inventor využit software Autodesk VREDPro a KeyShot 5.

## 5 KONSTRUKČNÍ ČÁSTI PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

### 5.1 Motor a ozubené soukolí

Vybraný motor musí odpovídat požadavkům, které jsou na něj kladeny. Mezi ty základní patří výkon, otáčky, napětí a rozměr. Motor bylo potřeba vybrat tak, aby se dal rozměrově umístit uvnitř pásového dopravníku. Při uvážení šířky dopravníku 40 mm a úvaze tloušťky bočních plechů byla nutnost najít motor s maximálním průměrem 35 mm. Další požadavek byl na řízení a jednoduché ovládání směru jízdy dopravního pásu. Toto řeší volba stejnosměrného motoru.

Výpočty uvedené v kapitole 2. nejdou použít pro tento případ, protože se jedná o pásový MINI dopravník a výpočty jsou spíše určeny pro větší pásové dopravníky v průmyslu.

Dle kritérií a konzultací s konstruktéry z firmy VALMATIC byl k pohonu hnacího bubnu vybrán DC motor série PD3046 s planetovou převodovkou od společnosti Transmotec (Obr. 9). Mezi výhody použitého stejnosměrného motoru patří:

- Snadné řízení – změnou budícího napětí na rotoru
- Lineární charakteristika závislosti otáček na budícím napětí na rotoru

Vlastnosti motoru udávané výrobcem [8]:

- Jmenovité napětí: 24 V
- Otáčky: 9,8 - 1170 ot./min.
- Jmenovitý proud:  $\leq 900$  a  $\leq 500$  mA
- Jmenovitý výkon: 7,0 a 8,5 W
- Průměr: 30 mm
- Provozní teplota: -10 až 60 °C
- Relativní vlhkost: 20 až 85 %
- Obsahuje filtry k potlačení elektromagnetického vyzařování
- Radiální zatížení  $\leq 3,5$  Kg
- Axiální zatížení  $\leq 2,5$  Kg
- Radiální vůle  $\leq 0,04$  mm
- Osová vůle  $\leq 0,3$  mm

Motor je k dopravníku uchycen pomocí čtyř šroubů, které jej spojují s plechovým ohýbaným dílem. (Příloha P XI: Držák motoru)



Obr. 9. DC motor série PD3046 s planetovou převodovkou

### **Ozubené soukolí**

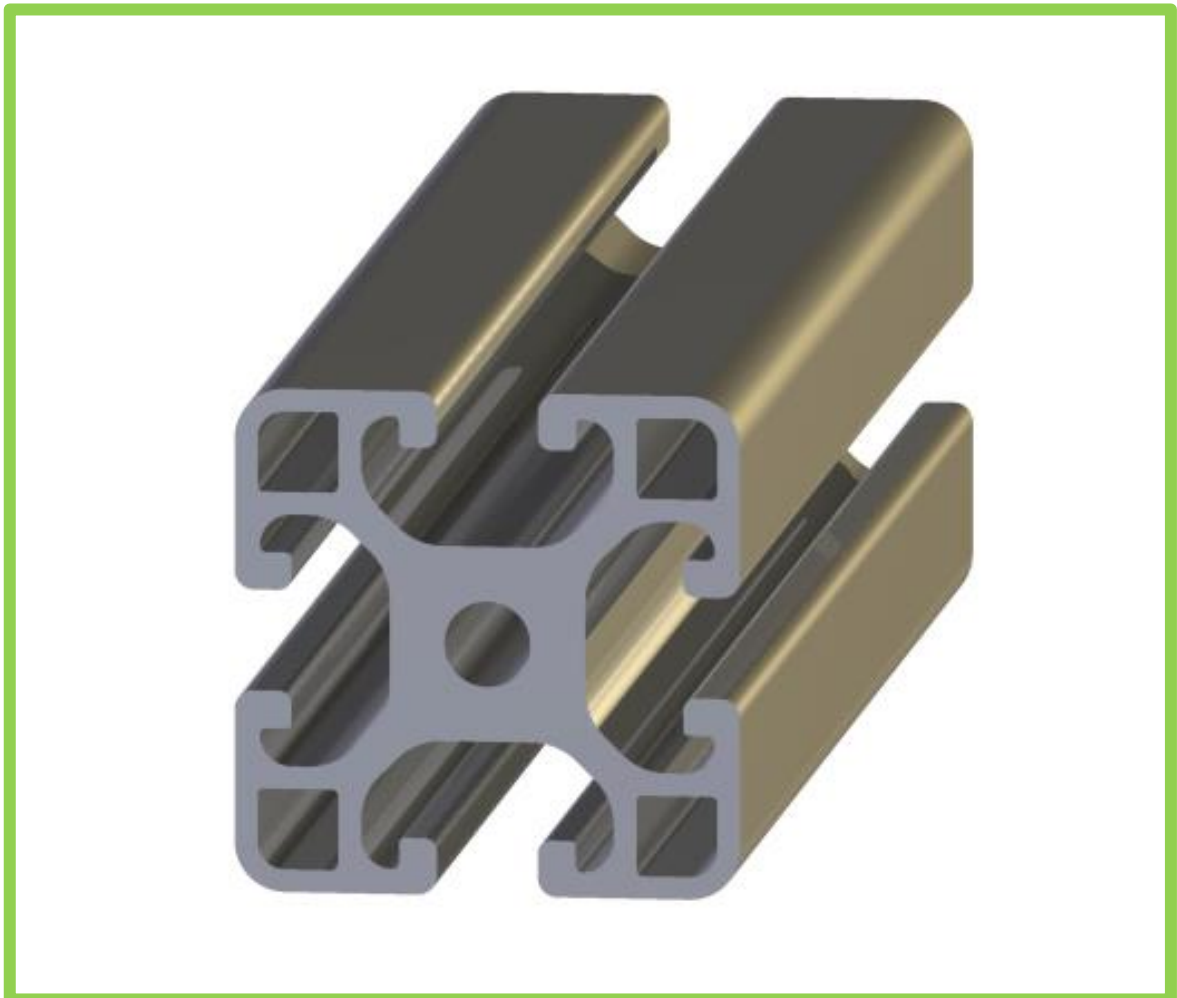
Tyto díly mají za úkol propojení mezi motorem a hnacím bubnem. To bylo vyřešeno soukolím skládajícím se z pastorku s přímými zuby a korunového kola. Soukolí je objednáno od firmy Lukáš zámečnictví ze sortimentu ozubených kol určených pro stavebnici Merkur. Pro kontrolní výpočty ozubeného soukolí a unášecích hřídelí byl použit software MITCalc.

## **5.2 Nosný rám**

Na nosný rám pásového MINI dopravníku byl dle požadavků využit hliníkový profil (Obr. 10). Tyto hliníkové profily splňují požadavky na nízkou hmotnost, tuhost a jednoduchou montáž. Jednoduchá montáž a demontáž je u tohoto prvku zapotřebí z důvodu změny délky profilu. Tato výměna bude mít vliv na celkovou funkční délku dopravníku. Tímto je zajištěn další požadavek od firmy VALMATIC na jednoduše modifikovatelnou délku dopravníku. Rozměr profilu je volen dle šířky dopravníku v zadání, a to 40 mm.

Dle předchozích požadavků byl vybrán profil u společnosti Alváris a zde jsou doplňující informace:

- Profilová řada 8
- Profil 40x40L
- Hmotnost 1,75 kg/m
- Eloxovaný
- Profil je dodáván se zástrčnými maticemi



*Obr. 10. Hliníkový profil Alváris*

### **5.3 Plechové součásti**

V konstrukci pásového MINI dopravníku bylo potřeba propojit nosný rám s ostatními prvky dopravníku (hnací hřídel, napínací hřídel) a tím zajistit jejich polohu. Dále bylo nutné

vyřešit skluzy dopravního pásu a uchycení motoru. Tyto konstrukční problémy byly vyřešeny použitím plechových součástí dvou typů:

- Ocelový plech o tloušťce 2 mm
- Duralový plech o tloušťce 4 mm

Tvary plechů byly vyřezávány laserem dle výkresové dokumentace:

- Příloha P XIII: Laserový výpalek skluz napínače
- Příloha P XIV: Laserový výpalek skluz motoru
- Příloha P XV: Laserový výpalek držák motoru
- Příloha P XVI: Laserový výpalek bočnice motoru levá
- Příloha P XVII: Laserový výpalek bočnice motoru pravá
- Příloha P XVIII: Laserový výpalek bočnice napínače

Následně byly vykonány drobné úpravy (zahloubení děr pro šrouby, ložiska). Díly z ocelového plechu byly strojně ohnuty. Po vyřezání byly díly vyráběny dle výkresové dokumentace:

- Příloha P I: Bočnice motoru levá
- Příloha P II: Bočnice motoru pravá
- Příloha P III: Bočnice napínače
- Příloha P VII: Skluz motoru
- Příloha P VIII: Skluz napínače
- Příloha P XI: Držák motoru

Pro zlepšení vzhledu odolnosti vůči korozi jsou ocelové plechy na závěr černěny (brynýrovány).

## 5.4 Hnací buben

Hnací buben byl vyroben z termoplastu polyamidu PA6 – silon (Obr. 11). Skládá se ze dvou částí (Příloha P IV: Hnací buben I, Příloha P V: Hnací buben II) z důvodu, aby ve střední části bylo místo pro upnutí ozubeného kola, které spojí motor s hnacím bubnem. Obě části bubnu jsou spojeny ocelovými kolíky, které zamezují vzájemnému pootočení. Krajní válcové části hnacího bubnu byly zešíkmeny tak, aby při provozu dopravníku automaticky vystředovaly dopravní pás.

Z kapitoly 2.4 využijeme vzorce pro výpočet rozměrů bubnu.

Zvolené hodnoty s ohledem na konstrukci:

Průměr hnacího bubnu  $d = 40 \text{ mm}$

Šířka bubnu  $b = 38,4 \text{ mm}$

$$e_1 = \frac{d+100}{500} \quad (35)$$

$$e_1 = \frac{40 + 100}{500}$$

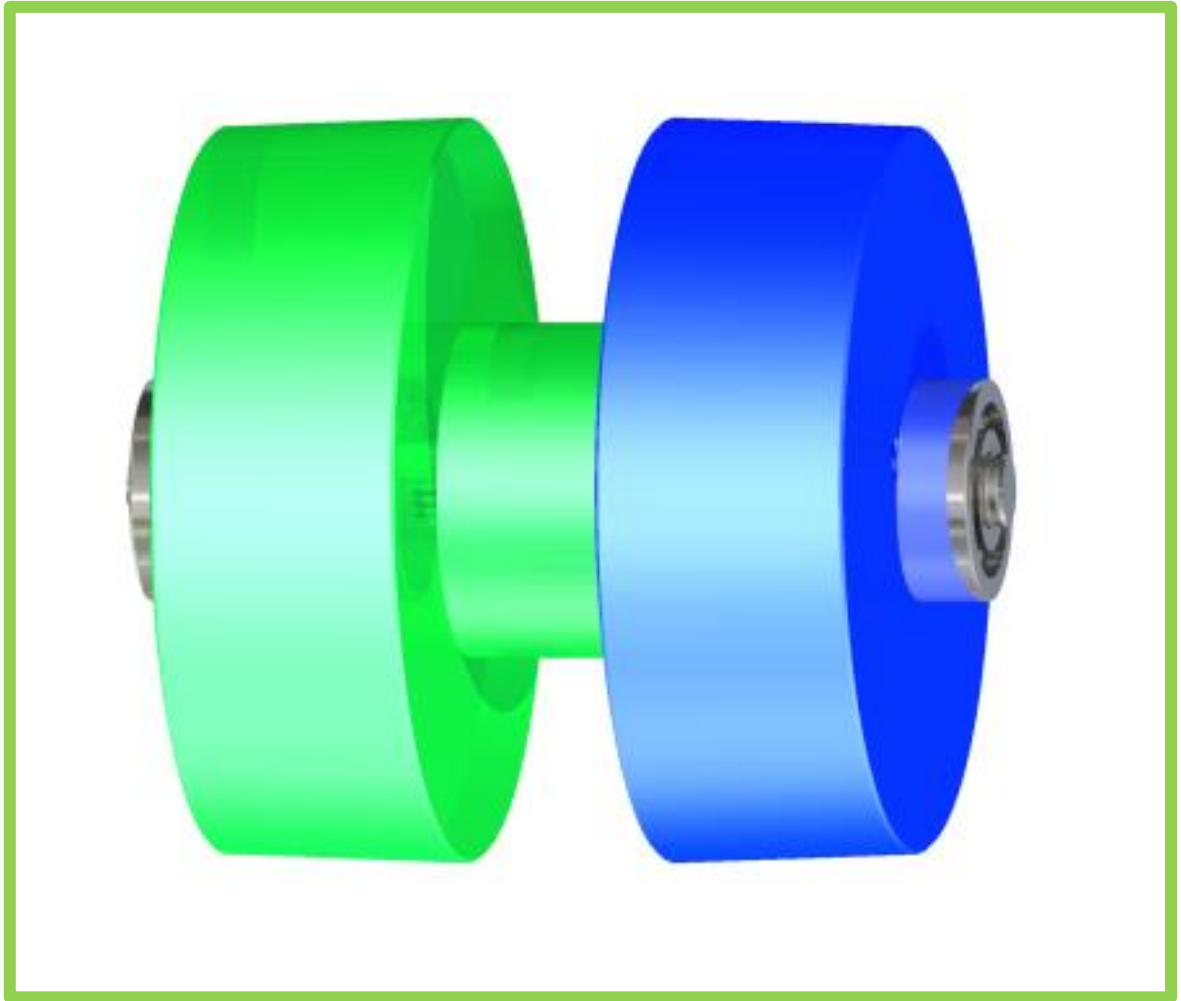
$$e_1 = 0,28 \text{ mm}$$

$$b_e = \frac{b}{2} \quad (36)$$

$$b_e = \frac{38,4}{2}$$

$$b_e = 19,2 \text{ mm}$$

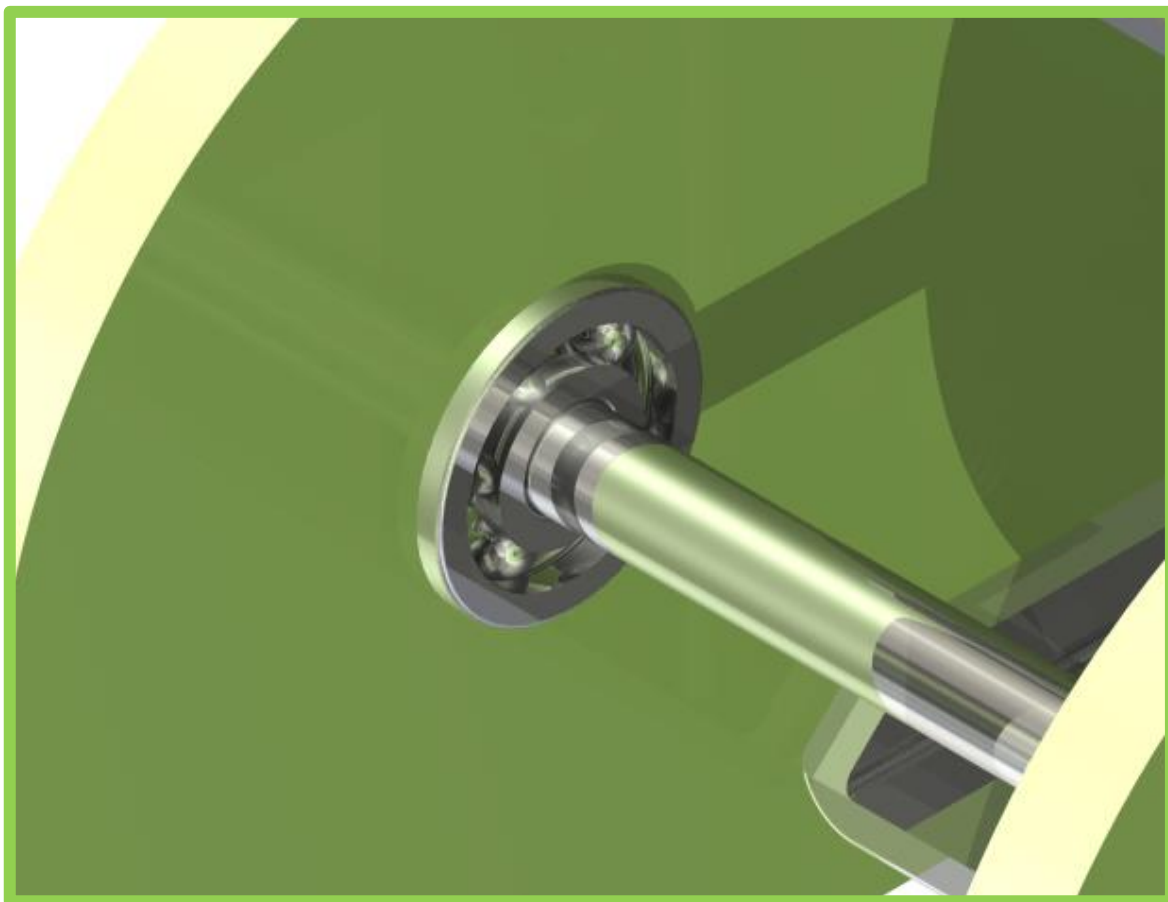
Tyto rozměry byly uvažovány při konstrukci hnacího bubnu a i u napínacího bubnu bude stejná geometrie bubnu, a proto používáme stejné vzorce se stejnými hodnotami.



*Obr. 11. Hnací buben složený ze dvou částí*

Hnací buben je uložen na hřídeli o průměru 4 mm vyrobené z oceli 1.2210 (19 421). Je to chromvanadová nástrojová ocel s vysokou odolností proti opotřebení otěrem. Hřídel je uložena ve dvou kuličkových ložiscích typu ČSN 024630 SKF - 604. Ložiska jsou naliso- vána do hliníkových bočnic dopravníku. (Obr. 12)



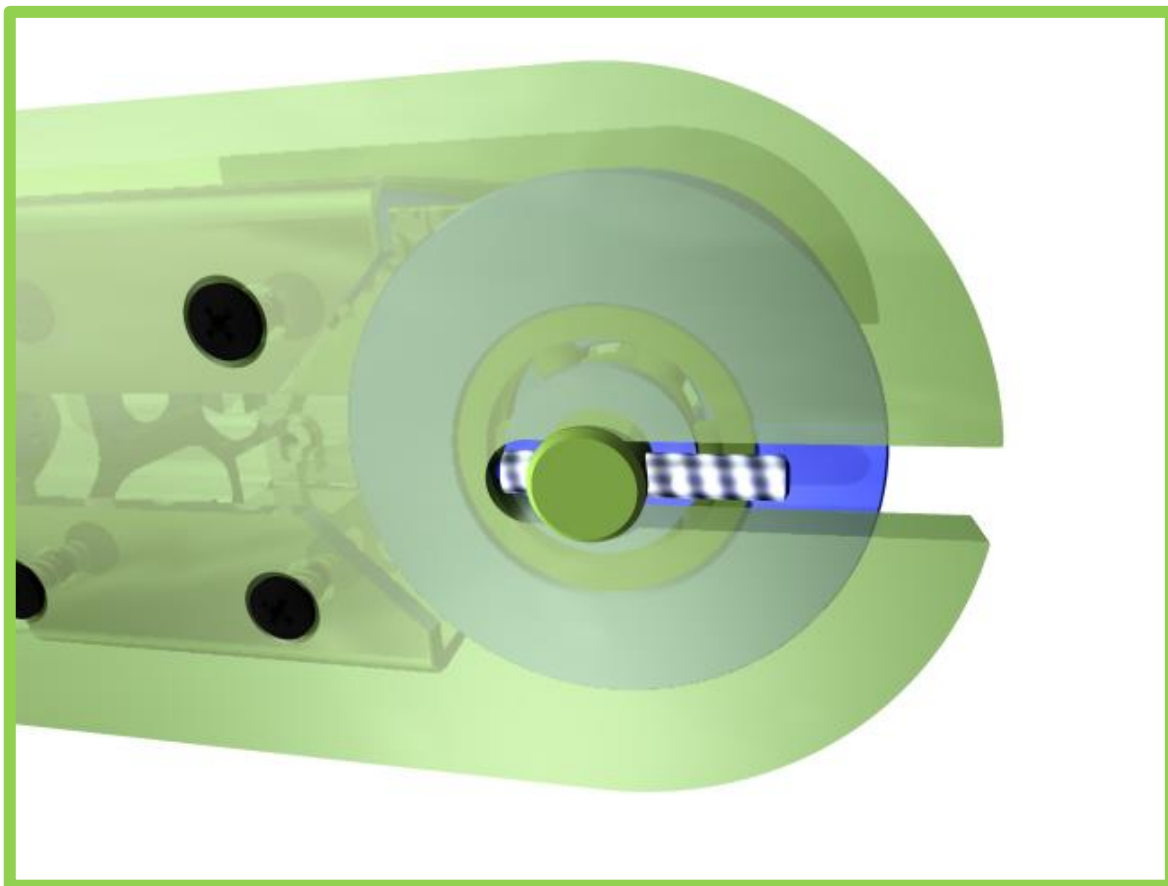


*Obr. 12. Unášecí hřídel hnacího bubnu*

## 5.5 Napínací buben

Napínací buben (Příloha P VI: Napínací buben) je vyroben stejně jako hnací buben z termoplastu polyamidu PA6 – silon (Obr. 13). Má zešíkmení na bočních stranách pro vystředění dopravního pásu a vybrání na ložiska CSN 024630 – 608. Zešíkmení bočních stran má stejné hodnoty jako u hnacího bubnu z kapitoly 5.4.

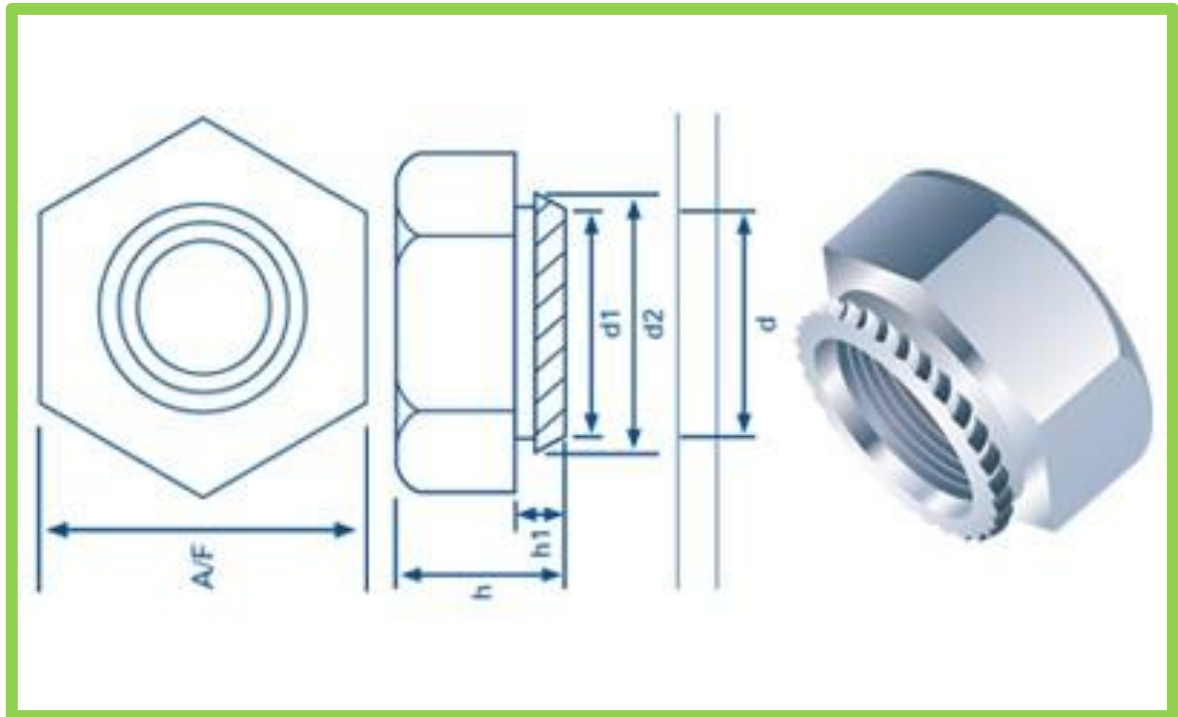
Napínací buben s ložisky je veden na hřídeli o průměru 8 mm vyrobené z oceli 1.2210 (19 421). Je to chromvanadová nástrojová ocel s vysokou odolností proti opotřebení otěrem. Mezi ložisko a bočnici je umístěna podložka DIN 988 - 8 x 14 x 1,6, která zabraňuje vzájemnému dotyku součástí. Volba většího průměru hřídele a tím i ložisek je nutná, protože v hřídeli jsou umístěny šrouby CNS 4481 - M3 x 20, kterými se nastavují napínací síly dopravního pásu.



*Obr. 13. Napínací buben uložený na hřídeli s napínacími šrouby*

## 5.6 Spojovací součásti

V sestavě byly použity spojovací součásti, které zajistí pozici součástí a tuhost sestavy. Spoje vznikaly pomocí šroubů a matic. Pro lepší vzhledové vlastnosti byly použity šrouby se zapuštěnou hlavou a jejich rozměry jsou vyznačeny ve výkresové dokumentaci. Zajištění pevných spojů vyžaduje nutnost minimální délky závitu, kterou ocelový plech o tloušťce 2 mm nedosahuje. Proto jsou použity lisovací matice (Obr. 14), které po zalisování do plechu zvětší použitelnou délku závitu, a tím vznikne pevný spoj. Dalším typem spojení je využití šroubů a korýtkových matic. Toto spojení je v místech spoje bočnic a hliníkového profilu. Korýtkové matice jsou dodávány spolu s profilem, který tvoří nosný rám konstrukce.



Obr. 14. Lisovací matice [4]

## 5.7 Dopravní pás

Dopravní pás patří mezi hlavní části pásového dopravníku. V tomto případě byl zvolen pás, který je vhodný pro použití ve strojní výrobě, ve vnitřních prostorech, s možností dopravy kusových plastových dílců. S využitím požadavků byl zvolen pás s označením EL2-U10 FL od společnosti Reko.

Technické vlastnosti dopravního pásu:

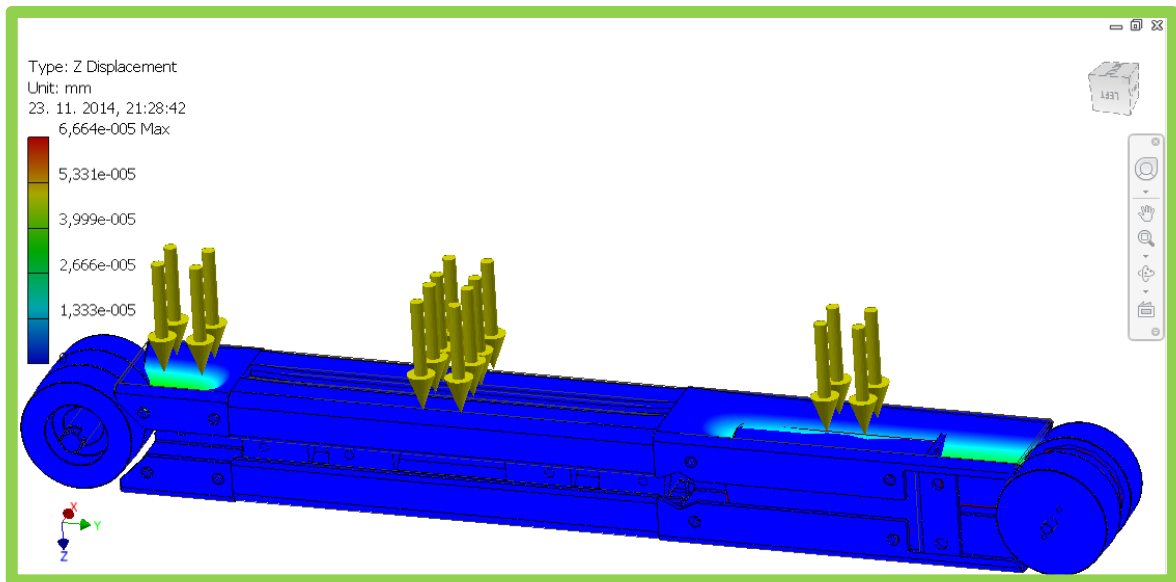
- Antistatický
- Potravinářský atest
- Tloušťka: 1 mm
- Hmotnost: 1,2 kg/m<sup>2</sup>
- Minimální průměr válců: 10 mm
- Tah pro 1 mm prodloužení: 2 N/mm
- Teplotní odolnost: -20 – 60 °C

## 6 VÝPOČET ZÁKLADNÍCH ČÁSTÍ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

### 6.1 Pevnostní výpočet

Pevnostní výpočty pásového dopravníku byly vypočítány v doplňku programu Autodesk Inventor.

První výpočet byl zaměřen na dostatečnou pevnost a tuhost nosného rámu a plechových skluzů. Při zadávání hodnot plošně působících sil byl brán zřetel na bezpečnost a neporučovost stroje, proto byly působící síly zvoleny s rezervou. Maximální deformace v kolmé ose na dopravník byly zanedbatelné. (Obr. 15)



Obr. 15. Pevnostní výpočet dopravníku s deformací prvků v ose „z“

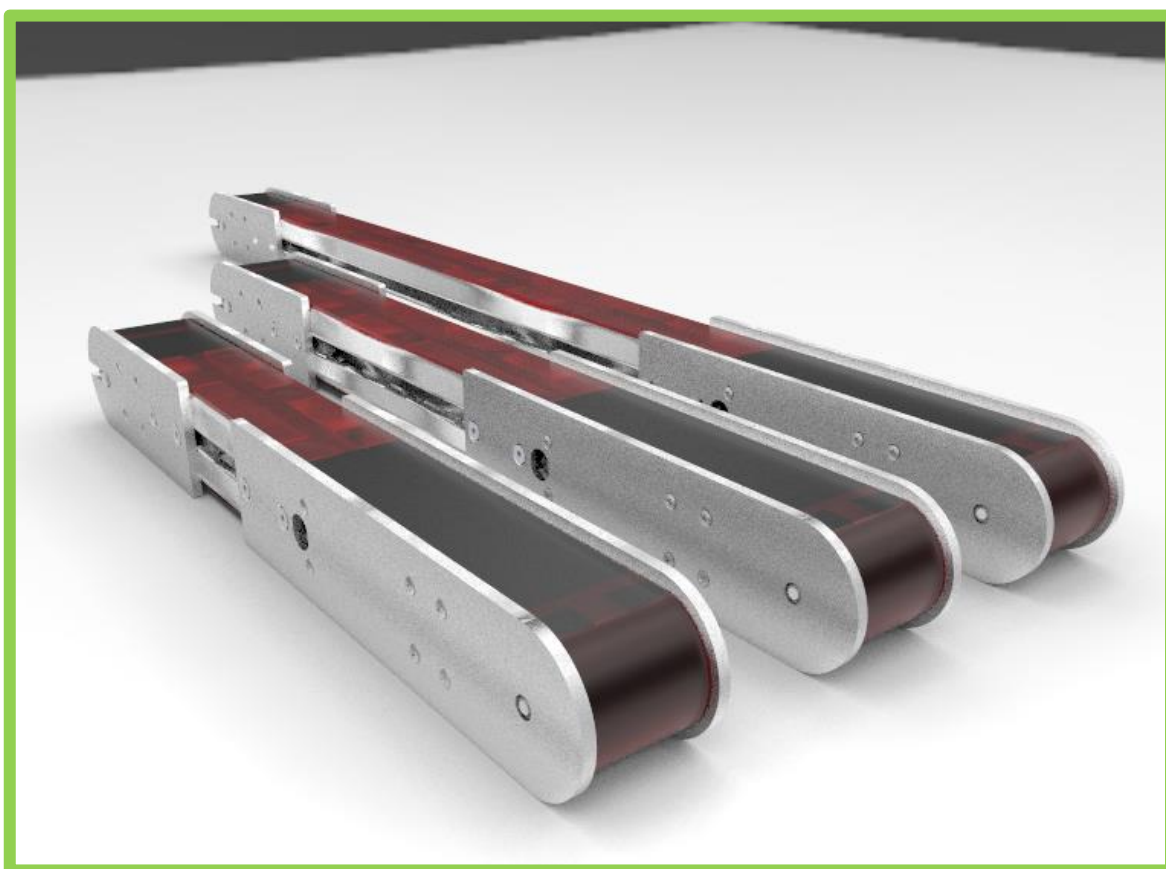
Výpočet hřídele na hnací straně dopravníku byl společně s ozubenými koly proveden v aplikaci MITCalc. Výsledný průměr hnací hřídele vychází 3,12 mm a pro konstrukci je zvolena hřídel průměru 4 mm. U ozubených kol se jednalo o kontrolní výpočty předem zvolených součástí.

## 7 MONTÁŽNÍ NÁVOD

Jeden z požadavků firmy VALMATIC požadoval rychlou a snadnou změnu délky dopravníku. (Obr. 16) Změna délky dopravníku je možná výměnou hliníkového profilu společně s dopravním pásem. Pro popis výměny byl udělán montážní návod (Příloha P XIX: Montážní návod). Zde je celý postup výměny shrnut do osmi vizualizovaných bodů. Tyto body zahrnují:

- Demontáž bočnic
- Výměna hliníkového profilu a dopravního pásu
- Montáž bočnic

Montážní návod byl udělán v aplikaci Autodesk Inventor Publisher 2015. Sestava pásového MINI dopravníku byla importována ve formátu .iam z aplikace Autodesk Inventor 2015. Pro vizualizaci jednotlivých bodů návodu byla použita funkce manuálního rozpadu sestavy. Jednotlivé fáze rozpadu byly exportovány ve formě obrázků s transparentním pozadím.



Obr. 16. Pásové dopravníky s rozdílnou délkou hliníkového profilu

## 8 FINÁLNÍ ZHODNOCENÍ

### 8.1 Zhodnocení cíle práce

Cílem této práce bylo vytvoření návrhu konstrukce pásového MINI dopravníku dle zadaných parametrů společnosti VALMATIC.

Jednotlivé body zadání byly splněny takto:

- Použití hliníkových profilů

Pro nosný rám byl použit hliníkový profil od firmy Alváris. Tento profil zajistil dostatečnou tuhost, nízkou váhu a jednoduchou montáž dalších dílů pomocí korýtkových matic.

- Jednoduchá montáž a demontáž prvků dopravníku od hlavního nosného rámu. To zabezpečí rychlou změnu délky pásového dopravníku výměnou nosného rámu jiné velikosti. (délka dopravníku musí být modifikovatelná od min do 800 mm)

Změna funkční délky pásového MINI dopravníku je vizualizovaná v montážním návodu. (Příloha P XIX: Montážní návod) Ke změně je nutno využít pouze dvou nových součástí, a to dopravního pásu a nosného rámu jiné délky.



Obr. 17. Pásový MINI dopravník

- Motor ukrytý uvnitř pásového dopravníku

K pohonu pásového MINI dopravníku byl vybrán DC motor série PD3046 s planetovou převodovkou od firmy Transmotec, který má průměr 30 mm. S tímto průměrem je možné jej umístit uvnitř dopravníku, který má funkční šířku 40 mm.

- Šířka dopravníku 40 mm

Celková šířka pásového MINI dopravníku je 48 mm. Z toho funkční šířka, tedy šířka dopravního pásu je 40 mm.

- Dopravník slouží k manipulaci výrobků s malou hmotností a rozměry.

Dle pevnostních výpočtů pásový MINI dopravník vydrží několikanásobně větší zatížení, než pro jaké bude ve skutečnosti používán. Předimenzování některých součástí bylo nutné z konstrukčních důvodů, a aby byla zabezpečená dostatečná tuhost.

- Cena

Cena a ekonomické zhodnocení spojené s porovnáním s konkurencí je vypracována v nadcházející kapitole. Cena pásového MINI dopravníku je nižší než u konkurence. Do výpočtů jsou započítány pouze výlohy na materiál a výrobu součástí.

## 8.2 Ekonomické zhodnocení

Nedílnou součástí této bakalářské práce je ekonomické zhodnocení výroby pásového MINI dopravníku. Výsledná cena sečtená z cen jednotlivých dílů bude porovnána s konkurencí. A to konkrétně se společností Haberkorn.

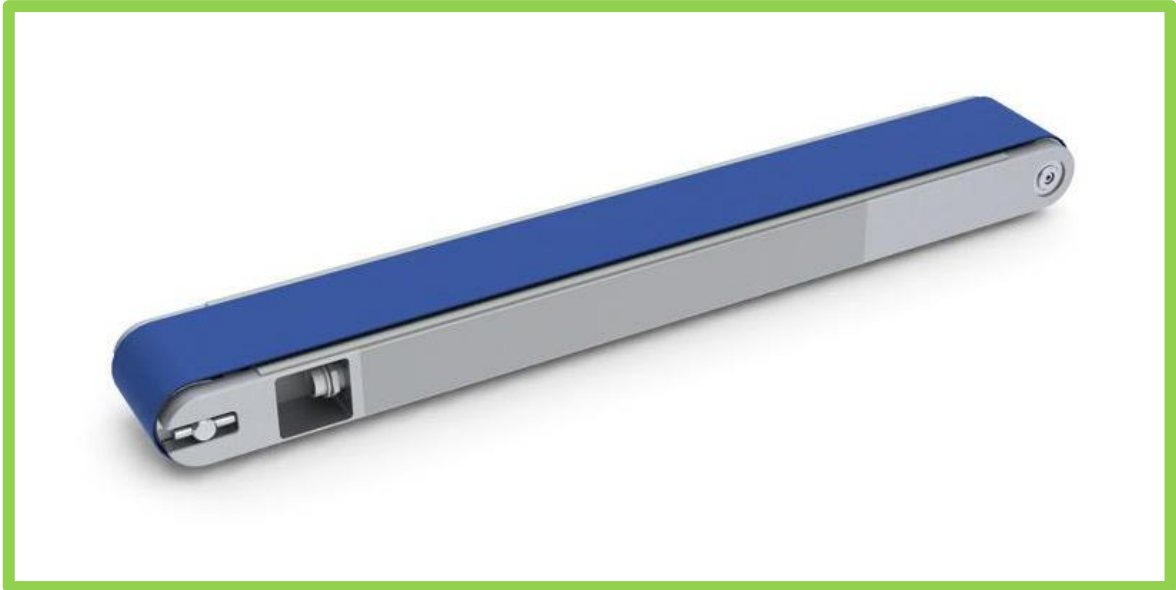
V následující tabulce (Tab. 3.) jsou uvedeny ceny jednotlivých dílů.

Tab. 3. Cena jednotlivých dílů pásového dopravníku

Součást	Číslo součásti	Množství	Cena za kus [Kč]
Bočnice motoru levá	112-100-001 I	1	500
Bočnice motoru pravá	112-100-001 II	1	500
Bočnice napínače	112-100-002	2	400
Hnací buben I	112-100-003 I	1	100
Hnací buben II	112-100-003 II	1	100
Napínací buben	112-100-005	1	200
Skruz motoru	112-100-007	2	500
Skruz napínače	112-100-008	2	500
Hřídel motor	112-100-012	1	100
Hřídel napínání	112-100-015	1	300
Držák motoru	112-100-017	1	500
Šroub M3		24	1
Šroub M4		8	1
Napínací šroub M3		2	5
Podložka 8x14x1,6		2	1,5
Ložisko CSN 02 4630 608		2	85
Ložisko CSN 02 4630 604		2	75
Profil Alváris 150mm		1	100
Lisovací matice M3		20	1,2
Kolík 2mm		2	2
Dopravní pás		1	222
Ozubené soukolí		1	186
Motor		1	1490
Celková cena [Kč]			7391



Pásový MINI dopravník je cenově porovnáván s Pásovým dopravníkem MINI 24V od společnosti Haberkorn. Tato společnost nabízí dopravník v šířce od 80 do 200 mm a délce od 370 do 2 000 mm. Cenová kalkulace na nejmenší provedení o šířce 80 mm a délce 370 mm vychází na 30 000 Kč. Dopravník, jehož konstrukci uvádím v této bakalářské práci vychází na 7391 Kč. Nesmíme, však zapomenout, že do výsledné ceny je započítána jen nákupní cena normalizovaných dílů a výroba hřídelí, plechových a silonových dílů.



*Obr. 18. Pásový dopravník společnosti Haberkorn [10]*

## ZÁVĚR

První část bakalářské práce je zaměřena na literární rešerši. V této části jsou analyzovány pásové dopravníky a jejich jednotlivé díly. Teoretická část práce obsahuje početními vztahy pro výpočet pásových dopravníků. Některé tyto vztahy je možné nahradit počítačovou simulací. Poslední kapitola teoretické části se zabývá vizualizací a představuje několik, v této práci použitých, programů.

V praktické části je proveden návrh konstrukce pásového MINI dopravníku. Je konstruován dle požadavků společnosti VALMATIC. Všechny použité součásti jsou prezentovány v kapitolách věnujícím se konstrukčním částem pásového MINI dopravníku. Při návrhu bylo nejprve nutné zvolit motor, který bude mít rozměry takové, aby se dal umístit uvnitř dopravníku. Dále byla vyřešena nosná konstrukce použitím hliníkového profilu. Na tento profil byly následně umístěny bočnice. Tyto bočnice mají jako jediný kontakt s podložkou a jsou k nim přidělaný všechny plechové díly i hřídele na ložiskách, které unášejí hnací a napínací bubny. K vyráběným součástem je v příloze výkresová dokumentace. Ta je stejně jako výpočty a část vizualizací provedena v aplikaci Autodesk Inventor 2015. Kromě toho práce obsahuje montážní návod, ve kterém je uveden postup pro změnu délky pásového dopravníku, vytvořený aplikací Autodesk Inventor Publisher 2015. Modifikace délky dopravníku byla jednou z požadavků zadávající společnosti.

Součástí této bakalářské práce je možnost využití mobilní aplikace Augment. Po sejmutí konkrétních obrázků fotoaparátem na mobilním zařízení vám tato aplikace začne stahovat 3D model z cloudového úložiště aplikace Augment a nabídne vám jeho prohlédnutí.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ŠTROFFEK, Eduard. Dopravné pásy v priemysle. Košice: Štroffek, 1995. ISBN 80-967325-0-1.
- [2] HOLUB, Josef. Dopravní pásy a hnací řemeny. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. ISBN 04-619-62.
- [3] Interroll [online]. [cit. 2014-09-29]. Dostupné z: <http://www.interroll.cz/cz/interroll-czech-republic/>
- [4] Sp-Tech [online]. [cit. 2014-09-30]. Dostupné z: <http://www.sp-tech.cz/>
- [5] The MHEDA journal [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <http://www.themhedajournal.org/>
- [6] Product handling concepts [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <http://www.phcfirst.com/>
- [7] Augment [online]. [cit. 2014-11-03]. Dostupné z: <http://www.augmentedev.com/>
- [8] Transmotec [online]. Ing. Jiří Gross, ©2008-2014 [cit. 2014-11-23]. Dostupné z: <http://www.transmotec.cz/>
- [9] Valmatic [online]. [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: <http://www.valmatic.cz/>
- [10] Haberkorn [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$\mu$	Účinnost hnacího elementu	[-]
A	Úhel opásání dopravního pásu na hnacím bubnu	[°]
A	Celkový průřez náplně dopravního pásu	[t.h <sup>-1</sup> ]
$a_1$	Činný úhel opásání	[°]
$a_2$	Pokojový úhel	[°]
B	Šířka dopravního pásu	[m]
B	Šířka bubnu	[mm]
$b_b$	šířka bočního vedení	[m]
$b_e$	Šířka válcové části bubnu	[mm]
$b_n$	Šířka násypky	[m]
$b_o$	Šířka dopravního pásu	[mm]
D	Průměr hnacího bubnu	[m]
E	Eulerovo číslo	[-]
$e_1$	Výška úkosu	[mm]
F	Součinitel tření	[-]
$F_B$	Odpor ohybu pásu a odpor v ložiskách	[N]
$F_{Bi}$	Odpor i-tého nepoháněného bubnu	[N]
$F_{BV}$	Odpor tření materiálu o boční vedení	[N]
$F_c$	Odpor čističe pásu	[N]
$F_H$	Hlavní odpor	[N]
$F_N$	Odpor v násypce	[N]
$F_{N1}$	Odpor proti urychlování dopravovaného materiálu v násypce	[N]
$F_{N2}$	Odpor tření dopravovaného materiálu o boční stěny násypky	[N]
$F_{N2M}$	Odpor tření dopravovaného materiálu o boční stěny v místě jeho zrychlení	[N]

$F_{N2Z}$	Odpor v části násypky za místem zrychlení materiálu	[N]
$F_{ob}$	Obvodová síla na hnacím bubnu	[N]
$F_p$	Přídavný odpor	[N]
$F_p$	Celkový přídavný odpor	[N]
$F_S$	Odpor shazovacího vozu	[N]
$F_{SP}$	Odpor shrnování materiálu z pásu	[N]
$F_u$	Výsledný pohybový odpor	[N]
$F_{ui}$	Obvodová síla na bubnu	[N]
$F_v$	Vedlejší odpor	[N]
$F_v$	Vedlejší odpory pásového dopravníku	[N]
$F_Z$	Odpor na překonání dopravní výšky	[N]
$G$	Gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
$H$	Dopravní výška	[m]
$H_S$	Dopravní výška shazovacího vozu	[m]
$h_t$	Výška styku materiálu s bočním vedením	[m]
$Kč$	Koruna česká	[-]
$L$	Délka dopravníku	[m]
$L_3$	Délka středního válečku v horní trojválečkové stolici	[m]
$L_b$	Délka bočního vedení	[m]
$L_n$	Délka násypky	[m]
$L_u$	Dráha pro zrychlení dopravovaného materiálu	[m]
$m'_2$	Hmotnost 1 m <sup>2</sup> dopravního pásu	[kg.m <sup>-2</sup> ]
$m_1$	Hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky pásu	[kg.m <sup>-1</sup> ]
$m_2$	Hmotnost 1 m dopravního pásu	[kg.m <sup>-1</sup> ]
$n_b$	Počet nepoháněných bubnů	[-]
$n_c$	Počet čističů pásu	[N]

Obr	Obrázek	
P	Příkon	[kW]
P	Střední měrný tlak mezi pásem a bubnem	[MPa]
PVC	Polyvinylchlorid	
Q	Skutečné dopravované množství materiálu	[t.h <sup>-1</sup> ]
Q	Skutečné dopravované množství materiálu	[t.h <sup>-1</sup> ]
S	Sekunda (jednotka času)	
s <sub>3</sub>	Tloušťka nosné kostry dopravního pásu	[m]
T	Střední hodnota tahu v dopravním pásu	[N]
t	Tuna (jednotka hmotnosti)	
T <sub>1</sub>	Tah v dopravním pásu v části nabíhající na hnací buben	[N]
T <sub>2</sub>	Tah v dopravním pásu v části odbíhající z hnacího bubnu	[N]
Tab	Tabulka	
v	Rychlost dopravního pásu	[m.s <sup>-1</sup> ]
v <sub>0</sub>	Složka rychlosti dopravovaného materiálu ve směru dopravy	[m.s <sup>-1</sup> ]
A	Úhel opásání dopravního pásu na hnacím bubnu	[°]
Δ	Úhel sklonu pásového dopravníku	[°]
M	Součinitel tření mezi dopravním pásem a bubnem	[-]
μ <sub>1</sub>	Součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a dopravním pásem	[-]
μ <sub>2</sub>	Součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a bočními stěnami násypky	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
ρ	Hmotnost dopravovaného materiálu	[kg.m <sup>-3</sup> ]
λ	Úhel sklonu bočních válečků	[°]

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Ocelový pás pro přepravu sypkého materiálu [5]</i> .....	13
<i>Obr. 2. Schéma pásového dopravníku (1 – hnací stanice, 2 – dopravní pás, 3 – napínací buben)</i> .....	14
<i>Obr. 3. Doporučený tvar válce</i> .....	15
<i>Obr. 4. Elektrobubnové motory [3]</i> .....	17
<i>Obr. 5. Nosné konstrukce pásových dopravníků [1]</i> .....	19
<i>Obr. 6. Úhly opásání na hnacím bubnu</i> .....	34
<i>Obr. 7. Doporučené rozměrové hodnoty dopravníkových bubnů</i> .....	35
<i>Obr. 8. Aplikace Augment v praxi [7]</i> .....	38
<i>Obr. 9. DC motor série PD3046 s plantovou převodovkou</i> .....	44
<i>Obr. 10. Hliníkový profil Alváris</i> .....	45
<i>Obr. 11. Hnací buben složený ze dvou částí</i> .....	48
<i>Obr. 12. Unášecí hřídel hnacího bubnu</i> .....	49
<i>Obr. 13. Napínací buben uložený na hřídeli s napínacími šrouby</i> .....	50
<i>Obr. 14. Lisovací matice [4]</i> .....	51
<i>Obr. 15. Pevnostní výpočet dopravníku s deformací prvků v ose „z“</i> .....	52
<i>Obr. 16. Pásové dopravníky s rozdílnou délkou hliníkového profilu</i> .....	53
<i>Obr. 17. Pásový MINI dopravník</i> .....	54
<i>Obr. 18. Pásový dopravník společnosti Haberkorn [10]</i> .....	57

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Součinitele tření pro dopravní pásy.....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 2. Využití software při práci na pásovém dopravníku .....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 3. Cena jednotlivých dílů pásového dopravníku.....</i>	<i>56</i>



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Bočnice motoru levá

Příloha P II: Bočnice motoru pravá

Příloha P III: Bočnice napínače

Příloha P IV: Hnací buben I

Příloha P V: Hnací buben II

Příloha P VI: Napínací buben

Příloha P VII: Skluz motoru

Příloha P VIII: Skluz napínače

Příloha P IX: Hřídel motor

Příloha P X: Hřídel napínání

Příloha P XI: Držák motoru

Příloha P XII: Sestava pásového MINI dopravníku

Příloha P XIII: Laserový výpalek skluz napínače

Příloha P XIV: Laserový výpalek skluz motoru

Příloha P XV: Laserový výpalek držák motoru

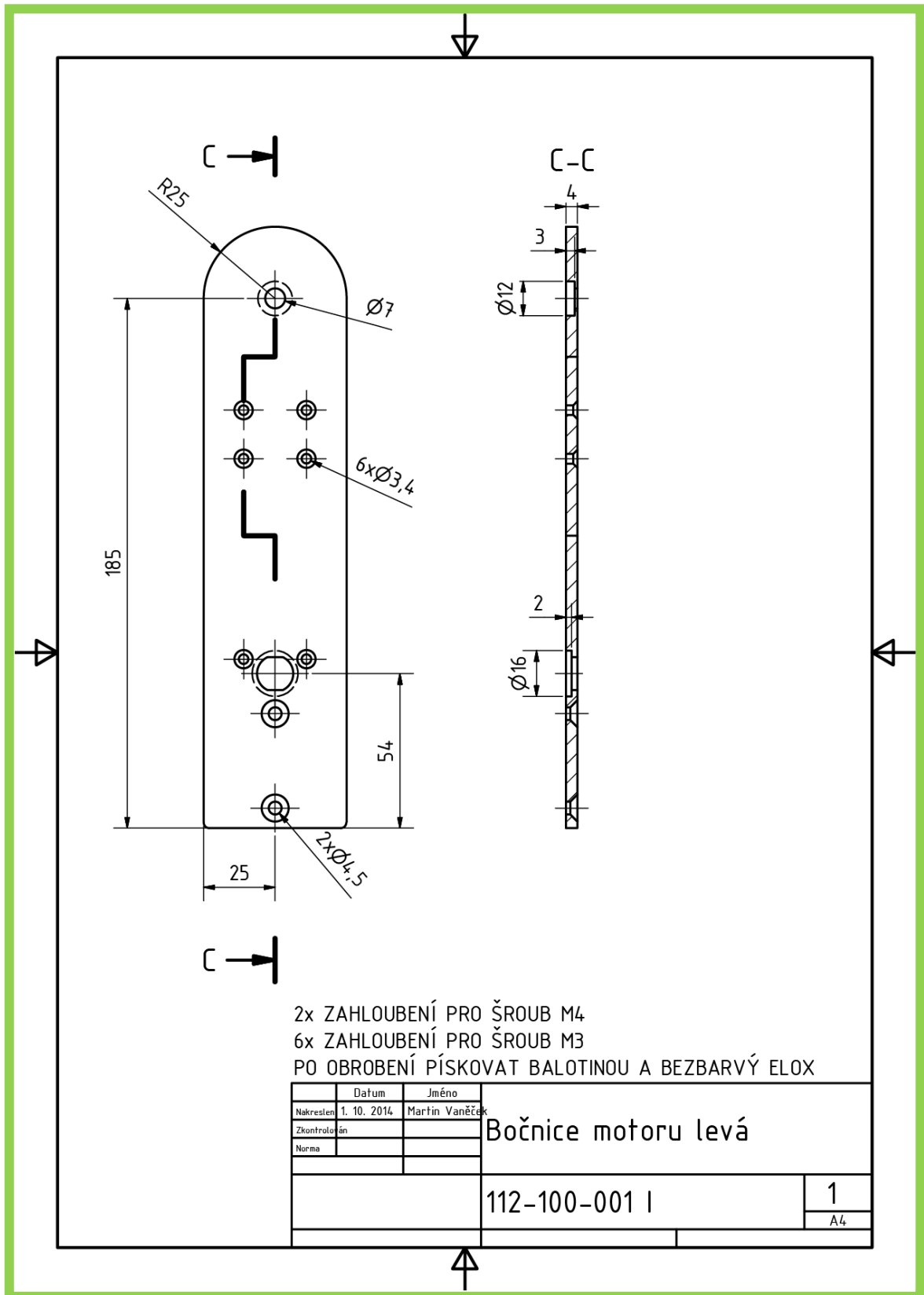
Příloha P XVI: Laserový výpalek bočnice motoru levá

Příloha P XVII: Laserový výpalek bočnice motoru pravá

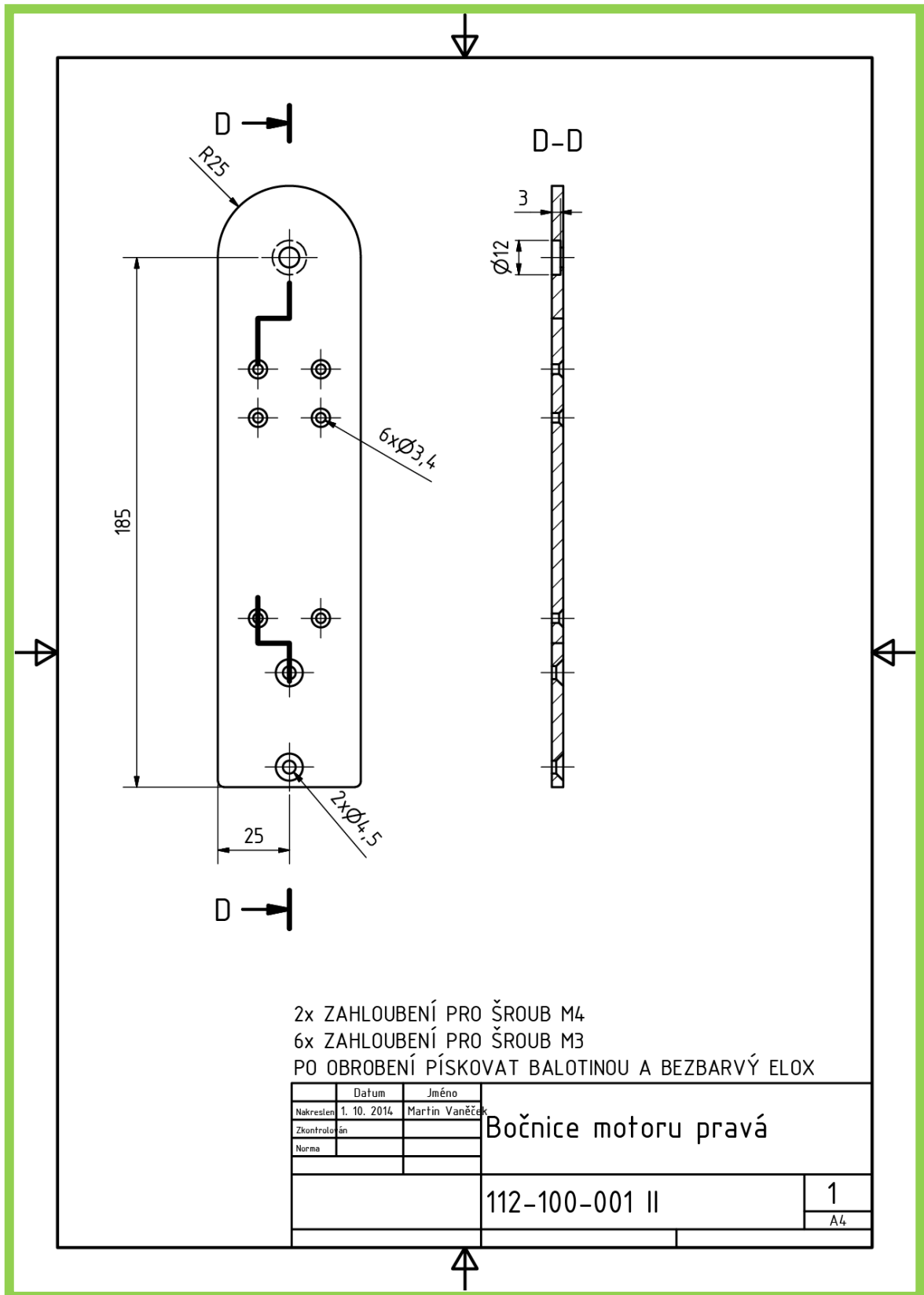
Příloha P XVIII: Laserový výpalek bočnice napínače

Příloha P XIX: Montážní návod

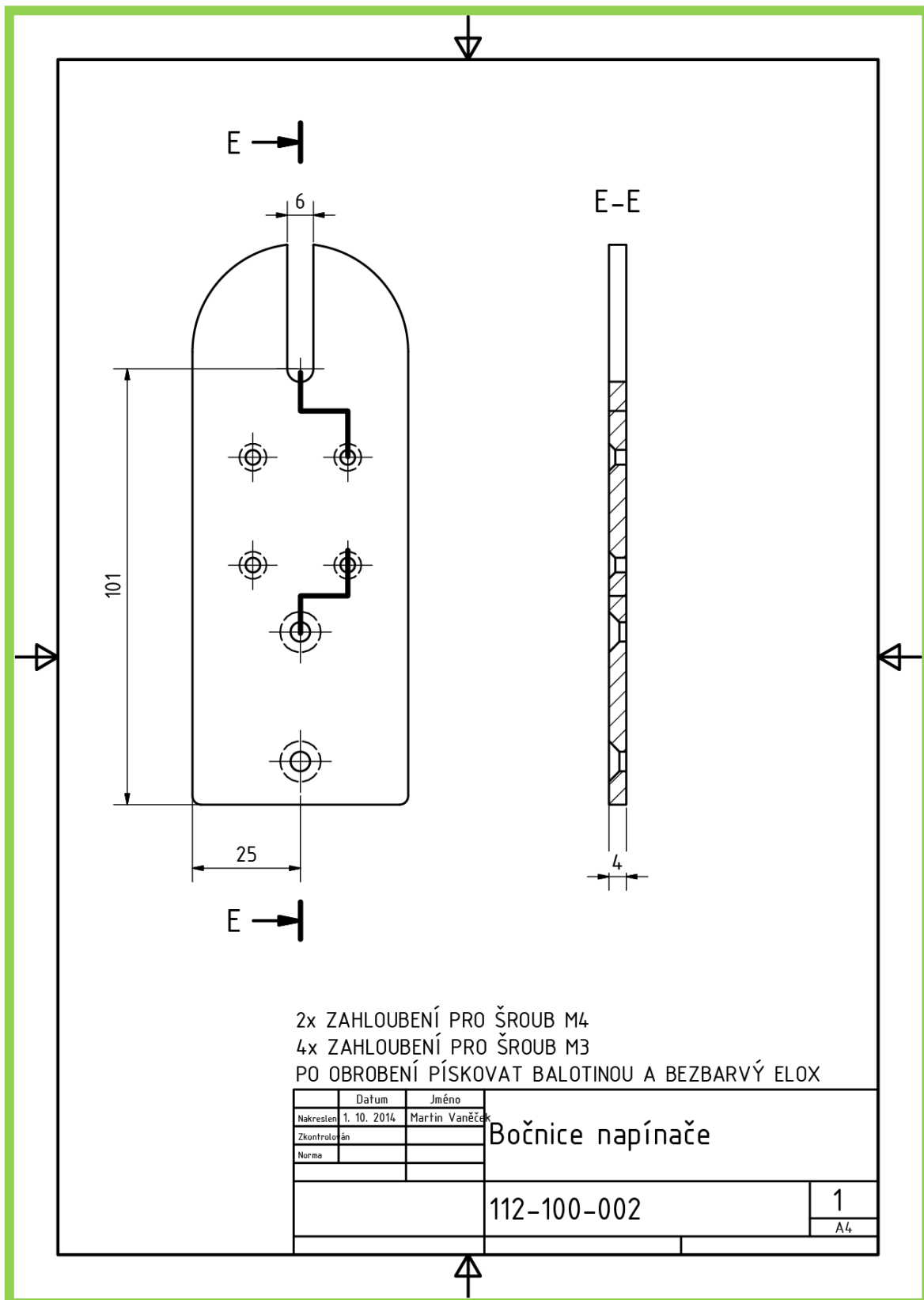
# PŘÍLOHA P I: BOČNICE MOTORU LEVÁ



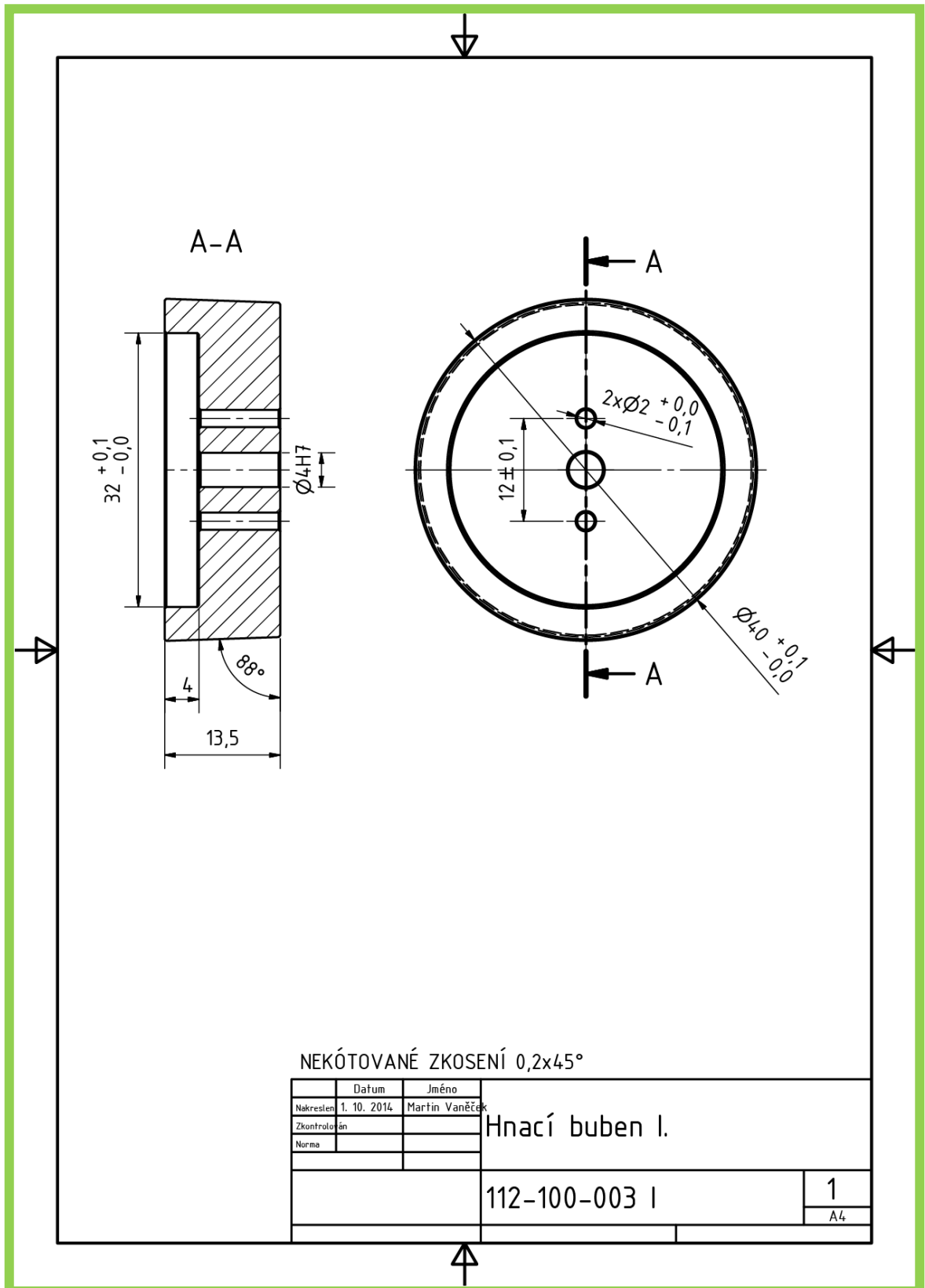
## PŘÍLOHA P II: BOČNICE MOTORU PRAVÁ



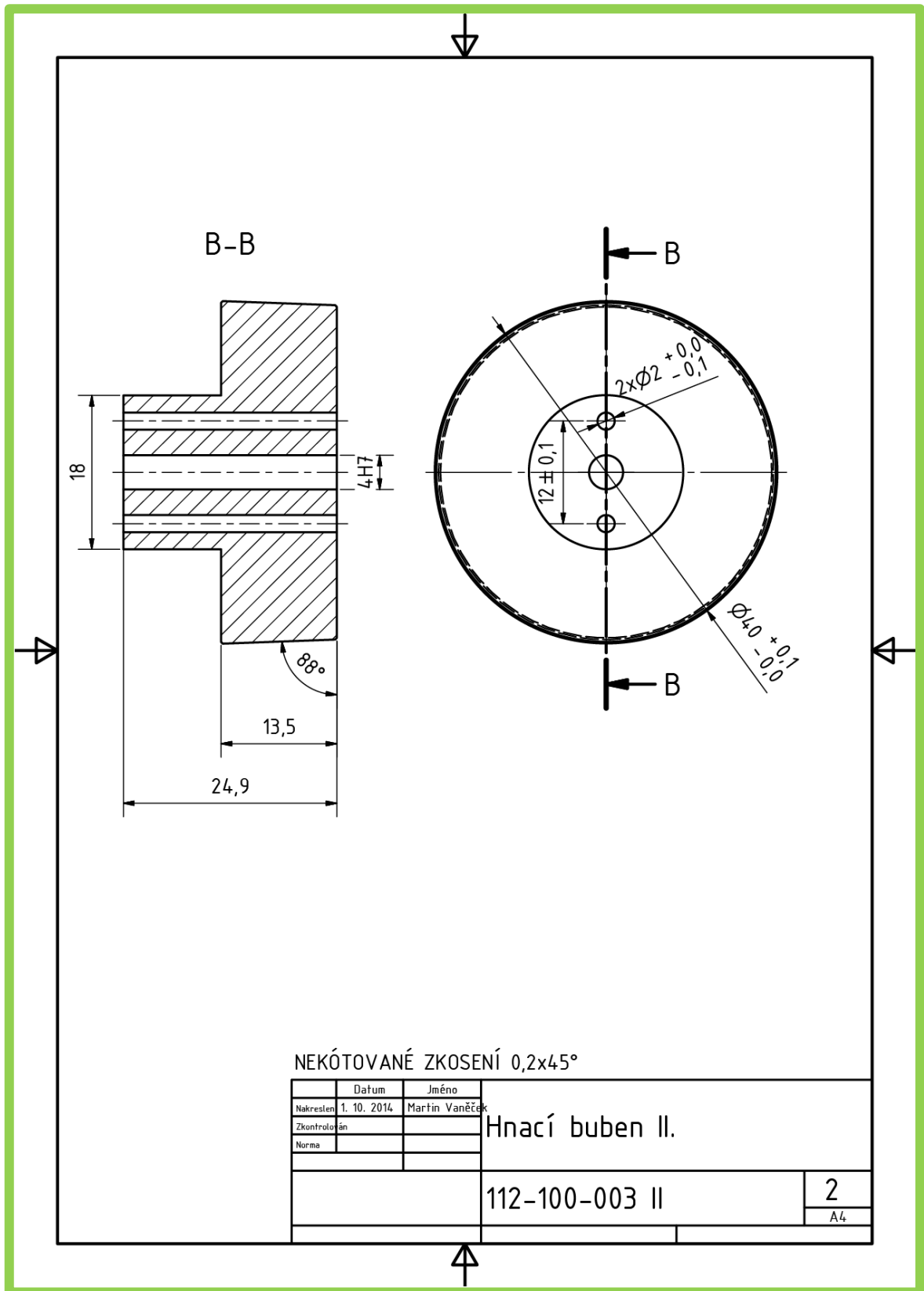
# PŘÍLOHA P III: BOČNICE NAPÍNAČE



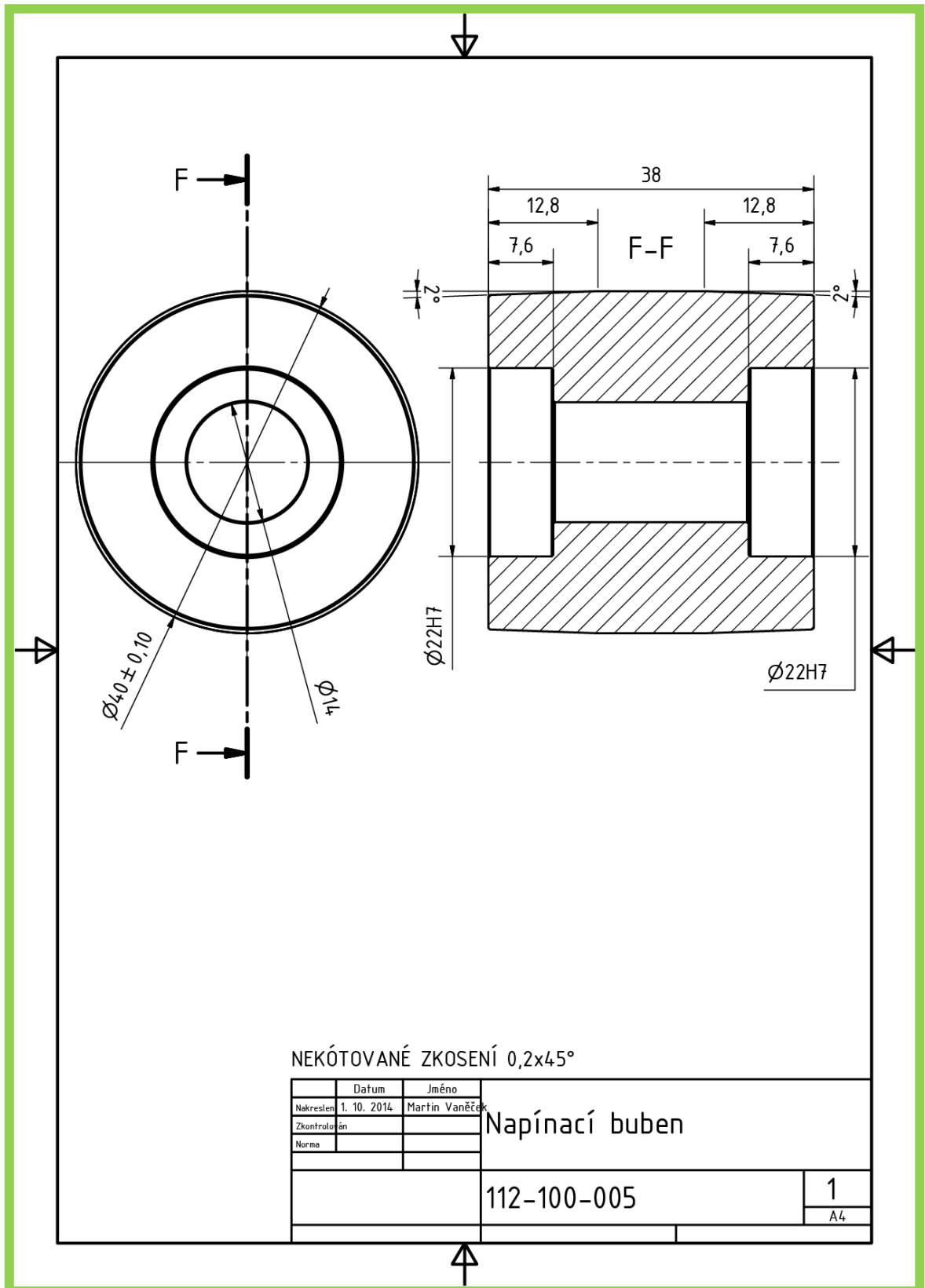
# PŘÍLOHA P IV: HNACÍ BUBEN I



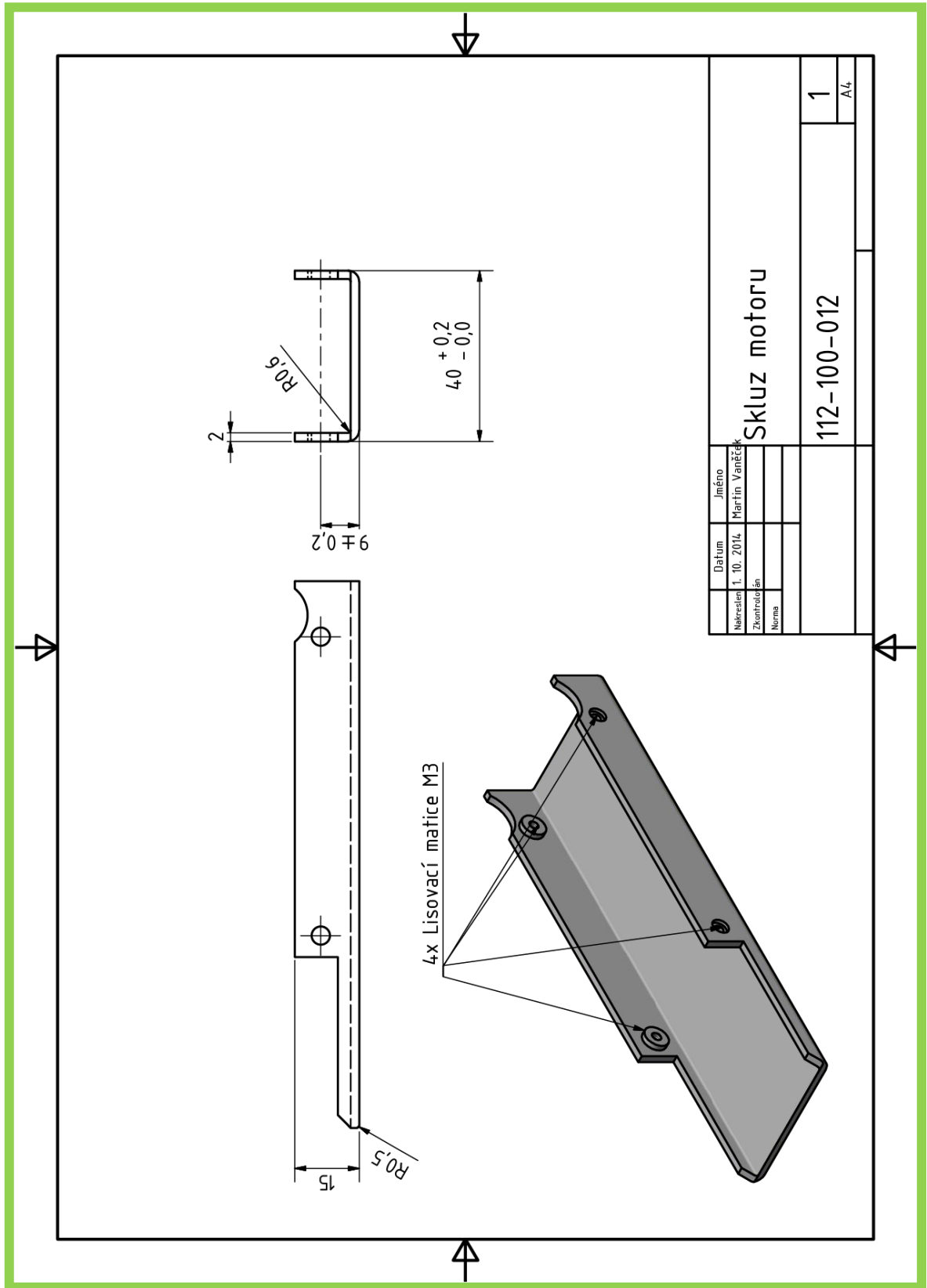
# PŘÍLOHA P V: HNACÍ BUBEN II



# PŘÍLOHA P VI: NAPÍNACÍ BUBEN

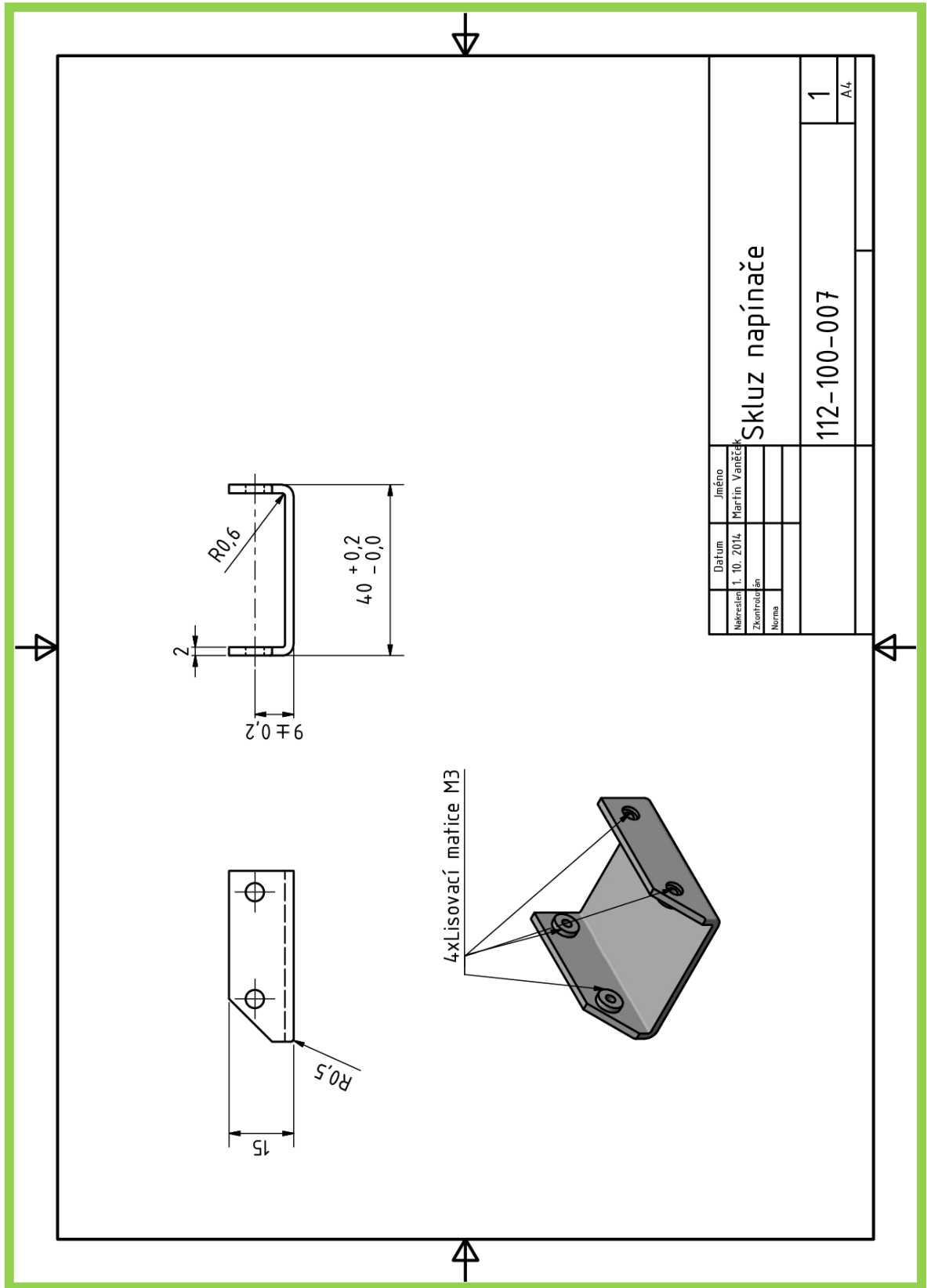


# PŘÍLOHA P VII: SKLUZ MOTORU





# PŘÍLOHA P VIII: SKLUZ NAPÍNAČE

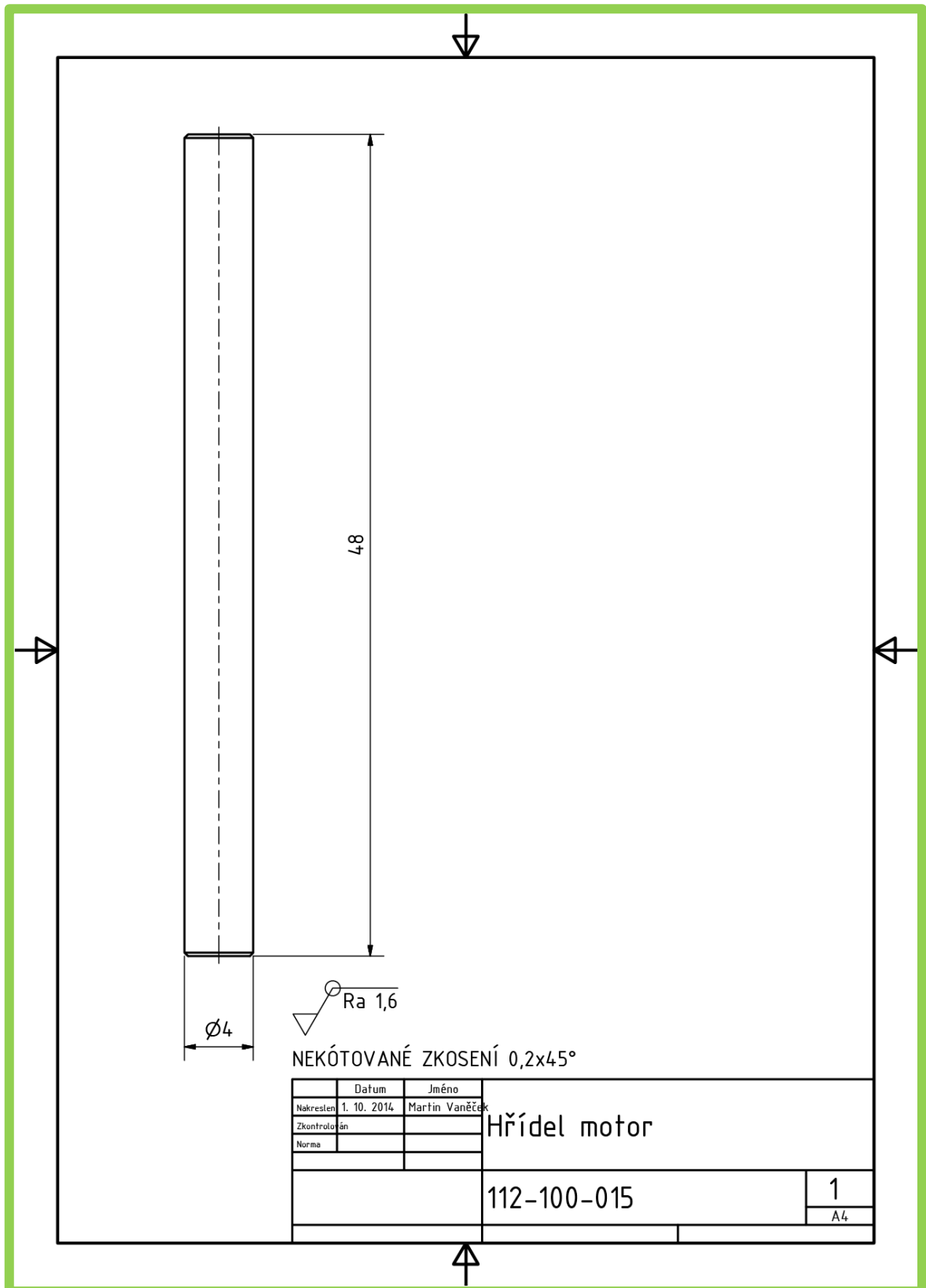


Datum		Jméno	
1. 10. 2014		Martin Vaněček	
Nakreslen		Zkontrolován	
Norma		112-100-007	
		1	
		A4	

Skluz napínače

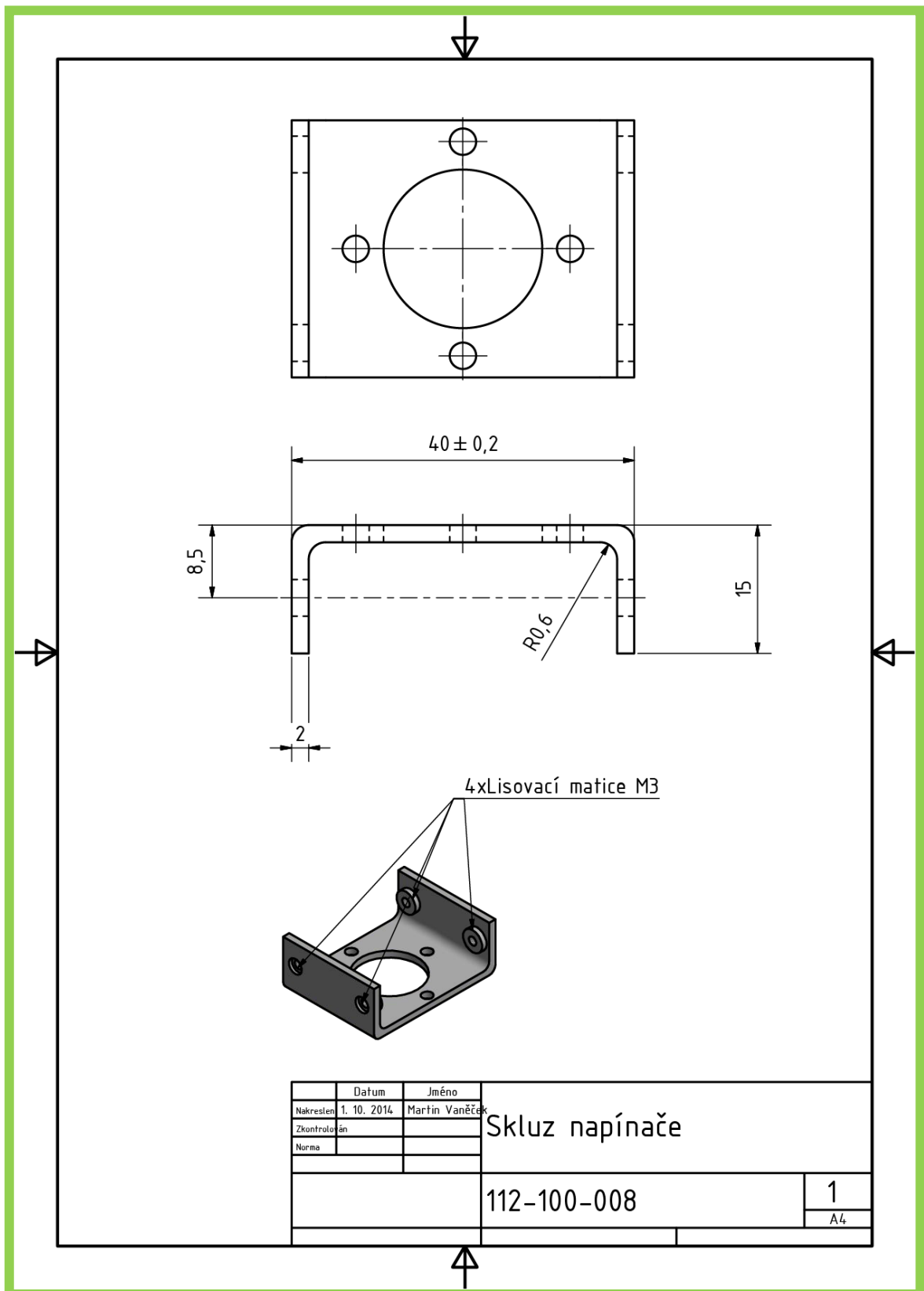
112-100-007

# PŘÍLOHA P IX: HŘÍDEL MOTOR

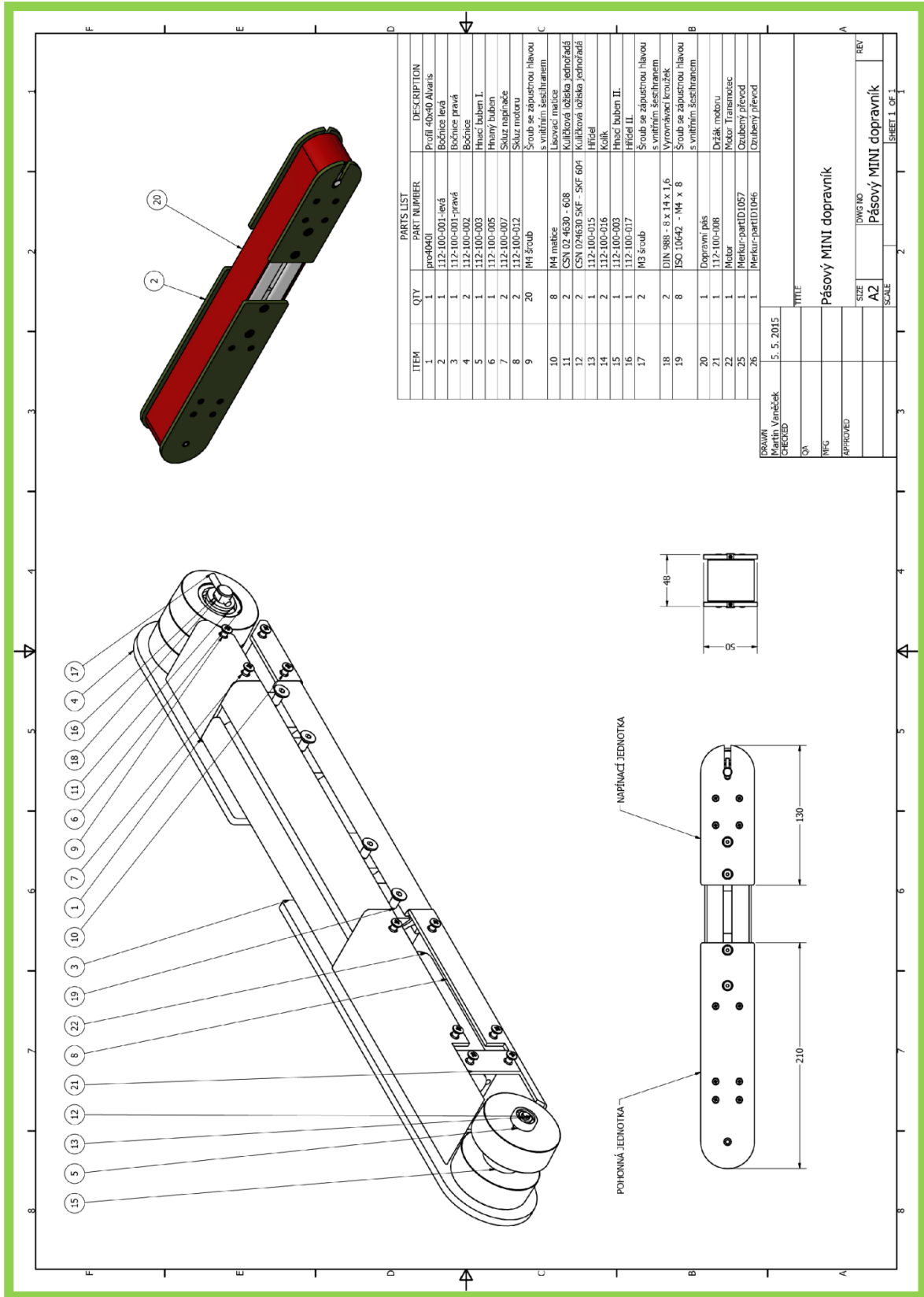




# PŘÍLOHA P XI: DRŽÁK MOTORU



# PŘÍLOHA P XII: SESTAVA PÁSOVÉHO MINI DOPRAVNÍKU



ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	prof0401	Profil 40x40 Aluvenis
2	1	112-100-001-levá	Bočnice levá
3	1	112-100-001-pravá	Bočnice pravá
4	2	112-100-002	Bočnice
5	1	112-100-003	Hnací buben I.
6	1	112-100-005	Hnací buben
7	2	112-100-007	Skružní napínače
8	2	112-100-012	Šroub se západnou hlavou s vnitřním šestihranem
9	20	M4 šroub	Šroub se západnou hlavou s vnitřním šestihranem
10	8	M4 matice	Šroub se západnou hlavou s vnitřním šestihranem
11	2	GSN 02 4630 - 608	Levovací matice
12	2	GSN 02 4630 SKF - SKF 604	Kuličková ložiska jednotřídě
13	1	112-100-015	Kuličková ložiska jednotřídě
14	2	112-100-016	Hřídel
15	1	112-100-003	Kuličková ložiska jednotřídě
16	1	112-100-017	Hnací buben II.
17	2	M3 šroub	Hnací buben II.
18	2	DIN 988 - 8 x 14 x 1,6	Šroub se západnou hlavou s vnitřním šestihranem
19	8	ISO 10642 - M4 x 8	Vyrovnávací kroužek
20	1	Dopravní pás	Šroub se západnou hlavou s vnitřním šestihranem
21	1	112-100-008	Držák motoru
22	1	Motor	Motor
25	1	Merkur-partID.057	Motor Transmisiac
26	1	Merkur-partID.046	Ozubený převod

DPOVIN  
 Ing. Jaroslav Vaneček  
 04/08/2015

TITLE  
 Pásový MINI dopravník

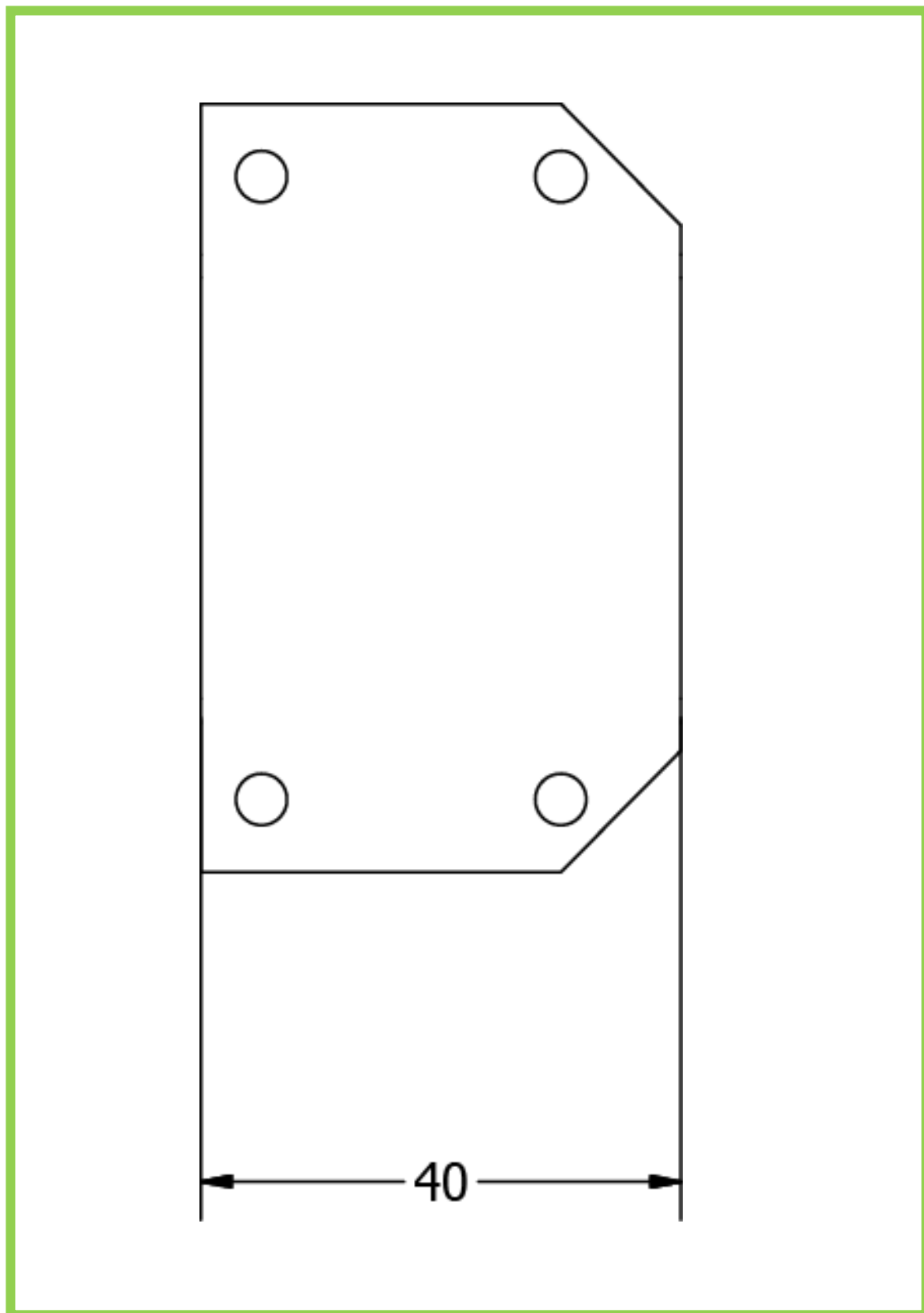
DWG NO  
 Pásový MINI dopravník

SIZE  
 A2

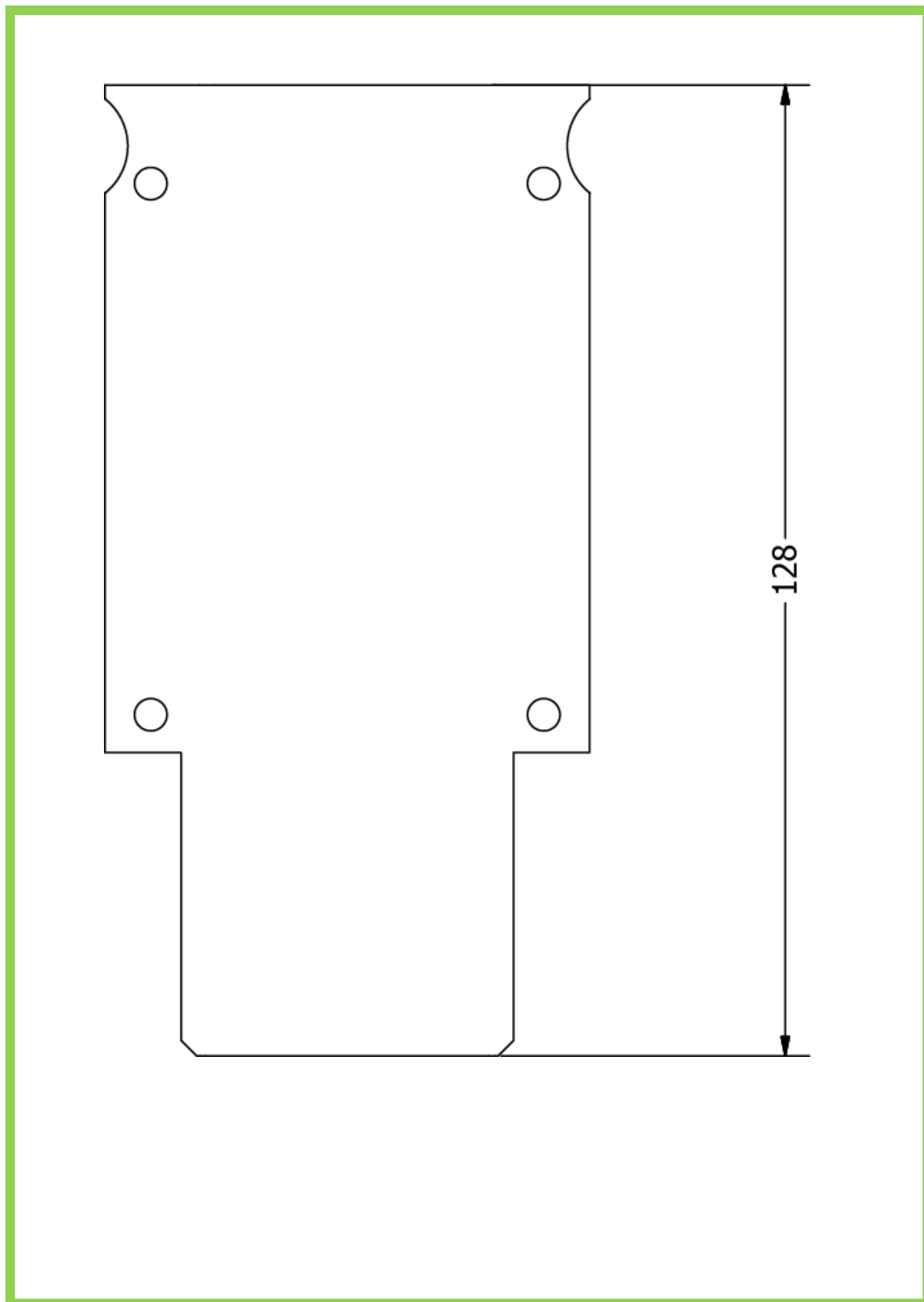
SCALE  
 1:1

SHEET 1 OF 1

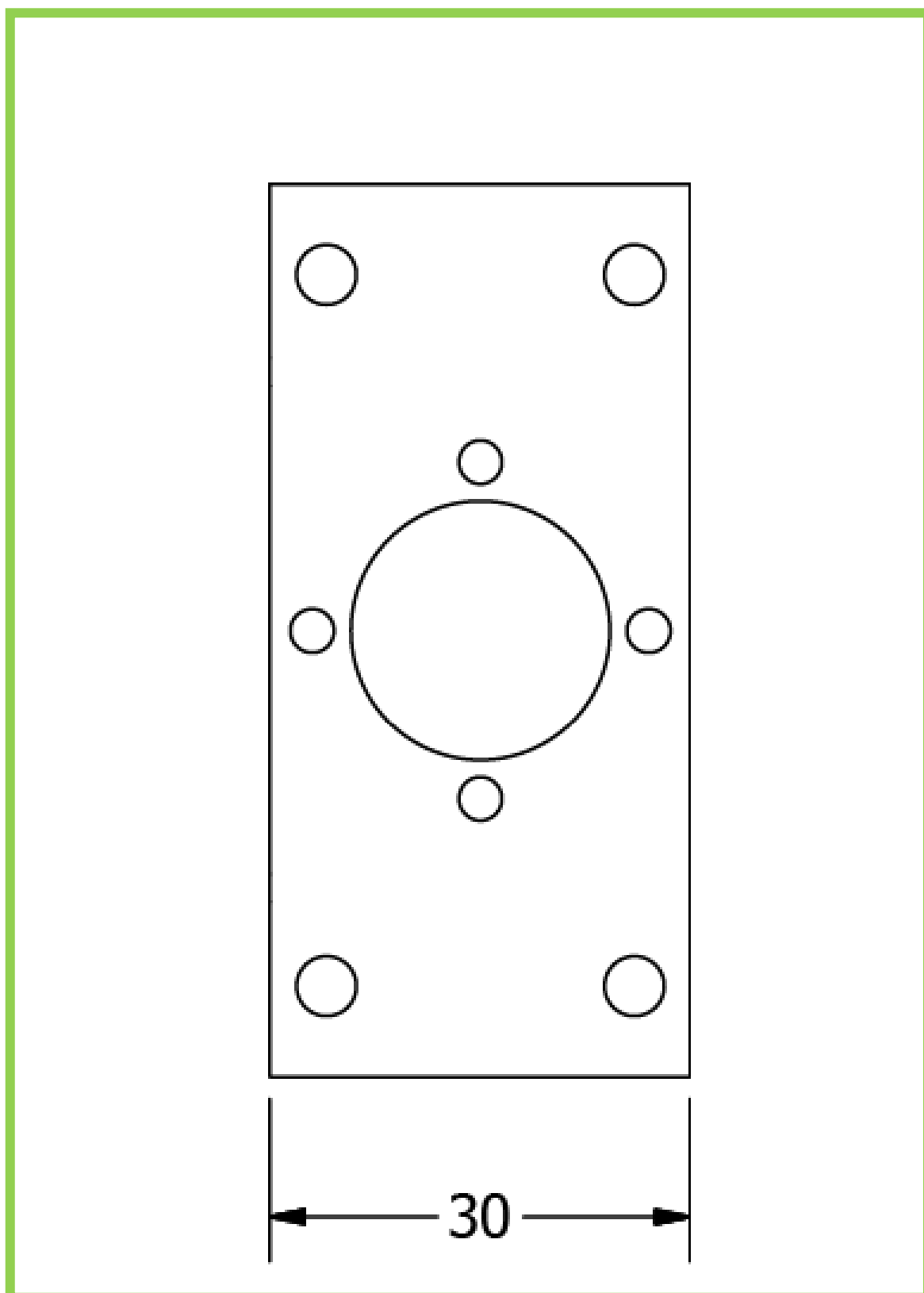
**PŘÍLOHA P XIII: LASEROVÝ VÝPALEK SKLUZ NAPÍNAČE**



**PŘÍLOHA P XIV: LASEROVÝ VÝPALEK SKLUZ MOTORU**

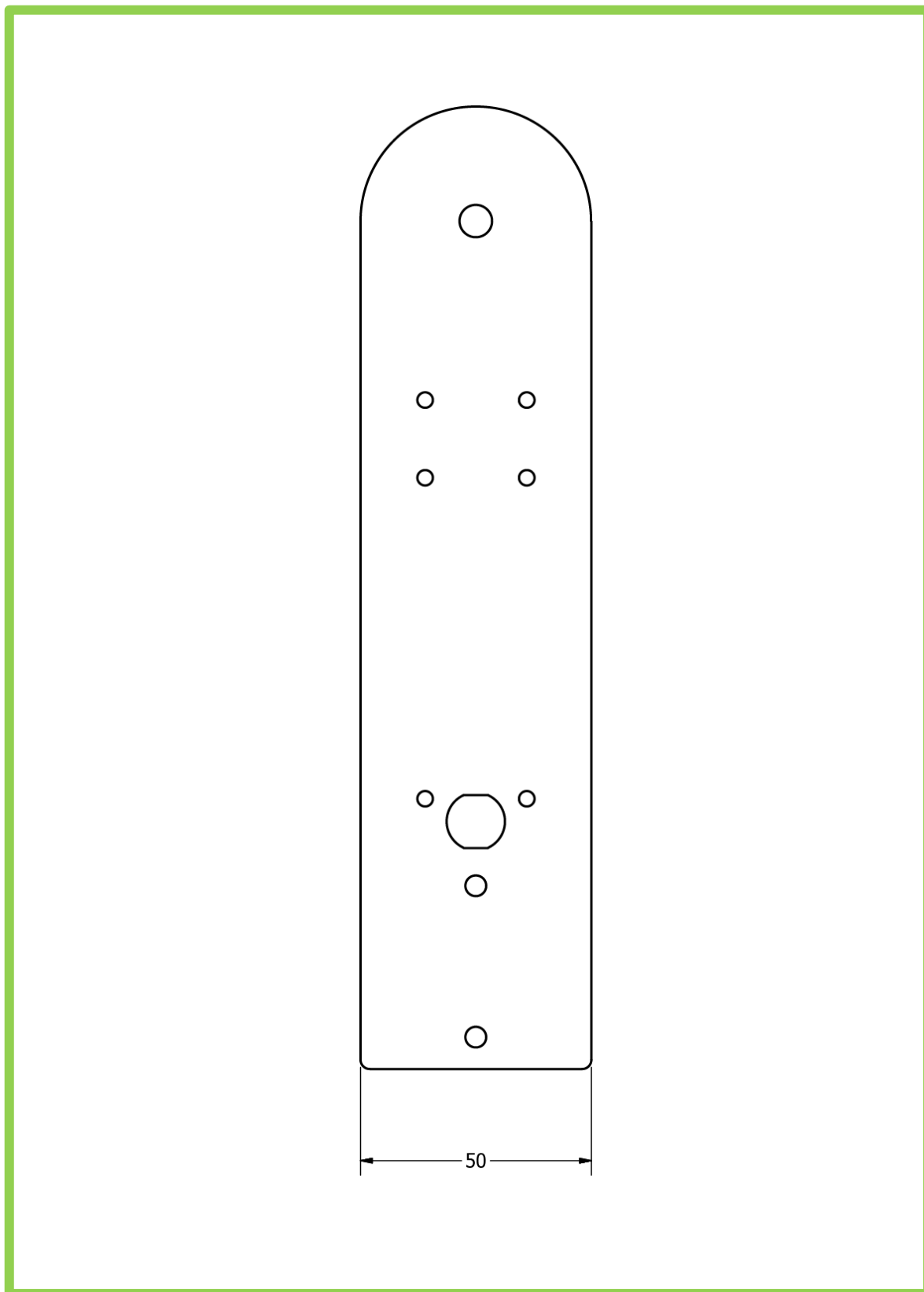


**PŘÍLOHA P XV: LASEROVÝ VÝPALEK DRŽÁK MOTORU**

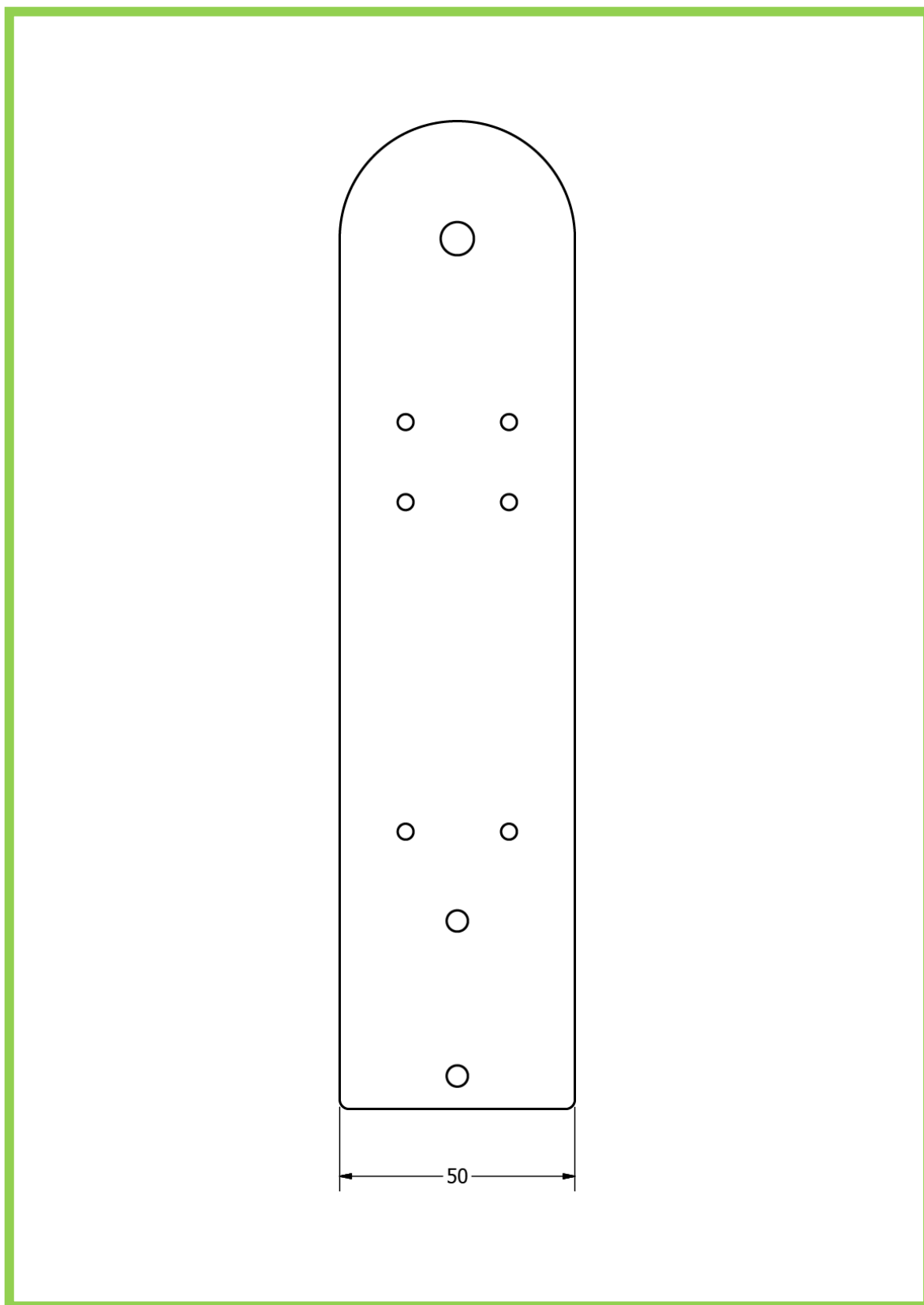




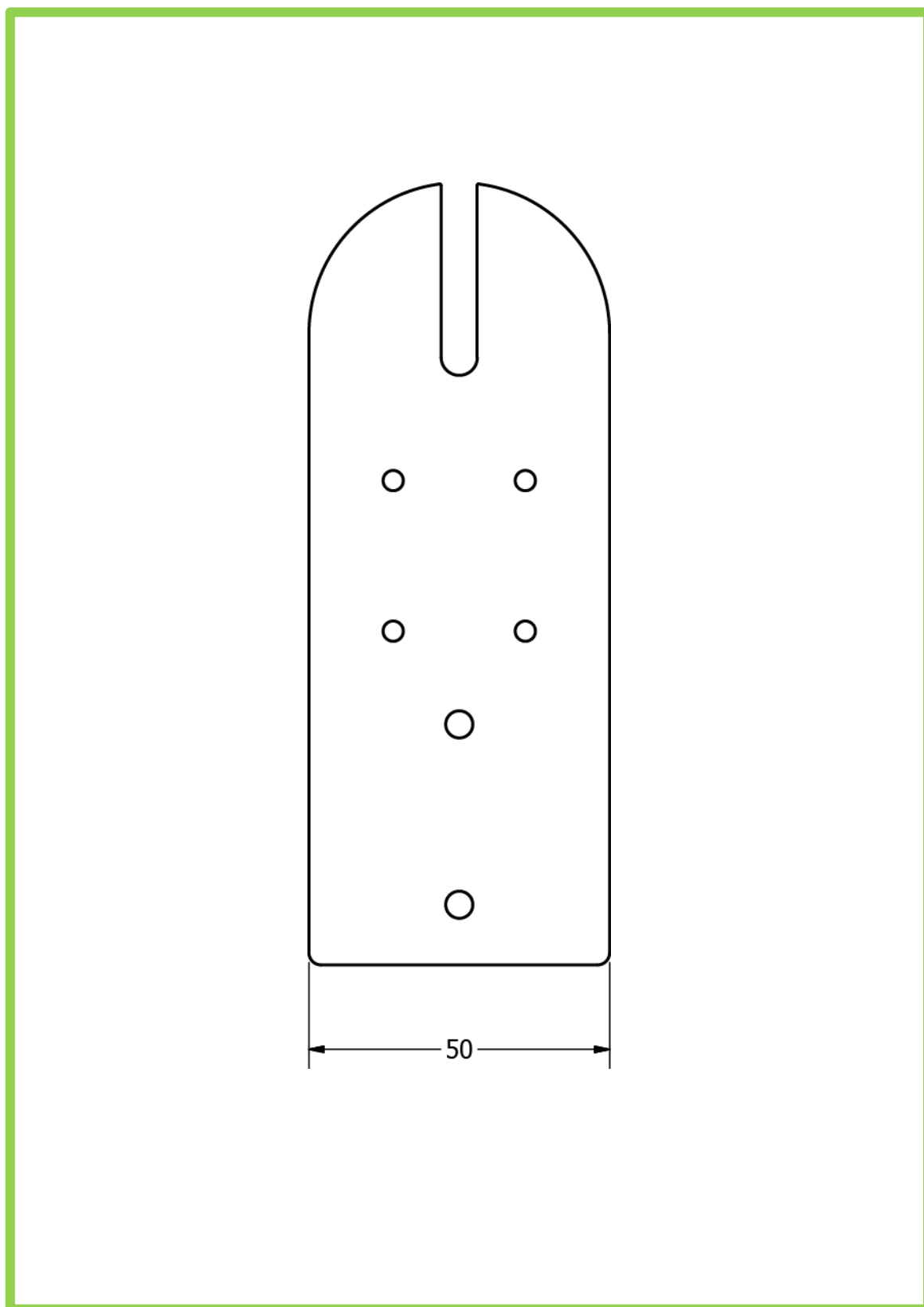
**PŘÍLOHA P XVI: LASEROVÝ VÝPALEK BOČNICE MOTORU  
LEVÁ**



**PŘÍLOHA P XVII: LASEROVÝ VÝPALEK BOČNICE MOTORU  
PRAVÁ**

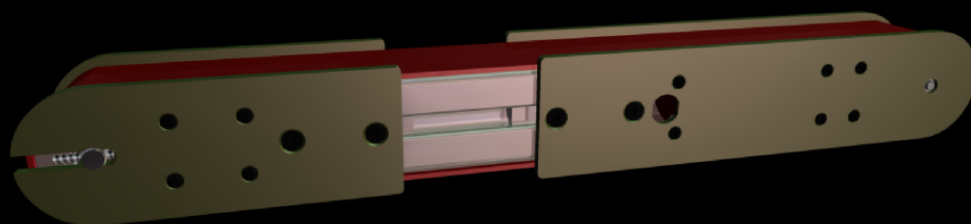


**PŘÍLOHA P XVIII: LASEROVÝ VÝPALEK BOČNICE NAPÍNAČE**

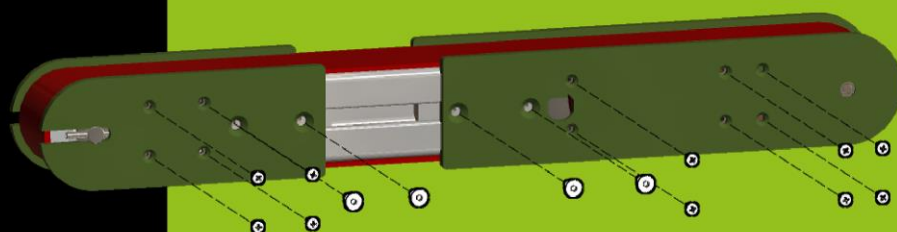


# Montážní návod

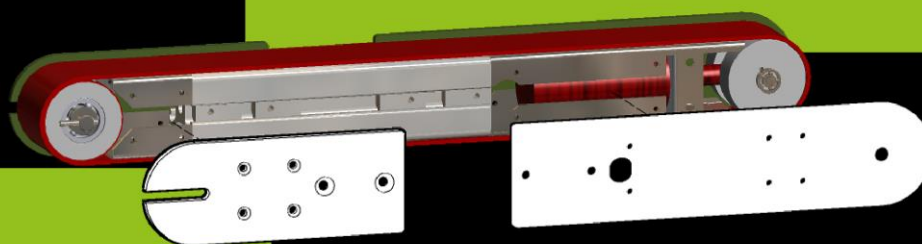
Změna délky pásového  
MINI dopravníku. K  
výměně je potřeba hliníkový  
profil a dopravní pás jiné  
velikosti. Všechny ostatní  
součásti zůstávají stejné.

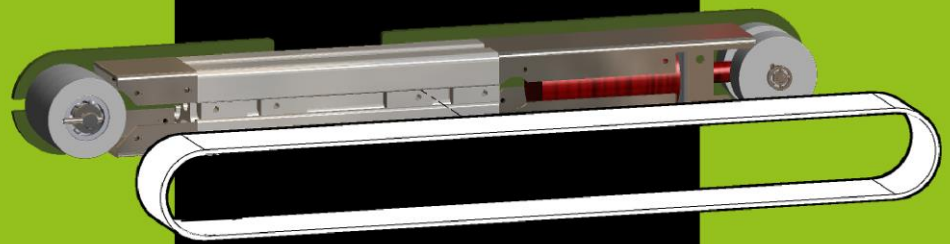


**I.**  
**Demontáž šroubů na jedné straně**  
**dopravníku**  
**10 x M3**  
**4 x M4**



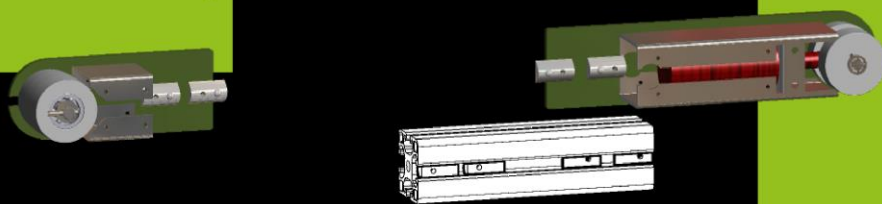
**II.**  
**Vyjmutí uvolněných bočnic dopravníku**





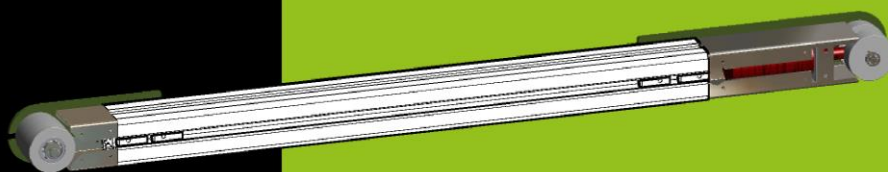
**III.**  
**Odebrání dopravního pásu**

**IV.**  
**Odsunutí levé i pravé části pásového  
dopravníku od hliníkového profilu a  
odebrání jej. Zadní korýtkové matice  
zůstávají v zadních bočnicích.**



**V.**

**Nový díl hliníkového profilu je nasunut na korýtkové matice v zadních bočnicích.**



**VI.**

**Dopravní pás je natažen přes hnací a napí-  
nací bubnu.**

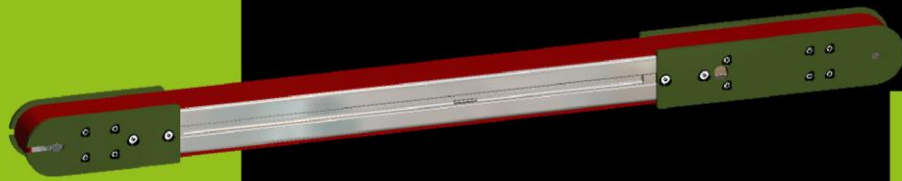


**VII.**

**K dopravníku jsou přiloženy bočnice.**



**VIII.**  
**Přípevnění bočnic pomocí šroubů.**  
**10 x M3**  
**4 x M4**



**Výsledný pohled na změněnou  
délku pásového MINI dopravníku**

