

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Optimalizace válců dopravníku s ohledem na zatížitelnost

Autor: **Václav KOCOUREK**

Vedoucí práce: **Prof. Ing. Stanislav HOSNEDL, CSc.**

Akademický rok 2018/2019

Prohlášení o autorství

**Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.**

**Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.**

V Plzni dne: .....

.....  
**podpis autora**

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce, panu prof. Ing. Stanislavu Hosnedlovi, CSc., za poskytnutí odborných rad a také za jeho čas, ochotu a přístup během zpracování této práce.

Také bych rád poděkoval panu Ing. Petru Skřivánkovi za jeho odborné konzultace, poskytnutí potřebných informací a materiálů, také za jeho obětavý přístup, čas a vynaložené úsilí.

Dále bych rád poděkoval celé své rodině, spolužákům a přátelům za podporu a trpělivost během mého studia.

# ANOVAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Kocourek	Jméno Václav		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 - Dopravní a manipulační technika			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Prof. Ing. Hosnedl, CSc.	Jméno Stanislav		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<del>DIPLOMOVÁ</del>	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Optimalizace válců dopravníku s ohledem na zatížitelnost			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	45	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	42	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	3
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářská práce se zabývá optimalizací válců dopravníku, které jsou ve formě svařence s ložisky uvnitř. U nového řešení je požadována modularita, umístění ložisek mimo válec a zdravotní nezávadnost daného materiálu. Ke zpracování byl použit CAD systém NX 12.0.1</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Pásový dopravník, dopravní válce, modularita, manipulace, CAD</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Kocourek	Name Václav	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 - Transport Vehicles and Handling Machinery		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Prof. Ing. Hosnedl, CSc.	Name Stanislav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b> .	<b>BACHELOR</b> .	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Optimalization of conveyor rollers with respect to loadability		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2019
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	45	<b>TEXT PART</b>	42	<b>GRAPHICAL PART</b>	3
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The bachelor thesis deals with the optimization of conveyor rollers, which are in the form of weldments with bearings inside. The new solution requires modularity, bearing placement outside the cylinder and the medical harmlessness. The NX 12.0.1 CAD system was used for processing
<b>KEY WORDS</b>	Belt conveyor, transport rollers, modularity, handling, CAD

# Obsah

1. Úvod.....	10
2. ENGEL s.r.o.....	11
2.1. Představení firmy .....	11
I. ROZPRACOVÁNÍ PROBLÉMU .....	12
3. Vyjasnění zadání .....	12
4. Dopravníky.....	14
4.1. Třídění dopravníků.....	14
4.2. Pásové dopravníky .....	15
4.3. Popis hlavních částí .....	16
4.3.1. Dopravní pás .....	16
4.3.2. Hnací a hnaný Buben .....	17
4.3.3. Nosné válečky .....	18
4.3.4. Napínací zařízení.....	18
4.3.6. Doplnující zařízení .....	19
5. Pásové dopravníky firmy Engel .....	20
5.1. Zadané dopravníky .....	21
5.2. Výpočet namáhání.....	21
5.2.1. Výpočet nejhoršího stavu .....	21
5.2.2. Prodloužení pásu od napínací síly.....	22
5.2.3. Maximální ohybové napětí.....	23
5.2.4. Průhyb bubnu .....	24
5.3. Konkurenční dopravníky.....	26
6. Vypracování specifikace požadavků na TS.....	27
II. KONCEPČNÍ NÁVRH .....	30
7. Organová struktura jednotlivých variant.....	30
7.1. Varianta A .....	30
7.2. Varianta B .....	31
7.3. Varianta C .....	32
8. Hodnocení koncepčních variant organových struktur.....	33
III. KONSTRUKČNÍ NÁVRH .....	35
9. Konstrukční návrh válce.....	35
9.1. Průhyb válce.....	36
10. Zlepšení předběžného návrhu.....	39
10. Hodnocení .....	41
11. Závěr.....	41

Reference.....	42
Seznam příloh.....	42
Příloha 1 .....	43

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Engel, Dietach, Rakousko</i> .....	11
Obrázek 2 - Dopravník Mittel .....	12
Obrázek 3 - Dopravník Gross.....	12
Obrázek 4 - Současná konstrukce .....	13
<i>Obrázek 5 - Válečkový dopravník</i> .....	14
<i>Obrázek 6 - Pásový dopravník</i> .....	15
<i>Obrázek 7 - Hlavní části pásového dopravníku</i> .....	16
<i>Obrázek 8 - Ocelový drátěný pás</i> .....	16
<i>Obrázek 9 - Pás z PVC</i> .....	16
<i>Obrázek 10 - Spojení pryžového pásu</i> .....	17
<i>Obrázek 11- Vnitřní pohon</i> .....	17
<i>Obrázek 12 -Nosné válečky</i> .....	18
<i>Obrázek 13 - Násypka</i> .....	19
<i>Obrázek 14 - Dopravník Mittel</i> .....	20
<i>Obrázek 15 - schéma počítaného dopravníku</i> .....	21
<i>Obrázek 16 - Pevnostní kontrola</i> .....	23
Obrázek 17 - Bombírovaný válec.....	25
<i>Obrázek 18 - Damonroller – Válec</i> .....	26
Obrázek 19 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 1 [7] .....	27
Obrázek 20 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 2 [7] .....	28
Obrázek 21 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 3 [7] .....	29
Obrázek 22 - Varianta A .....	30
Obrázek 23 - Varianta B.....	31
Obrázek 24 - Varianta C.....	32
Obrázek 25 - Hodnocení koncepčních variant orgánové struktury TS [3] .....	33
Obrázek 26 - Graf hodnocení koncepčních variant orgánové struktury TS [3] .....	34
Obrázek 27 - Hliníkový profil válce .....	35
Obrázek 28 - Průhyb válce .....	36
Obrázek 29 - Deformace v místě přenosu .....	37
Obrázek 30 - SWOT pro ideální požadovaný a navržený stav [2].....	38
Obrázek 31 - Nový profil válce .....	39
Obrázek 32 - Průhyb optimalizovaného profilu .....	39
Obrázek 33 - SWOT pro ideální požadovaný, navržený a zlepšený stav [2].....	40

## 1. Úvod

Při výrobě strojních součástí se kromě kvality bere ohled i na čas výroby. S tím je spojený i přepravní čas, ať už mezi jednotlivými operacemi nebo zaskladňování a vyskladňování výrobku. Dopravníky jsou jedny z nejpoužívanějších systémů přepravování na kratší vzdálenost a to především kvůli plynulému a nepřetržitému chodu, velké rychlosti dopravování, jednoduchosti systému při malých nákladech na provoz a údržbu. Společnost Engel, jedna z předních výrobců vstřikovacích lisů na plasty, používá právě zmiňovaný dopravní systém, především pak lehké pásové dopravníky.

Tato kvalifikační práce je zaměřena na dva typy dopravníků používané v Kaplickém závodě společnosti Engel. Jedná se o pásové dopravníky o různé šířce pásu a hlavním předmětem vypracování jsou válce dopravníků. Záleží na uložení, materiálu a celkovém konstrukčním uspořádání válců. Použité změny budou mít vliv na používané rychlosti, opotřebení a praktičnost daného dopravníku a tím lepší využitelnost v závodě.

První část práce je zaměřena na rozpracování problému. Je zde upřesněno zadání a jsou zde shrnuta rešeršní řešení. Následuje výpočet namáhání daných dopravníků a vyhodnocení jejich stavů z hlediska technologičnosti konstrukce.

Druhá část se zaměřuje na návržení možných optimalizací válců dopravníků. Jedná se především o jejich možné navýšení zátěže a jejich konstrukce. Následuje porovnání a zhodnocení variant. Výsledkem druhé části bude rozhodnutí o nejlepším řešení.

Třetí část je zaměřena na konstrukční provedení zvolené varianty, její zhodnocení, porovnání s aktuální variantou, možné dodatečné zlepšení a celkové shrnutí celé práce.



## 2. ENGEL s.r.o

### 2.1. Představení firmy

Firma ENGEL je mezinárodní společnost na výrobu vstřikovacích lisů a celkově na výrobu zařízení na zpracování plastů. V tomto odvětví je jeden z celosvětově největších výrobců, který má společnosti po celém světě. Celkem má 9 společností, z nichž 3 sídlí v Rakousku, 2 v Číně, další v Německu, USA v Koreji a také v České republice. [4]



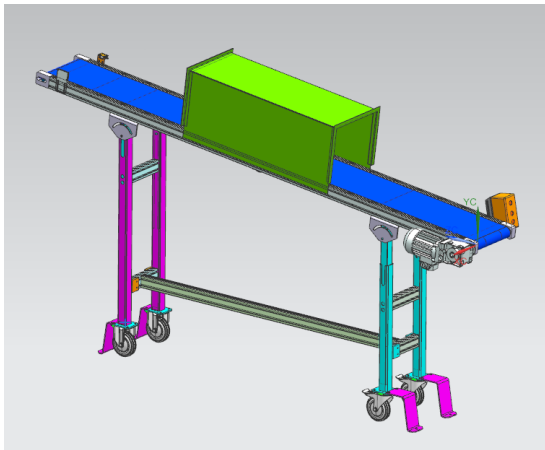
*Obrázek 1 Engel, Dietach, Rakousko*

Automobilový průmysl, lékařství, elektrotechnika a mnoho dalších průmyslů používá stále častěji plastové výrobky z důvodu jejich četných kladných vlastností, jako jsou korozivzdornost, malá hmotnost, také nízká cena a mnoho dalšího. Z tohoto důvodu firma Engel vyvíjí stále nové technologie a dostává se tak do čela světových žebříčků. Jedná se o různé vstřikovací lisы jak na elastomery, tak i na termoplasty, ale i zařízení spojená s dopravou a automatizací. Avšak v dnešní době se mimo standartní výrobu soustředí hlavně na vývoj nových a stále lepších technologií.

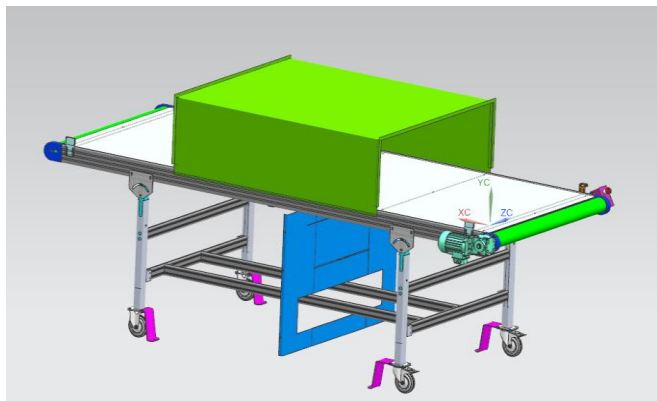
# I. ROZPRACOVÁNÍ PROBLÉMU

## 3. Vyjasnění zadání

Účelem této kvalifikační práce je optimalizovat válce dopravníků. Přesněji se jedná o dva dopravníky používané v Kaplickém závodě Engel s označením Mittel s hliníkovým profilem 30x60mm a průměrem rolny 55mm a Gross s hliníkovým profilem 30x90mm a průměrem rolny 85mm.



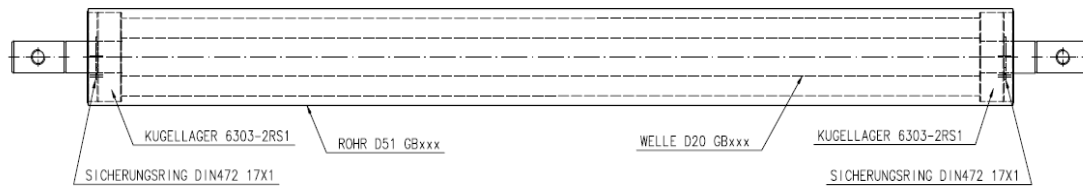
Obrázek 2 - Dopravník Mittel



Obrázek 3 - Dopravník Gross

Dopravníky se liší především zatížením, kde u typu mittel je zatížení 15kg/m a standardní provedení má délku 5,5 metru. Ve speciálních případech se dělají provedení dlouhá do 8 metrů. Typ Gross je zatížen 25 kg/m a standardní délka je 8 metrů, ve speciálních případech až 12 metrů. Oba dopravníky mají místo nosných válečků plech, který zvyšuje tření, ale zároveň zabraňuje prověšení pásu. Oba dopravníky slouží k přepravě plastových výlisků, nebo rovnou celých boxů s plastovými výlisky, na pás tedy nejsou kladeny zvlášť vysoké nároky. Větší problémy způsobuje napínací síla na pás.

Současné řešení dopravního válce je jedno z nejzákladnějších variant. Válec je svařenec o stálých rozměrech, ložiska jsou umístěna zevnitř svařence na hřídeli a pohon je vyveden mimo válec. Mezi největší požadavky patří vyvedení ložisek mimo válec, čímž se zlepšuje údržba a snižuje koroze. Dalším požadavkem je modularita. Válec by měl být konstruován tak, aby se v případě potřeby dala měnit jeho šířka podle aktuálního dopravovaného materiálu. Dále se jedná o úpravu materiálu, který by měl být sterilní, vzhledem k dopravování materiálu do zdravotnického průmyslu.



Obrázek 4 - Současná konstrukce

Při návrhu vratného bubnu je potřeba brát zřetel hlavně na požadovaný průhyb samotného válce. Ten má velký vliv na správné držení pásu. Průhyb by neměl přesahovat hodnotu 1mm, obzvláště pak u bombírovaných válců. Současné řešení je provedeno ve všech případech pomocí bombírování. Zadání však neuvádí, aby tento postup byl dodržen, je tedy možnost výběru alternativní metody držení pásu.

## 4. Dopravníky

Dopravníky neboli dopravní zařízení jsou jednou ze součástí výrobních podniků a slouží, jak už název říká, k dopravování surovin, výrobků, polotovarů a dalšího zboží. Výrazně ulehčují a automatizují práci ve firmách a závodech, ale i v obchodním a potravinářském průmyslu, dopravních společnostech, atd... Jejich velikou výhodou je plynulost a rychlost chodu, široká škála dopravovaných materiálů a samostatnost (není potřeba lidské síly).

### 4.1. Třídění dopravníků

Dopravní zařízení se používají spíše pro vnitropodnikovou dopravu a spíše na kratší přepravované vzdálenosti. Jelikož se dají používat ve většině závodů, odvětvích a dá se s nimi přepravovat nepřehledné množství materiálů (sypké, tekuté, pevné, abrazivní,..), je také velké množství dopravníků. [5]

#### Rozdělení podle přepravovaného materiálu:

- Kusový materiál
- Sypký materiál
- Kapaliny

#### Rozdělení podle vzájemného pohybu:

- Materiál je v relativním klidu vůči dopravnímu členu
- Materiál je v relativním pohybu vůči dopravnímu členu

#### Rozdělení podle pohonu dopravníku:

- S tažným elementem
- Bez tažného elementu

#### Rozdělení podle typu:

- Pásový dopravník
- Článkový dopravník
- Řetězový a řemenový dopravník
- Válečkový dopravník
- Korečkový dopravník
- Podvěsný dopravník
- Šnekový dopravník
- Vibrační dopravník



Obrázek 5 - Válečkový dopravník

## 4.2. Pásové dopravníky

Pásové dopravníky jsou určeny k plynulé dopravě jak kusového, tak i sypkého materiálu a to nejčastěji ve vodorovné poloze, nebo s určitým sklonem, který určuje tzv. sypaný úhel (takový úhel, při kterém se materiál začne sypat zpět na začátek dopravníku a materiál se nedopravuje). Název pásového dopravníku je odvozen od pásu, který je zároveň tažným a nosným elementem. Jsou to jedny z nejpoužívanějších typů dopravníků a to především kvůli jejich jednoduchosti, snadné a levné údržbě, velkém přepravovaném množství, malé spotřebě energie a samostatnosti jeho chodu. Pásové dopravníky se mohou dále dělit.



Obrázek 6 - Pásový dopravník

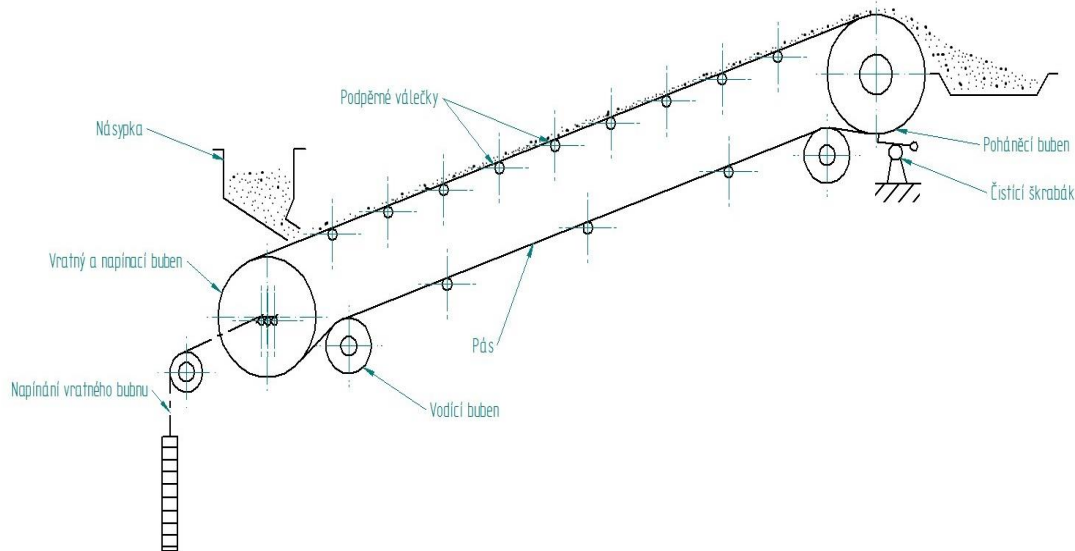
Rozdělení podle provedení konstrukce:

- Stabilní pásové dopravníky
- Pojízdné nebo přenosné pásové dopravníky
- Přestavitelné pásové dopravníky

Rozdělení podle tažného elementu:

- S textilním pásem
- S gumovým pásem
- Z pásem z PVC
- S ocelovým pásem
- S drátěným pásem

### 4.3. Popis hlavních částí

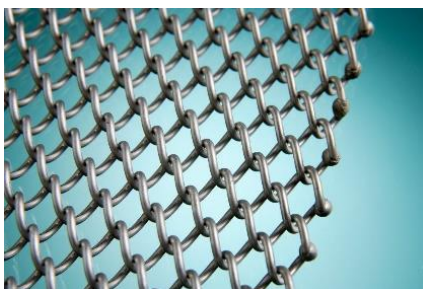


Obrázek 7 - Hlavní části pásového dopravniku

#### 4.3.1. Dopravní pás

Dopravní pás je jedna z nejvíce namáhaných částí. Musí mít hlavně vysokou odolnost proti opotřebení, vysokou životnost, velkou tuhost a hlavně musí odolávat působení dopravovaného materiálu. Mezi další jeho vlastnosti by měla patřit co nejmenší hmotnost, schopnost odolávat střídavému namáhání, nízká cena.

Jako materiál se u pásů používá textil, ocel, pryž, nebo PVC. Textilní pásy jsou určeny pro krátké dopravníky a malé zatížení. Ocelový drátěný pás se používá v extrémních teplotách a u abrazivních materiálů, stejné použití platí i u ocelových plných pásů, který však navíc dokáže přepravovat i sypké či tekutější materiály. Jako další se využívá PVC, který se používá například v potravinářství především z hygienických důvodů.



Obrázek 8 - Ocelový drátěný pás



Obrázek 9 - Pás z PVC



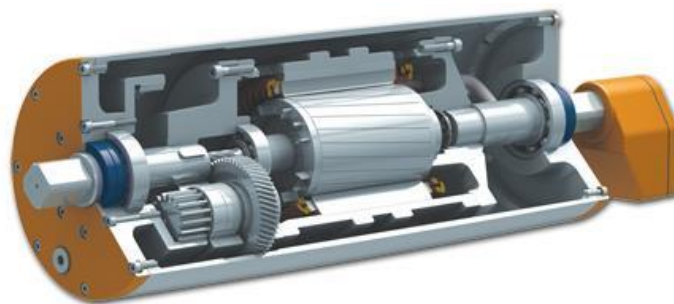


Pásy podle materiálu se mohou dodávat už spojené (spojené pásy se dodávají hlavně u menších dopravníků), nebo nespojené, které se spojují až na místě. Velkou výhodou nespojených pásů je možnost případného zkrácení pásu a jejich snadnější demontáž. Spojení pásu jde provést několika možnostmi, avšak spojovaná část je oproti „nekonečným“ pásům znatelná. [1]

Obrázek 10 - Spojení pryžového pásu

#### 4.3.2. Hnací a hnaný Buben

U pásových dopravníků slouží jako pohonná jednotka motor, který přes hnací buben přenáší výkon na pás. Hnací buben může mít motor s převodovkou buď schovaný v sobě, nebo je motor s převodovkou mimo hnací buben. Motor uvnitř bubnu se používá u menších dopravníků, které nemají tak vysoké silové nároky. Hlavní jeho výhodou je kompaktnost a skladnost zařízení.

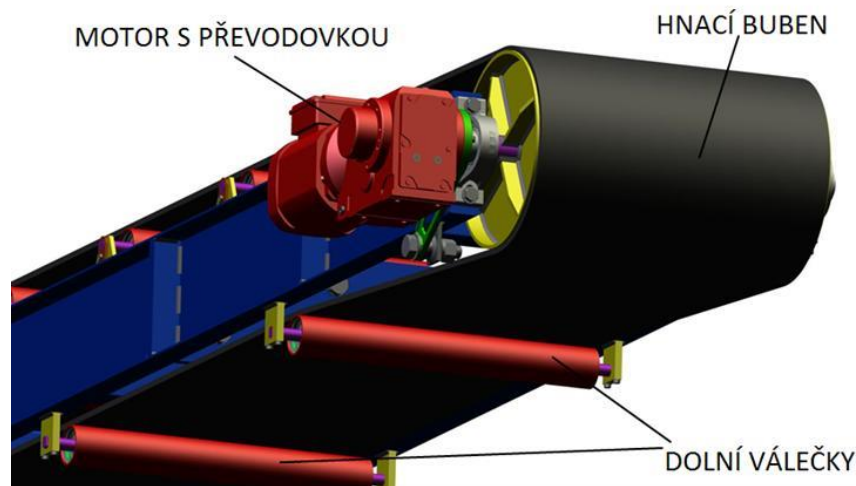


Obrázek 11- Vnitřní pohon

Bubny jsou kovové a pro zvýšení tření mezi bubnem a pásem se používá například pogumování, nebo jiná úprava povrchu. Pro lepší vedení pásu se také setkáme s mírně skosenými válci bubnu. Důležité je také vzájemné upevnění bubnu s hřídelem. Tento problém je vyřešen například přivařením, nebo přišroubováním víka, které přes ložiska umožňuje pohyb válce. [1]

### 4.3.3. Nosné válečky

Nosné válečky slouží k podepření a vedení pásu. Jsou umístěny v rámu dopravníku nebo na tzv. válečkových stolicích. Četnost a rozmístění válečků závisí na přepravovaném materiálu, ale z pravidla platí, že válečky v horní části mají větší četnost z důvodu váhy pásu a materiálu, zatímco spodní válečky brání jen v průhybu pásu a proto může být jejich množství menší.



Obrázek 12 -Nosné válečky

### 4.3.4. Napínací zařízení

Napínací zařízení slouží k napínání dopravního pásu. Správné napnutí pásu brání kolizím, vypadávání materiálu, ale také prodlužuje životnost pásu a celého zařízení, zajišťuje ideální přítlak pásu na buben a tím i zamezuje prokluzu.

Podle vyvození napínací síly můžeme rozdělit na:

- Tuhé – Napínáky, šrouby, kladkostroje
- S napínací silou vyvozenou závažím
- Ručně nebo automaticky regulovanou silou – elektronicky, pneumaticky, elektrohydraulicky



#### 4.3.6. Doplnující zařízení

Dopravníky dále podle přepravovaného materiálu mohou být opatřeny dalšími částmi jako násypka, nebo čistícím škrabákem.

**Násypka** - Slouží k lepší dodávce sypkého materiálu na pás a zvětšuje jeho množství. Materiál se rozkládá rovnoměrně po celém pásu. Není povinnou součástí a chod dopravníku nijak neovlivňuje. Může být připevněna trvale, nebo se dá podle potřeby sundávat. Její výstup by měl být obdélníkového průřezu, kvůli rozložení materiálu.



Obrázek 13 - Násypka

**Čistící škrabák** - Jeho úkolem je čištění pásu od přilepeného materiálu. Čištění pásu není jen estetická záležitost, ale slouží k bezporuchovému chodu dopravníku. Ve vratné části se totiž odvaluje strana pásu, kde zůstal materiál přilepen a bez čistícího zařízení by mohlo dojít k přilepení na nosné válečky. Mohlo by to vést k jejich poškození, nebo vykolejení pásu.

## 5. Pásové dopravníky firmy Engel

Neustálý vývoj a zdokonalování je jednou z hlavních priorit většiny firem a ani kaplický závod není výjimkou. Vzhledem k úspoře času a tím i peněz se zdokonalují i dopravní systémy. Mezi nejpoužívanější dopravní systémy právě v kaplickém závodu patří dopravníky, obzvláště pak pásové, na které je zaměřena tato kvalifikační práce. Pásové dopravníky se dělí do čtyřech hlavních kategorií a dále se rozdělují podle jednotlivých typů.

Rozdělení:

[6]

- Dopravníky Gross
  - FB100
  - FB200
- Dopravníky Mittel
  - FB60
  - FB100
  - GFB60
  - WFB60
  - ZFB60
  - HLI
- Dopravníky Klein
  - FB30
  - FB40
- Dopravníky integrované



Obrázek 14 - Dopravník Mittel

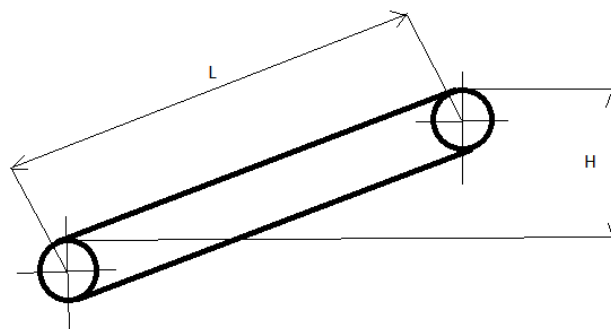
Hlavní rozdíl výše uvedených dopravníků je především podle šířky pásu, dopravované délky a také podle konstrukce hliníkového profilu. Většina dopravníků firmy Engel jsou právě z hliníkových profilů, díky jejich malé hmotnosti a vysoké pevnosti.

## 5.1. Zadané dopravníky

Tato kvalifikační práce se zaměřuje na konstrukci válců pásových dopravníků typu Mittel a Gross. V první části jde o určení nejvíce nepříznivého stavu, u kterého se musí zkontrolovat současné provedení. Následuje optimalizace daných válců viz. zadání.

## 5.2. Výpočet namáhání

Jako nejnepříznivější variantu pro výpočet jsem zvolil dopravník typu Gross s délkou  $L=12$  metrů, šířkou pásu  $b=1,6$  metru a dopravní výškou  $H=1,2$  metru.

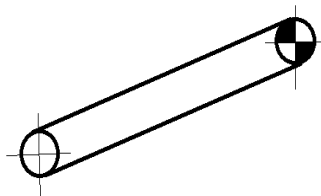


Obrázek 15 - schéma počítaného dopravníku

Dalším aspektem pro rozhodování je, zda je horší varianta s motorem uloženým nahoře – „tažený“ pás, nebo s motorem uloženým dole, kdy je pás „tlačen“

### 5.2.1. Výpočet nejhoršího stavu

#### I. varianta



$$F_0 = q * \cos\alpha * L * f * g + q * H * g$$

$$F_0 = 25 * \cos 5,47 * 12 * 0,3 * 9,81 + 25 * 1,2 * 9,81$$

$$F_0 = 1172,8 \text{ N}$$

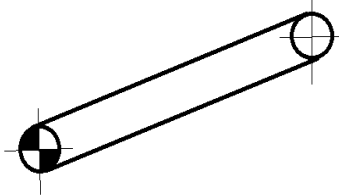
$$F_1 = F_0 \frac{e^{f*\pi}}{e^{f*\pi}-1} = 1172,8 * \frac{e^{0,3*\pi}}{e^{0,3*\pi}-1} = 1922 \text{ N}$$

$$F_2 = F_1 - F_0 = 1922 - 1172,8 = 749,2 \text{ N}$$

Výsledná síla na vratný buben:

$$F_w = 2 * F_2 = 2 * 749,2 = 1498,4 \text{ N}$$

## II. varianta



$$F_0 = 2 * (q * \cos \alpha * L * f * g + q * H * g)$$

$$F_0 = 2 * (25 * \cos 5,47 * 12 * 0,3 * 9,81 + 25 * 1,2 * 9,81)$$

$$F_0 = 2345,6 \text{ N}$$

$$F_1 = F_0 \frac{e^{f*\pi}}{e^{f*\pi}-1} = 2345,6 * \frac{e^{0,3*\pi}}{e^{0,3*\pi}-1} = 3843,2 \text{ N}$$

$$F_2 = F_1 - F_0 = 3843,2 - 2345,6 = 1497,6 \text{ N}$$

Výsledná síla na vratný buben:

$$F_w = 2 * F_1 = 2 * 3843,2 = 7686,4 \text{ N}$$

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že II varianta je rizikovější. Je to především z důvodu přenosu síly přes celou délku pásu namísto jen poloviny pásu, jak je tomu u I varianty. Dalším důvodem je potřeba větší napínací síly.

Z tohoto důvodu bude II varianta aplikována na další výpočty z důvodu předpokladu na nejnepríznivější variantu.

### 5.2.2. Prodloužení pásu od napínací síly

$$\varepsilon = \frac{\frac{F_0}{2} + 2 * F_2 + F_0}{2 * S_D * b_0}$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{2345,6}{2} + 2 * 1493,6 + 2345,6}{2 * 6 * 1600}$$

$$\varepsilon = 0,34\%$$

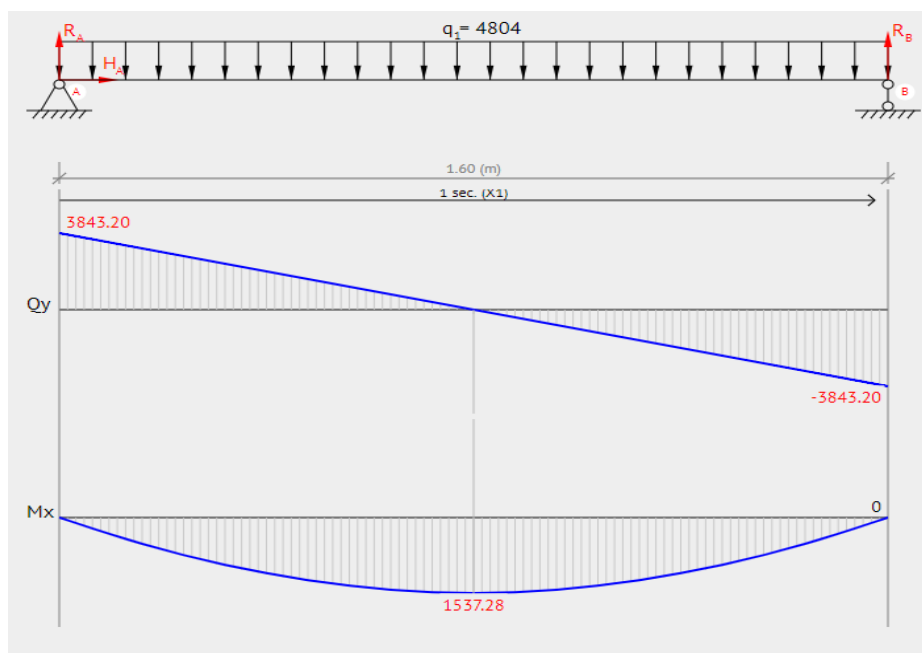
U zadaných dopravníků se používá standartní napínací délka 0,3 % bez ohledu na šířku či délku pásu, což pro počítaný dopravníky vyhovuje.

L(m)	2	7	12
$b_0(\text{mm})$			
600	0,32	0,62	0,91
1100	0,17	0,34	0,49
1600	0,1	0,23	0,34

Tabulka 1 - Prodloužení pásu (%)

Z této tabulky vyplývá, že napínání 0,3 % souhlasí jen pro určitý poměr délka/šířka pásu. V ostatních případech je pás přepnutý, nebo naopak nedopnutý a jeho prodloužení by se mělo tedy určit pro každý dopravník zvlášť. Zlepší se opotřebení a případný prokluz dopravníku. Při zachování současné varianty i při použití nového řešení by se měla napínací síla redukovat podle aktuálně použitých dopravních parametrů.

### 5.2.3. Maximální ohybové napětí



Obrázek 16 - Pevnostní kontrola

$$q = \frac{F_w}{l} = \frac{7686,4}{1,6} = 4804 \text{ N/m}$$

$$F_{RA} = F_{RB} = \frac{q * l}{2} = \frac{4804 * 1,6}{2} = 3843,2 \text{ N}$$

$$M_{Omax} = F_{RA} * \frac{l}{2} - q * \frac{l}{2} * \frac{l}{4} = \frac{1}{8} * q * l^2$$

$$M_{Omax} = \frac{1}{8} * 4804 * 1,6^2$$

$$M_{Omax} = 1538 \text{ Nm}$$

$$\sigma_0 = \frac{M_{Omax}}{W_o} = \frac{M_{Omax}}{\frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32D}} = \frac{1538 * 35 * 0,085}{\pi * (0,085^4 - 0,069^4)} = 41,5 \text{ MPa}$$

#### 5.2.4. Průhyb bubnu

$$\vartheta = \frac{Mf}{EJ_z}$$

$$U = \int_0^l \left( \frac{q * l}{2} * x - \frac{q}{2} * x^2 \right) dx = \frac{q * l^3}{12} = \frac{4804 * 1,6^3}{12} = 1640 \text{ N}$$

$$U_A = U_B = \frac{U}{2} = 820 \text{ N}$$

$$Mf = U_A * \frac{l}{2} = 820 * \frac{1,6}{2} = 656 \text{ N}$$

$$\vartheta = \frac{656}{2,1 * 10^{11} * \frac{\pi * (0,085^4 - 0,069^4)}{64}}$$

$$\vartheta = 2,15 \text{ mm}$$

Průhyb bubnu počítaného dopravníku Gross s délkou 12 metrů, šířkou 1,6 metru a dopravní výškou 1,2 metru vychází 2,15 milimetrů. Takovýto průhyb u momentálně používaných bubnů je neúnosný z důvodu bombírování válců. Takováto velikost průhybu bombírování zcela vyruší a pás je mnohem náchylnější na uhnutí ze své trasy. Jedná se však o nejnepříznivější variantu a tudíž předpokládám, že ostatní typy dopravníků budou mít tuto hodnotu nižší, která je přijatelnější.

U dopravníků s takto velkým průhybem by bylo výhodné využití větší tloušťky stěny, většího průměru válce, nebo klínové drážky pro spolehlivější vedení.



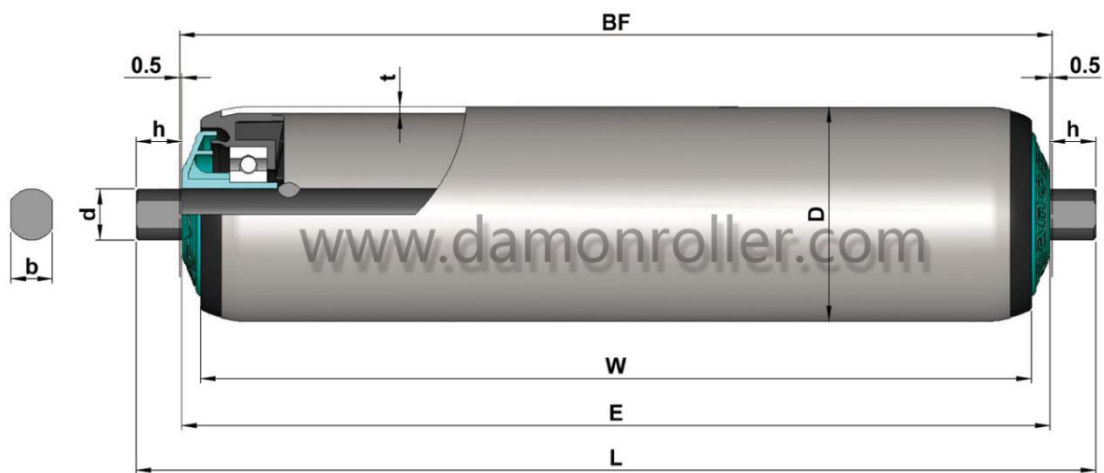
Obrázek 17 - Bombírovaný válec

Z obrázku (*Obr.17*) je patrný princip bombírování. Válec je mírně zkosený ze středu do stran, čímž působící síly drží pás na středu válce. Takto vedený pás je mnohem méně náchylný k vybočení nebo sesunutí.

Při průhybu větším než 1 mm se však účinky bombírování vyruší a pás není nijak veden. Ekvivalentní náhradou při větších průhybech je klínová drážka. Ta může být použita uprostřed válce, nebo po stranách.

### 5.3. Konkurenční dopravníky

Většina konkurenčních firem používá uzavřené válečky s ložisky uvnitř. Největším rozdílem oproti Kaplickému závodu Engel je ten, že v konkurenčních produktech jsou na uzavření ložisek a hřídele používána plastová víčka, která jsou rozebíratelná a tudíž všechny vnitřní součásti jsou vyměnitelné. U současných dopravníků Engel jsou válce ve formě svařenců. Ložiska jsou uvnitř svařence a dochází k jejich nadměrné korozi. U svařenců nejde vyměnit jen ložiska, ale musí se odstavit celý válec. To je nevýhodné jak z ekonomického, tak i časového hlediska.



Obrázek 18 - Damonroller – Válec

Možná řešení na odstranění koroze ložisek jsou buď konkurenční rozebíratelné válce, nebo umístit ložiska mimo válec. Pokud budou ložiska mimo válec, zmírní se koroze a ložiska budou snadno vyměnitelná.

Modularita u konkurenčních firem je nejčastěji řešena zásobou válců a šířkově/délkově nastavitelným stolem dopravníku.



## 6. Vypracování specifikace požadavků na TS

Požadavky k vnějším vlast+F9:H38nostem TS vztaž. k transf. procesům životních etap TS	Požadovaná hodnota a příp. tolerance	Váha (1-4)
<b>(1)Požadavky k (hlavním i asistujícím) provozním funkcím/účinkům:</b>		
<b>Technický systém:</b>		
Přepravovat plastové díly / KLT		
Únosnost včetně bedny	25 kg	4
Dopravní vzdálenost	Do 12 m	4
Hmotnost TS	Nezáleží	1
<b>Přepavní proces:</b>		
Setrvání přepravovaného produktu ve stálé poloze	podmínkou	2
Rychlost přepravy	6 m/min	4
<b>Přepravovaná součást:</b>		
Velikost dílů	max 1,3 m	2
Hmotnost dílu	do 10 kg	1
Teplota přepravy	25°C	1
<b>(2)Požadavky k ostatním provozním vlastnostem:</b>		
Prostředí	středně čisté	2
Četnost použití	nepřetržitá	4
Životnost	min. 5 let	3
Údržba	minimální	4
Základní plocha pod systém	plochá betonová podlaha	2
Zástavbové rozměry	minimální	3
<b>(3)Požadavky k vlastnostem pro předvýrobní procesy a výrobu:</b>		
Vhodnost pro konstruování	vysoká	3
Náročnost na vyrobení	nízká	3
Náročnost na montáž	nízká, pomocí běžného náradí	4
Druh výroby	kusová	2
<b>(4)Požadavky k vlastnostem pro distribuci:</b>		
Skladovací prostor	nutný	3
Manipulace s TS	ručně / jeřáb	2
<b>(5)Požadavky k vlastnostem pro likvidaci:</b>		
Demontovatelnost	jednoduchá	2
Recyklovatelnost	jednoduchá a vysoká	3
Opravitelnost (servis)	jednoduchá	3

Obrázek 19 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 1[7]

Požadavky k vnějším vlastnostem TS vztaž. k operátorům transf. procesů všech život. etap TS	Požadovaná hodnota a příp. tolerance	Váha (1-4)
<b>(1)Požadavky k vlastnostem pro věcné řízení/management:</b>		
Konkurenceschopnost k produktům na trhu	ostatní manipulační zařízení	3
<b>(2)Požadavky k vlastnostem k člověku:</b>		
<b>Bezpečnost ve všech životních etapách, ergonomie:</b>		
Zajištění proti vypadnutí	vysoké	4
Přístupnost	jednoduchá	4
Bezpečnost v servisním modu	vysoká	4
<b>Příjemnost pro člověka (estetičnost, apod.):</b>		
Tvarový design	uspokojivý	2
Barevné řešení	Stříbrná	2
Povrch	vhodný k čištění	3
<b>(3)Požadavky k vlastnostem k aktivnímu materiálu a energetickému okolí:</b>		
Použití ekologicky nezávadných materiálů	výhradně	4
Nutnost mazání pohonů	žádná či malá	2
Energetická náročnost pohonů	nízká	2
<b>(4)Požadavky k vlastnostem k aktivnímu informačnímu okolí:</b>		
Porušení patentových a licenčních práv	žádné	4
<b>(5)Požadavky k vlastnostem k ostatním TS:</b>		
Náročnost na technické prostředky v život. etapách	minimální	4
<b>(6)Požadavky k vlastnostem k informacím:</b>		
Výrobní a montážní dokumentace	Potřebná	3
Návody k obsluze	Nevyžadováno	1
Návody pro údržbu a opravy	požadované	2
<b>(7)Požadavky k vlastnostem k ekonomickému a časovému řízení/managementu:</b>		
Výrobní náklady	Minimální	2
Náklady na práci/provoz	minimální	3
Čas na montáž	do 1 hod.	1

Obrázek 20 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 2 [7]

Požadavky ke vnitřním (1) a strukturním (2), (3) vlastnostem TS	Požadovaná hodnota a příp. tolerance	Váha (1-4)
<b>(1)Požadavky k obecným konstrukčním vlastnostem:</b>		
• Odolnost povrchů proti poškození	Vysoká	2
<b>(2)Požadavky k elementárním konstrukčním vlastnostem:</b>		
• Spojovací prvky	normalizované	3
<b>(3)Požadavky ke konstrukčním znakům:</b>		
• Funkční princip	mechanický	4
• Druh pohonu	automatizovaný/elektrický	4

Obrázek 21 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 3 [7]

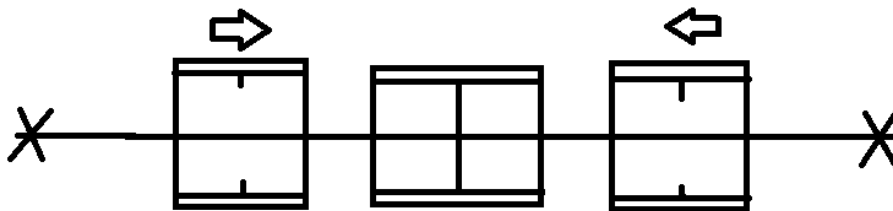
## II. KONCEPČNÍ NÁVRH

### 7. Orgánová struktura jednotlivých variant

Jak už bylo uvedeno v zadání, mezi hlavní požadavky na vratný válec patří modularita daného válce, tzn. aby bylo možné nastavit potřebnou šířku válce podle aktuálně používaného pásu. Dalším požadavkem je umístit ložiska mimo válec z důvodu koroze a také použití jiného materiálu, který je vhodný i pro použití do medicínského průmyslu.

#### 7.1. Varianta A

První možná varianta je navržena jako volně sestavitelný válec z nerezové oceli. Tato varianta se bude skládat ze závitové hřídele a různě širokých segmentů, které na sebe budou skládány podle potřebné šířky pásu. Segmenty do sebe budou zapadat pomocí rozdílných výřezů na každém protikusku. Dotažení segmentů a tím zajištění potřebné soudržnosti, aby segmenty neprokluzovaly bude zajištěno pomocí přitlačných desek dotahovaných přes závit na hřídeli. Ložiska u této varianty budou spojena s rámem dopravníku a hřídel se do nich bude nasazovat. Zajištění pásu v žádané poloze bude zajištěno pomocí jedné klínové drážky uprostřed.



Obrázek 22 - Varianta A

*Výhody:*

- Jednoduchá sada segmentů
- Rychlá montáž a demontáž
- Dlouhá životnost
- Nízká cena z důvodu dlouhé výdrže konstrukce
- Zdravotní nezávadnost

*Nevýhody:*

- Složitost výroby
- Náchylnost ke ztrátě segmentů a utahovacích částí
- Množství potřebných dílů

## 7.2. Varianta B

Jedná se o tažený hliníkový profil – tyč, která je dodávána do dílny v délce 4 metry a přímo na místě je nařezána na požadovanou délku. Ložiska budou ukotvena v ložiskovém domečku, kde budou snadno odnímatelná. Spojení ložisek s válcem bude provedeno přes ocelovou hřídel se závitem.

Největším problémem u hliníku je jeho malý koeficient tření a tudíž velké riziko k prokluzování pásu. Proto Ještě před uvedením do provozu bude na válec nasazen pryžový povlak, který se horkovzdušnou pistolí zataví a mnohonásobně se tak zvýší součinitel tření. Vedení bude zajištěno pomocí klínové drážky.



Obrázek 23 - Varianta B

### *Výhody:*

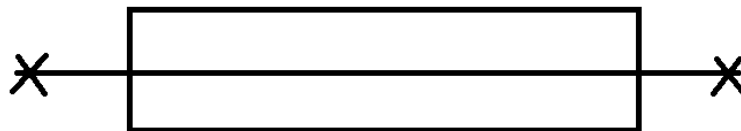
- Libovolná šířka válce
- Snadná výměna ložisek
- Válec je ucelený
- Jednoduchost
- Malá hmotnost
- Rychlá a snadná výměna válce

### *Nevýhody:*

- Vysoká cena
- Nutnost pily a s tím i spojený úklid
- Bez potahu veliký prokluz
- Potřeba místa na uskladnění

### 7.3. Varianta C

Varianta C se od původního řešení liší nejméně. Spočívá v odstranění ložisek z válce. Válec se znovu udělá jako svařenec, avšak bude pevně spojen i s hřídelí. Dalším rozdílem bude, že místo nynějšího bombírování pro vedení pásů bude použita klínová drážka uprostřed. Nevýhodou bombírování je, že při působení větších napínacích a obvodových sil dochází k průhybu, který je natolik velký, že bombírování vyruší. Modularita bude spočívat v sadě válců o různé šířce, které se budou měnit podle potřeby



Obrázek 24 - Varianta C

#### *Výhody:*

- Snadná konstrukce
- Jednoduchá a rychlá výměna
- Dlouhá životnost
- Velká pevnost
- Dlouhá životnost

#### *Nevýhody:*

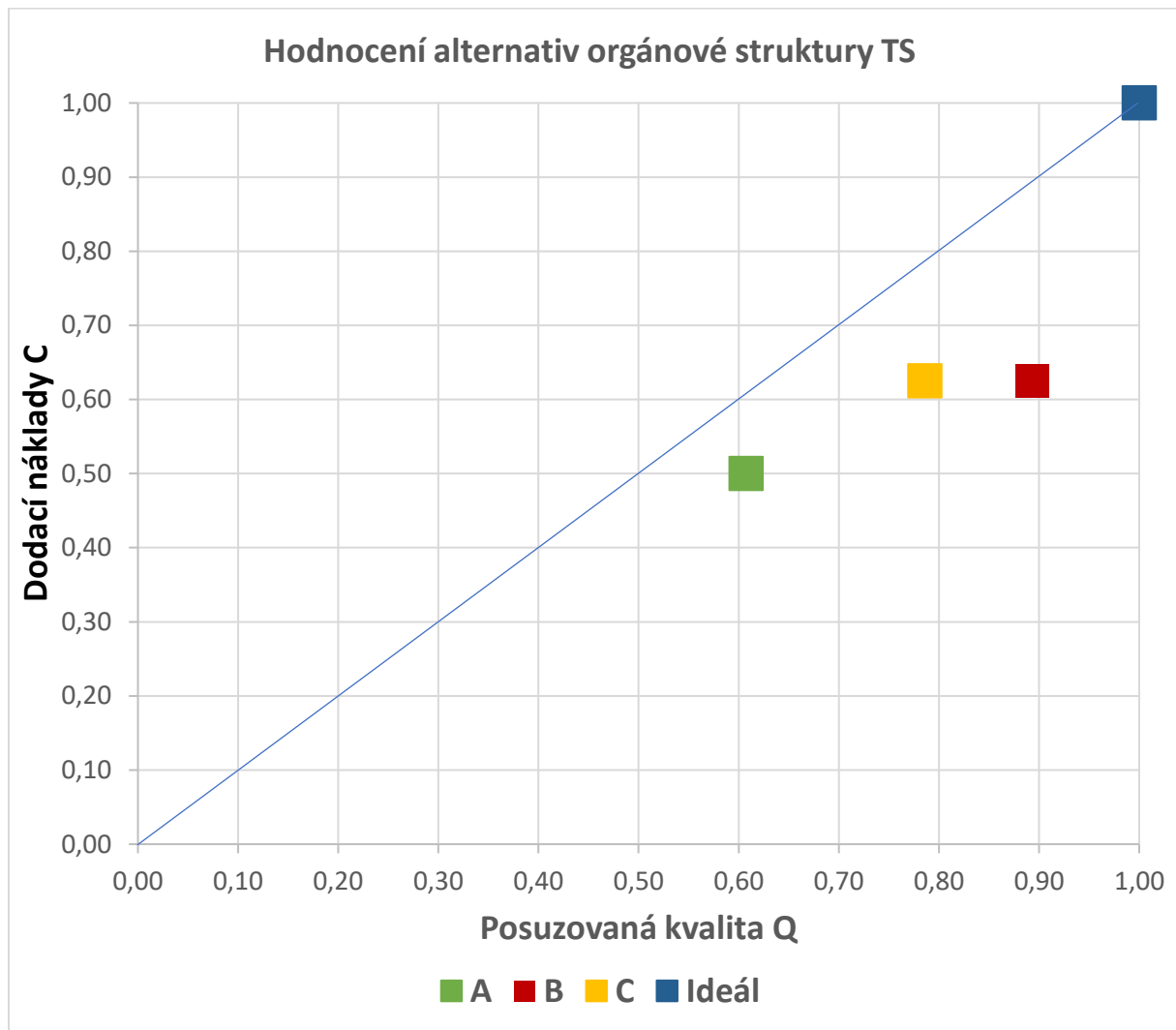
- Velké množství válců a potřebný prostor na uskladnění
- Velká hmotnost
- Poměrně malý rozsah šířky válce
- Likvidace

## 8. Hodnocení koncepčních variant orgánových struktur

Z výše uvedených popisů variant, jejich výhod a nevýhod navržených koncepčních variant jsem vybral nejdůležitější vlastnosti TS, kterým jsem přiřadil váhu a následně je porovnal s ideálním stavem

HODNOCENÍ KONKURENCESCHOPNOSTI ALTERNATIV ORGÁNOVÉ STRUKTURY TS			Varianta				
Stupnice	Q-T-C	Kritérium - hodnocená vlastnost TS	TS0	A	B	C	Ideál
Hodnocení ( min. 0 - max. 4 )	Posuzovaná kvalita <b>Q</b>	Složitost konstrukce	—	1	3	4	4
		Modularita	—	3	4	2	4
		Tuhost konstrukce	—	3	3	4	4
		Uložení ložisek	—	4	4	4	4
		Recyklovatelnost		2	4	2	4
		Rychlost přestavení	—	2	3	4	4
		Zdravotní nezávadnost	—	2	4	2	4
		<b>Σ hodnocení Q</b>	—	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>28</b>
		<b>Σ normalizované hodnocení Q (0 - 1)</b>	—	<b>0,61</b>	<b>0,89</b>	<b>0,79</b>	<b>1,00</b>
	Dodací doba <b>T</b>	Doba na výrobu a zajištění dílů	—	-	-	-	-
		Doba montáže	—	-	-	-	-
		<b>Σ hodnocení T</b>	—	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
		<b>Σ normalizované hodnocení T (0 - 1)</b>	—	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	Dodací náklady <b>C</b>	Náklady na výrobu vč. montáže	—	2	2	4	4
		Náklady na transport	—	2	3	1	4
		<b>Σ hodnocení C</b>	—	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>8</b>
		<b>Σ normalizované hodnocení C (0 - 1)</b>	—	<b>0,50</b>	<b>0,63</b>	<b>0,63</b>	<b>1,00</b>

Obrázek 25 - Hodnocení koncepčních variant orgánové struktury TS [3]



Obrázek 26 - Graf hodnocení koncepčních variant orgánové struktury TS [3]

Hlavními kritérii pro nás byly modularita, uložení ložisek, zdravotní nezávadnost materiálu z důvodu použití v lékařském průmyslu, dále pak bezpečnost a recyklovatelnost. Z grafu (Obr. 26) je patrné, že nejbližší ideálnímu stavu se dostala varianta B, která má však vyšší náklady, ale to pro nás není tak podstatné.

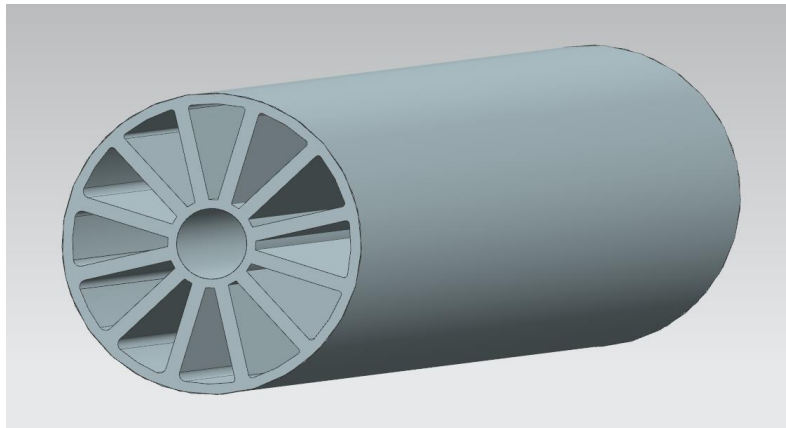
Varianta B bude dále zpracovávána.



### III. KONSTRUKČNÍ NÁVRH

#### 9. Konstrukční návrh válce

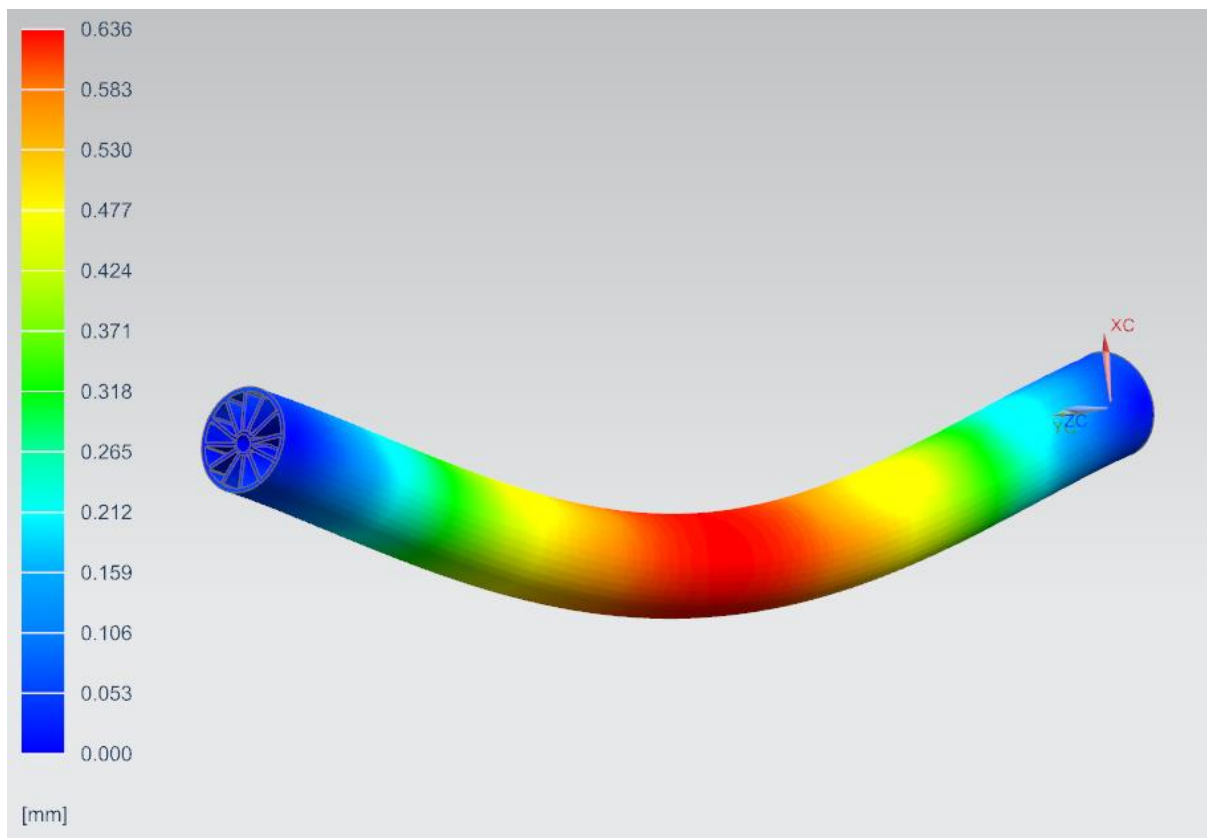
Konstrukčním návrhem je tady varianta B, což je válec tažený z hliníkového profilu a řezaný přímo na potřebnou délku. Vzhledem k mnoha možnostem tažení hliníkových profilů se nabízí plno variant profilu válce. Jako variantu jsem zvolil jednoduchý profil (Obr. 27) z hlediska jeho jednoduchosti a dostačujícím vlastnostem.



Obrázek 27 - Hliníkový profil válce

Jedná se o válec s vnějším průměrem 120 mm, vnitřním průměrem 20 mm a tloušťkou stěn 4 mm. Válec je vyztužen 12 přímými žebry, které zajišťují pevnost v každém úhlu natočení. Tento profil se liší od původní verze hlavně velikostí průměru, který byl původně 85 mm. Je to z důvodu použití hliníku namísto původní oceli.

## 9.1. Průhyb válce

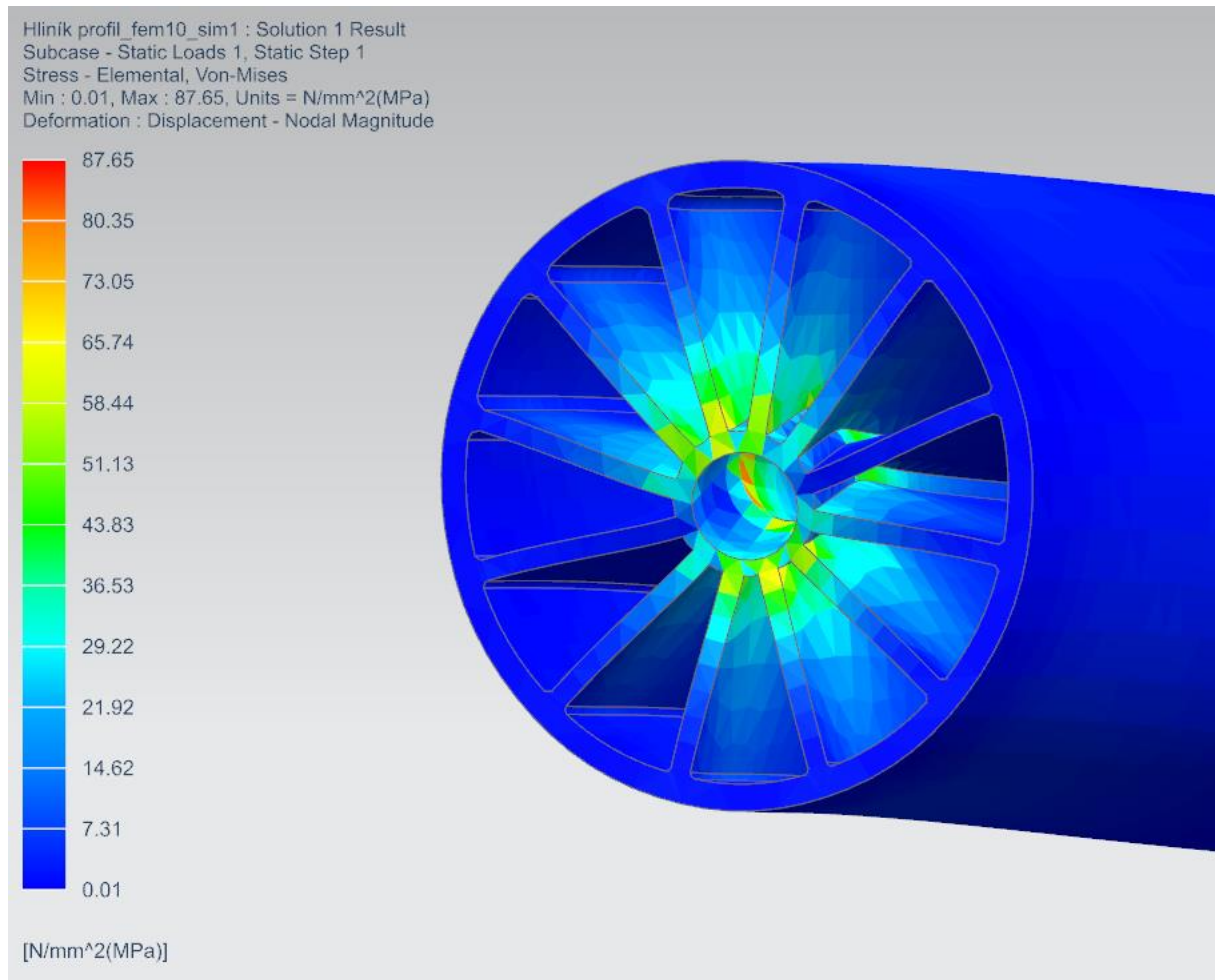


Obrázek 28 - Průhyb válce

Aby se profil dal používat pro všechny druhy přepravovaného materiálu, musel být navržen na nejnejpříznivější variantu, kde je délka pásu 12 m, šířka 1,6 m a dopravník přepravuje  $25 \text{ kg/m}^2$ . I pro takto zatížený válec musí být průhyb maximálně 1 mm. Z tohoto důvodu jsem volil větší tloušťku stěn a větší průměr.

V tomto případě (Obr. 28) se válec prohne o 0,64 mm. To je vyhovující stav. Avšak pro menší zatížení je válec předimenzován. Zadání vyžaduje pouze jednu variantu profilu, proto musí být zvolena právě ta s předpoklady pro největší zatížení bez ohledu na náklady.

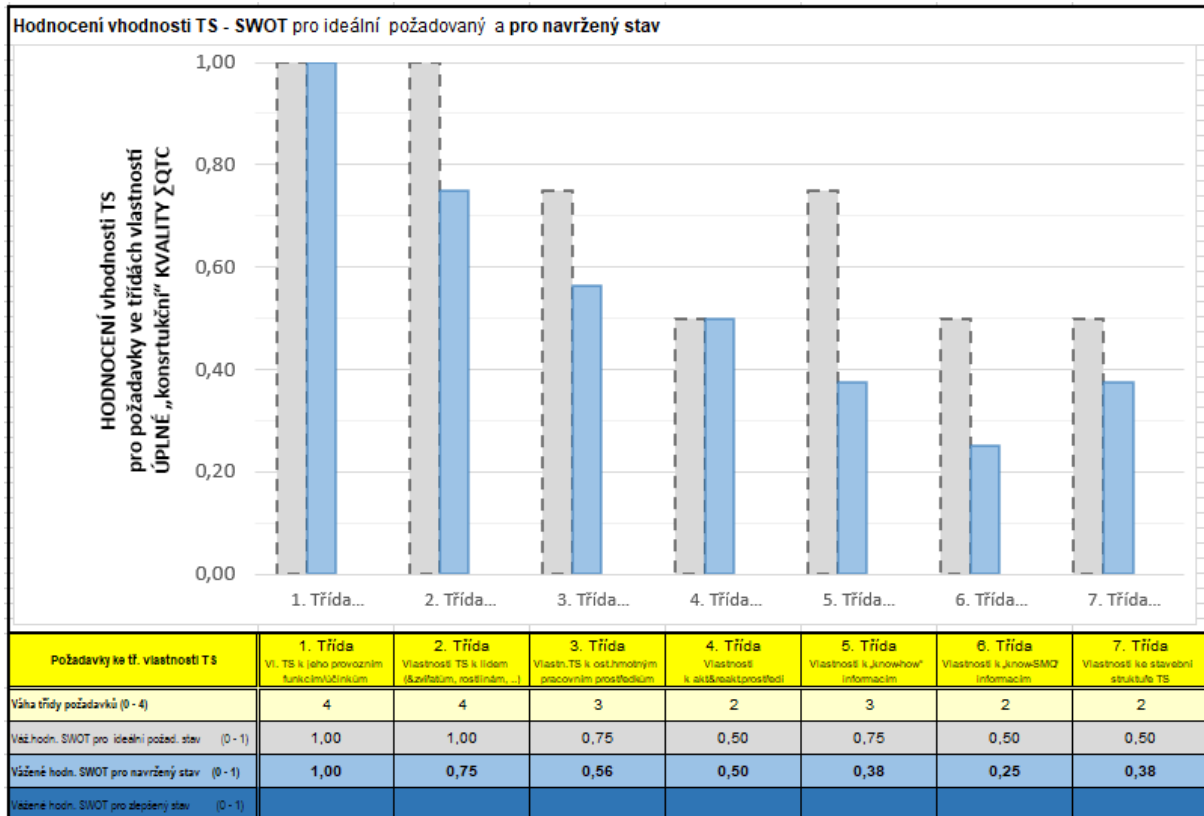
Dalším rizikovým místem na válci je přechod válce na hřídel. Ten je vyřešen pomocí ocelové hřídelky o průměru 20 mm a délce 30 mm, která bude přenášet kroutící moment přes závit (Obr. 29)



Obrázek 29 - Deformace v místě přenosu

Jak je patrné z obrázku (Obr. 29), toto místo není příliš deformováno a můžeme ho tedy opomenout. Hlavním kritériem tedy zůstává průhyb válce v kritickém místě.

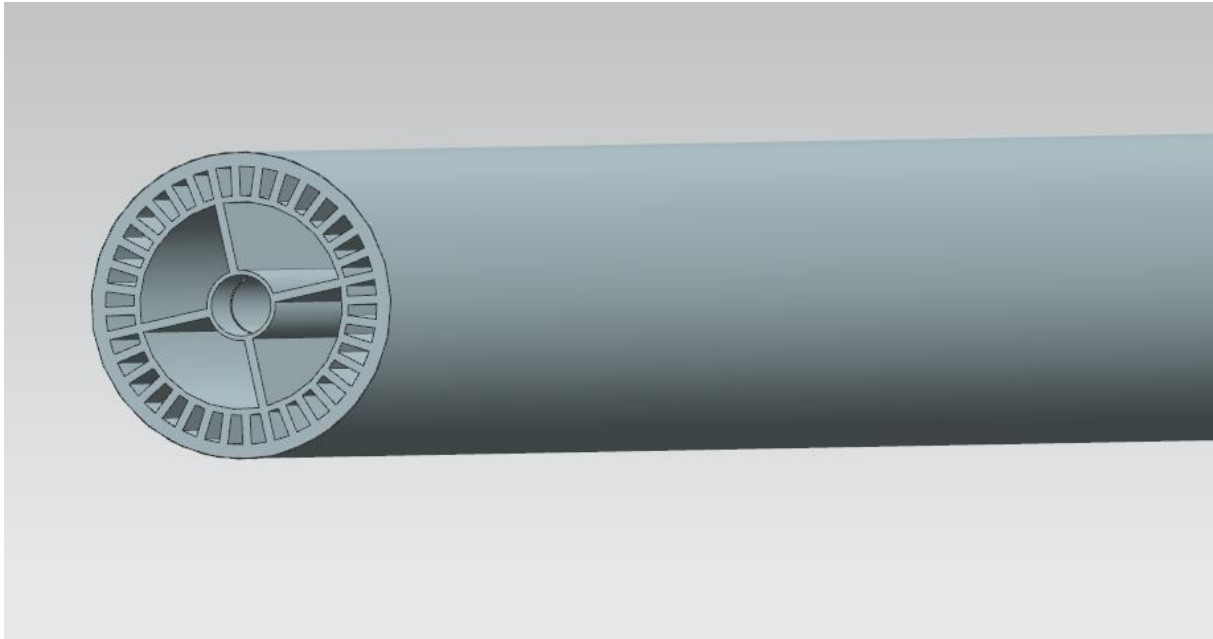
Tento válec tedy odpovídá všem daným kritériím a může být použit v provozu.



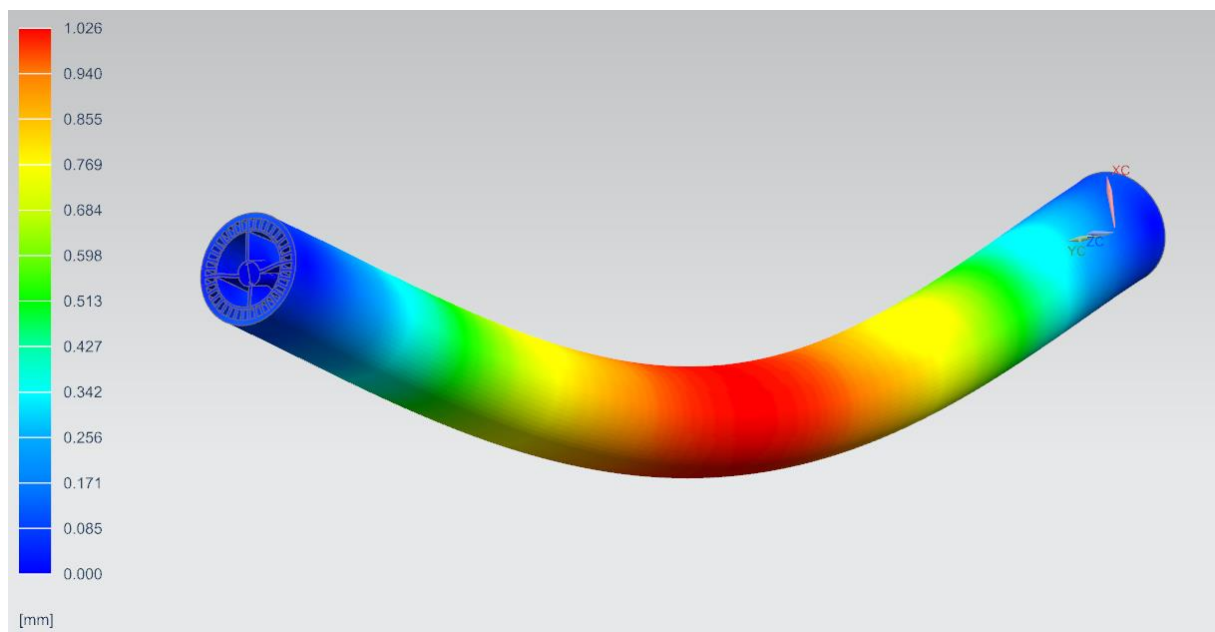
Obrázek 30 - SWOT pro ideální požadovaný a navržený stav [2]

## 10. Zlepšení předběžného návrhu

Námi navržený válec splňuje veškeré požadavky, avšak jeho průměr se zvětšil o 35 mm. To je zapříčiněno změnou materiálu. Jelikož je materiál pevně dán, zmenšení průměru můžeme dosáhnout pouze změnou profilu. Změnou profilu také můžeme dosáhnout úspory materiálu a s tím spojenou celkovou hmotností válce.

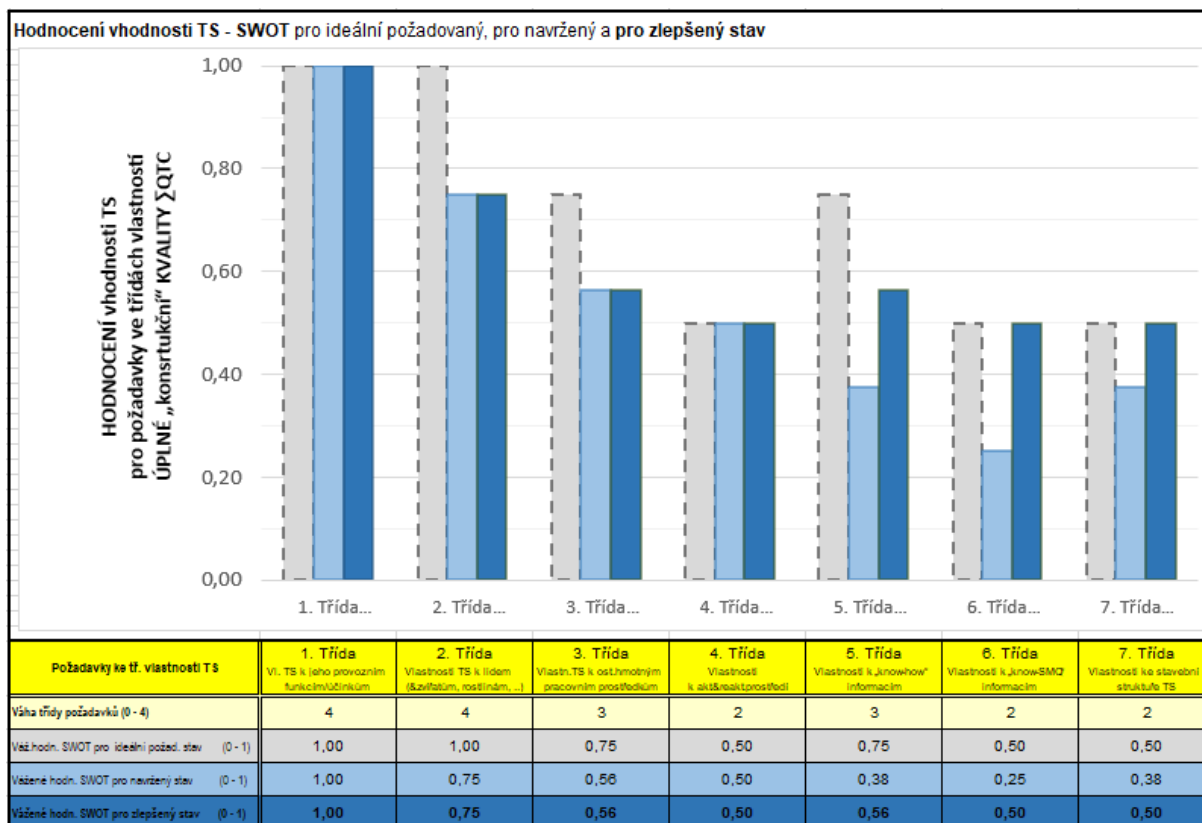


Obrázek 31 - Nový profil válce



Obrázek 32 - Průhyb optimalizovaného profilu

Takovouto změnou profilu jsme dosáhli zmenšení průměru válce z původních 120 mm na 100 mm a zároveň jsme snížili tloušťku stěn ze 4 mm na 3 mm. Jen tloušťka vnějšího válce zůstala stejná jako u původní varianty, tedy 4 mm. Takovouto změnou profilu jsme výrazně snížili použitého materiálu, tím jsme snížili hmotnost a zároveň zmenšili průměr o 20 mm při zachování průhybu válce do 1 mm.



Obrázek 33 - SWOT pro ideální požadovaný, navržený a zlepšený stav [2]

Cílem SWOT analýzy je hledat silné a slabé stránky. Přičemž silné stránky se snažíme posilovat a slabé minimalizovat.

U našeho případu je silnou stránkou tažený profil, který možná půjde ještě zdokonalit. Naopak slabou stránkou je velikost rozpětí dopravovaného zboží a velikosti dopravníků, pro které se bude dodávat pouze jeden válec.

## 10. Hodnocení

Stávající řešení dopravního vratného válce formou svařence s ložisky uzavřenými vevnitř válce bylo předlohou nových variant konstrukčního řešení. Původní provedení mělo však několik nevýhod, které jsme se snažili odstranit. Hlavní závadou byla jednotvárnost používaných dopravníků, kdy i na malé díly se používaly velké dopravníky. Tedy největší požadavek byl kladen na modularitu válce a jednoduchou montáž a demontáž. Tento požadavek splňovali všechny varianty, nejlépe však vyšla varianta B, kde je šířka válce libovolně nastavitelná. U zbylých variant byla šířka dána po jednotlivých úsecích. Dalším velice důležitým aspektem bylo odebrání ložisek zevnitř válce. Ložiska uvnitř svařence se nedala vyndat a trpěla nadměrnou korozí. Z tohoto důvodu byla ložiska umístěna na rám dopravníku do ložiskového domku. Všechny varianty tuto podmínku splnili bez problémů. Poslední důležitou podmínkou byla zdravotní nezávadnost, aby daný profil mohl být použit i do zdravotního průmyslu. Varianta B, jakožto tažený hliníkový profil je zdravotně nezávadný a tudíž může být použit i pro tyto účely. Slitiny hliníku se všeobecně používají i na operačních sálech. S tím souvisí i způsob a obtížnost čištění daného profilu, která by také neměla být nějak obtížná. Zároveň nízká hmotnost hliníků výrazně usnadní práci obsluze při manipulaci, montáži a demontáži s válci. Hliníkový profil má i dobré recyklační vlastnosti, tudíž i při ukončení jeho používání není problém s jeho likvidací.

Zvolená varianta B tedy splňuje veškeré požadavky na vratný válec a podle provedených výpočtů může být bez problémů použit v provozu.

## 11. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo optimalizovat vratný válec dvou pásových dopravníků používaných ve firmě Engel a nahrazení tak stávající varianty, která je provedena formou svařence. Pro optimalizaci byly navrženy 3 varianty, které byli následně zhodnoceny.

Rozhodnutí o nejlepší variantě bylo provedeno na základě jednotlivých požadavků s ohledem na jejich váhu. Nejdůležitějšími aspekty byla modularita, zdravotní nezávadnost, recyklovatelnost a umístění ložisek mimo válec. Jednoznačně nejlepší byla varianta z taženého hliníkového profilu, která splňuje veškeré požadavky. Jedinou nevýhodou byla poměrně vyšší cena, která ale není rozhodující.

Tato varianta byla zkonstruována v CAD systému NX 12.0.1. a následně otestována ve FEM výpočtech, zda daná konstrukce vydrží požadovanou zátěž. S lehkou úpravou profilu jsme dostali vyhovující variantu, která vyhovuje daným požadavkům.

## Reference

- [1] Černocho, Josef. Pásový dopravník [Online, cit. 21.3.2019]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=6052](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6052)
- [2] HOSNEDL, Stanislav., SKŘIVÁNEK, Petr. Specifikace požadavků se základním SWOT hodnocením. KKS/ZKM. Plzeň: ZČU, FST, KKS; v 2019. (elektronická verze) [http://home.zcu.cz/~hosnedl/b\\_ZKM/...](http://home.zcu.cz/~hosnedl/b_ZKM/)
- [3] HOSNEDL, Stanislav. Systémové navrhování technických produktů. KKS/ZKM. Plzeň: ZČU, FST, KKS; v 2016. (elektronická verze) [http://home.zcu.cz/~hosnedl/b\\_ZKM/...](http://home.zcu.cz/~hosnedl/b_ZKM/)
- [4] Interní zdroj ENGEL [online, cit. 18.3.2019]. Dostupné z: [engelglobal.com](http://engelglobal.com)
- [5] KRATOCHVÍL, Michal. Dopravní zařízení [Online, cit. 21.3.2019]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1923>
- [6] SEILER, René. Lehké pásové dopravníky. Brno: Habasit, 1.10.2002
- [7] SKŘIVÁNEK, Petr. Zdvihací zařízení. Plzeň, 2017. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. [Online, cit. 10.5.2019]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/28903>

## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Specifikace požadavků a SWOT hodnocení pro TS [2]



## Příloha 1

Specifikace požadavků a SWOT hodnocení pro TS:			Vratný buben pásového dopravníku						
I. POŽADAVKY na DOMĚNU REFLEKTOVANÝCH (REFLECTED) VLASTNOSTÍ TS			SWOT hodnocení pro navržený stav TS			SWOT hodnocení pro zlepšený stav TS			
Ve fázi rozpracování problému			Po prvním návrhu (pro odpovíd. hodnoty indikátorů vlastností)			Po zlepšením návrhu (pro odpovíd. hodnoty indikátorů vlastností)			
I.a Technické & technologické (Tech&Tg) provozní vlastnosti TS - k PROVOZNI etapě životního cyklu TS									
X Třída vlastnosti   X.Y Podtřída vlastnosti • Vlastnost   - Indikátor vlastnosti (kritérium)	Hodnota (kvantitativní/kvalitativní požad.) indikátoru vlastnosti	Ekvivalentní třída a kvality	Váha	Dosažená třída kvality	Hodnocení vhodnosti	Vážené hodnocení	Dosažená třída kvality	Hodnocení vhodnosti	Vážené hodnocení
<b>1 Třída - Vlastnosti TS k jeho provozním funkcím/účinkům</b>		(0 - ****)	(0 - 4)	(0 - ****)	(0 - 4)	(0 - 1)	(0 - ****)	(0 - 4)	(0 - 1)
<b>1.1 Vhodnost TS pro požadované provozní funkce a účinky</b>									
<b>OPERÁTOR:</b>	Válec	---							
• Vytvořit plochu pro umístění zboží:									
- max. nosnost	25 kg/m								
- délka	max 1,6 m								
• Modularita	vysoká								
• Zdravotní nezávadnost	Požadováno								
Udržba	minimální								
• Prostrdí	hala								
• Smontovatelnost	Jednoduchá								
<b>OPERAND:</b>	Přepřítavované zboží	---							
• parametry zboží									
- max. hmotnost	do 10 kg								
- max. rozměr	max 1,3 m								
		****	4	**	4	1,00	***	4	1,00
<b>PROCES:</b>	Přepřítavované zboží	---							
• Umožnit nakládání a vykládání zboží									
Rychlost	8 m/min								
Dopravovaná vzdálenost	12 m								
• Zabránit vypadnutí zboží	Není potřeba								
<b>1.2. Vhodnost TS k provozuschopnosti - místně, časově</b>									
• Prostrdí a podlaha	betonová podlaha								
• Životnost	5 let								
• Frekvence použití	vysoká								
• Udržba	minimální								
• Provozní náklady	minimální								
• Spolehlivost	vysoká								

I.b Vlastnosti TS k jednotlivým operátorům TrfS - v JEDNOTLIVÝCH ETAPÁCH (!) životního cyklu (LC) TS																		
X Třída vlastnosti • Vlastnost (kritérium)	X.Y Podtřída vlastnosti - Indikátor vlastnosti	Hodnota (kvantitativní/kvalitativní požad.) indikátoru vlastnosti	Ekviv.třída a kvality	Váha	Dosažená třída kvality	Hodnocení vhodnosti	Vážené hodnocení	Dosažená třída kvality	Hodnocení vhodnosti	Vážené hodnocení								
<b>2 Třída - Vlastnosti TS k lidem (&amp; zvířatům, rostlinám, ...) v etapách LC</b>																		
<b>2.1 Vhodnost TS pro hodnoty lidí (&amp; zvířat, rostlin, ...)</b>																		
manipulace		jednoduchá	****	4	*	3	0,75	***	3	0,75								
Smontovatelnost		Jednoduchá																
<b>2.2 Vhodnost TS z hled. zdraví lidí (&amp; zvířat, rostlin, ...)</b>																		
- ostré hrany		nejsou																
- nastavení výšky řídiček		jednoduché																
- čistitelnost, omyvatelnost		vysoká																
- stabilita		vysoká																
- krytí rotujících částí		požadováno																
<b>2.3 Vhodnost TS z hled. příjemnosti pro lidi (&amp; zvířata, rostliny, ...)</b>																		
- tvarový design		uspokojivý																
- barevný design		charakteristický																
- hlučnost		minimální																
- vůně		neutrální																
<b>3 Třída - Vlastnosti TS k ost. hmotným prac. prostředkům v etapách LC</b>																		
<b>3.1 Vhodnost pro dostupné hmotné prac. prostředky</b>																		
• Vhodnost pro konstruování, Tg. a Org. příp. výroby		vysoká	***	3	***	3	0,56	***	3	0,56								
• Náročnost na výrobu a montáž		šmečnická díla																
• Druh výroby		kusová																
<b>3.2 Vhodnost z hled. potřebných nových hmotných prac. prostředků</b>																		
• Skladovací prostor		nutný																
• Manipulace při dopravě a instalaci		ručně																
• Demontovatelnost		jednoduchá																
• Recyklovatelnost		vysoká																

X Třída vlastnosti • Vlastnost (kritérium)	X.Y Podtřída vlastnosti - Indikátor vlastnosti	Hodnota (kvantitativní/kvalitativní požad.)	Ekviv.třída a kvality	Váha	Dosažená třída kvality	Hodnocení vhodnosti	Vážené hodnocení	Dosažená třída kvality	Hodnocení vhodnosti	Vážené hodnocení								
<b>4 Třída - Vlastnosti TS k akt.&amp;reakt. prac. &amp; přír. &amp; vesmír. prostředí v etapách LC</b>																		
<b>4.1 Vhodnost pro působící pracovní &amp; přírodní &amp; vesmírné prostředí</b>																		
• Odolnost proti korozi		vysoká	***	2	**	4	0,50	***	4	0,50								
<b>4.2 Vhodnost z hled. působení na pracovní &amp; přírodní &amp; vesmírné prostředí</b>																		
• Ekologičnost použitých materiálů a procesů		výhradně																
• Potřeba materiálů a energií		minimální																
• Množství odpadových materiálů a energií		minimální																
<b>5 Třída - Vlastnosti k „know-how“ informacím (dostup. &amp; vyvol. odb. inf.) v et. LC</b>																		
• Další předpisy a normy (včetně bezpečnosti)		dodržení	***	3	*	2	0,38	***	3	0,56								
• Výrobní a montážní dokumentace		standardní																
• Návody k obsluze, údržbě a opravám		požadováno																
<b>6 Třída - Vlastnosti k „know-SMQ“ informacím (legislativa, trh, ...) v etap. LC</b>																		
<b>6.1 Vhodnost pro „konstrukční situace“ z hledisek managementu</b>																		
• Patentová a licenční práva		dodržení	***	2	*	2	0,25	*	4	0,50								
<b>6.1 Vhodnost z hled. Manažerských kritérií hodnocení konstrukce</b>																		
Náklady		Minimální																

II. POŽADAVKY na DOMÉNU VKONSTRUOVANÝCH (EMBEDED) VLASTNOSTÍ TS NEZÁVISLE na etapách životního cyklu TS					SWOT pro navržený stav TS			SWOT pro zlepšený stav TS				
Ve fázi rozpracování problému					Po prvním návrhu (pro odpovíd. hodnoty indikátorů vlastností)			Po zlepšení návrhu (pro odpovíd. hodnoty indikátorů vlastností)				
X Třída vlastnosti • Vlastnost (kritérium)	X.Y Podtřída vlastnosti - Indikátor vlastnosti	Hodnota (kvantitativní/kvali- tat.pozad.)	Ekvív.tříd a kvality	Váha	Dosažená třída kvality	Hodnocen í vhodnosti	Vážené hodnocení	Dosažená třída kvality	Hodnocení vhodnosti	Vážené hodnocení		
<b>7 Třída - Vlastnosti ke stavební struktuře TS</b>					(0 - ****)	(0 - 4)	(0 - ****)	(0 - 4)	(0 - 1)	(0 - ****)	(0 - 4)	(0 - 1)
<b>7.1 Reaktivní („obecné“) konstrukční vlastnosti TS</b>												
• Odolnost povrchů proti poškození		vysoká										
• Odolnost při manipulaci		vysoká										
• Odolnost při montáži		vysoká										
<b>7.2 Definiční („elementární“) konstrukční vlastnosti TS</b>					**	<b>2</b>	***	3	0,38	**	4	0,50
• Spojovací prvky		normalizované										
<b>7.3 Znakové konstrukční vlastnosti („charakteristiky“) TS</b>												
• Funkční princip:		h. s elektr. pohc										
• Typ ovládání		Automatizovaný										