

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Separátor plastových dílů

Autor: **Bc. Marek Bár**

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

Akademický rok 2018/2019

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek BÁR**

Osobní číslo: **S17N0006P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Separátor plastových dílů**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Navrhněte koncepční varianty zadaného separátoru plastových dílu společnosti ENGEL strojírenská spol. s.r.o. a vyberte sub-optimální řešení separátoru podle více hledisek. Navrhněte konstrukční řešení pro vybranou sub-optimální variantu a proveďte její pevnostní analýzu. Optimalizujte výrobní náklady.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Uvedení do problematiky, rešerše dosavadních řešení.
2. Specifikace požadavků, komplexní analýza a hodnocení dosavadních řešení.
3. Návrh variant koncepčního řešení, hodnocení a výběr sup-optimální koncepce řešení.
4. Vypracování konstrukčního návrhu ve 3D CAD pro vybranou koncepční variantu.
5. Komplexní hodnocení návrhu s využitím výpočtů namáhání a deformací jeho kritických částí. Shrnutí a závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

EDER, W. E., HOSNEDL, S. *Introduction to Design Engineering: Systematic Creativity and Management..* Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2010

HOSNEDL, S. *Systémové konstrukční navrhování technických produktů. Podklady k přednáškám a projektům KKS/ZKM..* Plzeň: ZČU, FST, KKS. 2018.

<https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kks/zkm/studijni-materialy.html>

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra 1..* Praha: Computer Press, 1999


HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra 2..* Praha: Computer Press, 2000

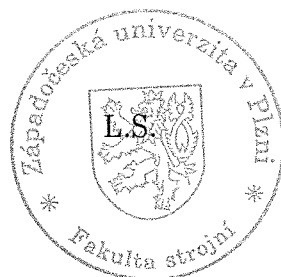
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

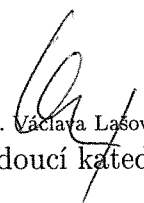
Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Stanislav Hosnedl, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Zbyněk Swaczyna**
Engel strojírenská s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2019**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Bár	Jméno Marek	
STUDIJNÍ OBOR	„Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) prof. Ing. Hosnedl, CSc.	Jméno Stanislav	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Separátor platových dílů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	92	TEXTOVÁ ČÁST	85	GRAFICKÁ ČÁST	7
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>V diplomové práci se zabývám návrhem separátoru plastových dílů pro firmu ENGEL. Návrhem celé sestavy včetně dopravníku a jiných důležitých konstrukčních uzlů. Nejdříve jsou posouzena současná řešení firmy, poté vyhodnoceny vlastní návrhy, a nakonec vybrána nejvhodnější varianta dle požadavků. Závěrem je sestava ověřena pevnostním výpočtem pomocí MKP. Částečně je ověřena i kvalita separace. Ke konstrukci modelů je používán software NX 12.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Vstřikolis, separátor, plastový díl, bezpečnost, design, technický systém, sestava, dopravník, konstrukce, výpočet, dimenzování, ENGEL s.r.o., rám, elektromotor, hřídel</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Bár	Name Marek	
FIELD OF STUDY	“Transport vehicles and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) prof. Ing. Hosnedl, CSc.	Name Stanislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Separator of plastic parts		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	92	TEXT PART	85	GRAPHICAL PART	7
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	In the diploma thesis, there I deal with the design of the separator of plastic parts for the ENGEL company. I deal with design of the whole assembly, including the conveyor and other important structural components. At first, the company's current solutions are assessed, then the proposals are evaluated and in the end, there has been chosen the best option according to requests. In conclusion, the report is verified by the strenght calculation using FEM. The quality of the separation is also partially verified. During the construction of models, there was used the software NX 12.
KEY WORDS	Injection molding, separator, plastic part, safety, design, technical system, assembly, conveyor, construction, strenght calculation, dimensioning, ENGEL s.r.o., frame, electric motor, shaft

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce prof. Ing. Stanislavu Hosnedlovi, CSc. za vstřícný přístup a Ing. Zbyňku Swaczynovi za poskytnutí podkladů a nápady při řešení této práce.

Obsah

Obsah	8
Seznam důležitých zkratk a akronymů	10
Seznam grafických symbolů	10
Úvod	13
ENGEL strojírenská spol. s r. o.	14
I. ROZPRACOVÁNÍ PROBLÉMU	15
1. Vyjasnění zadání	15
2. Rešerše nejčastějších typů separátorů	16
2.1. Bubnový separátor.....	16
2.2. Šnekový separátor	18
2.3. Lopatkový separátor	19
2.4. Vibrační separátor.....	20
3. Specifikace požadavků na technický systém	21
4. Rozbor současných řešení firmy ENGEL	28
5. Časový harmonogram řešení problému	30
5.1. Studie proveditelnosti.....	30
5.2. Strategie řešení	31
5.3. Časový harmonogram řešení zadaného TS.....	31
II. KONCEPČNÍ NÁVRH	32
6. Návrh funkční struktury TS	32
6.1. Návrh transformačního procesu TS.....	32
6.1.1. Černá skříňka transformačního procesu TS	32
6.1.2. Technologická podstata provozního technického transformačního procesu technického systému	33
6.1.3. Provozní technický transformační proces TS	34
6.2. Návrh funkční struktury technického systému	35
7. Návrh orgánové struktury	37
7.1. Navržení orgánů pro funkční strukturu TS.....	37
7.4. Shrnutí jednotlivých variant	38
7.4.1. Varianta A.....	39
7.4.2. Varianta B.....	40
7.4.3. Varianta C.....	41
7.4.4. Varianta D	42
7.4. Vyhodnocení variant orgánové struktury.....	43
7.4.1. Q-T-C diagram s hodnocením navržených variant	44
7.4.2. Prediktivní SWOT a rizikové (SWOT&R) hodnocení předpokládané hrubé stavební struktury	45
III. KONSTRUKČNÍ NÁVRH	46
8. Hrubý konstrukční návrh stavební struktury	46
8.1. Dopravník	47
8.2. Hřídel a lopatky separátoru	49
8.2.1. Lopatky	50
8.3. Návrh motoru	51
8.4. Frekvenční měnič.....	54
8.5. Návrh pojistné spojky.....	56
8.6. Návrh uložení hřídele s lopatkami	58

8.8. Sestava hnacího ústrojí	63
8.9. Sestava rámu a dopravníku	66
8.10. Usměrňovač separovaných dílů	67
8.11. Sekundární separace	67
9. Prediktivní zpracování a design celé sestavy TS.....	69
10. Prediktivní validace pevnosti a tuhosti konstrukce pomocí MKP	70
10.1. Výsledky prediktivního výpočtu pomocí MKP.....	73
11. Finální zpracování a design celé sestavy TS	79
12. Závěr	81
Bibliografické citace použitých publikací a informační zdroje	82
Seznam obrázků	83
Seznam Tabulek	84
Seznam Grafů	85
Seznam příloh	85

Seznam důležitých zkratek a akronymů

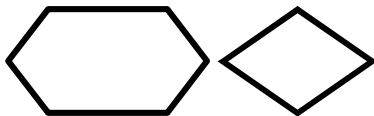
MKP	metoda konečných prvků
CAD	2D a 3D počítačové projektování
ČSN	česká technická norma
EN	evropská norma
LC	životní cyklus
NX	CAD systém
TS	technický systém

Seznam grafických symbolů



- Proces, transformační proces (TrfP)

Soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících **činností** (příp. strukturovaných do pod-procesů, operací a kroků), které **přeměňují dostupné vstupy procesu / TrfP na požadované výstupy** (také **pod-proces** nebo **operace procesu/TrfP**).



- Rozhodovací proces

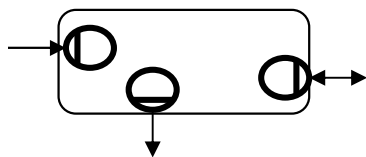
(v procesu, vč. TrfP)

Soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících **činností** (příp. strukturovaných do pod-procesů, operací a kroků), které na základě **hodnocení vstupů** vygenerují jednu z možných **alternativ výstupu**.



- Operátor (Op) v transformačním systému (TrfS)

Přeměňující M, E, I, příp. L **objekt** (hmotný i nehmotný objektový systém) / prostředek.
(při nedostatku místa i jen jeho **název** u symbolu účinku)



- Receptor (Rec), efektor (Eff) tech. systému (TS)

(hraniční prvky TS obecně)

Prvky zprostředkující M, E, I **vstupy a výstupy TS s TS** (také s **operátorem**, obecně s **objektovým systémem** (objektem))



- Funkce (Fu) technického systému (TS)

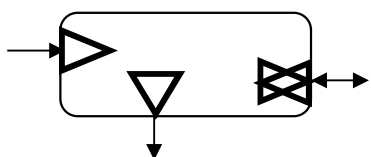
Schopnost abstraktního orgánu nebo konkrétního stavebního orgánu technického systému (TS) pracovat

(vyjádřená **infinitivem**), např.:

= činná funkce: otáčet, chladit, držet, ...

= pasivní funkce: otáčení -, chlazení -, držení -, ... umožnit

Funkce na výstupu operátoru vyjadřuje jeho schopnost docílit požadovaný účinek, tj. **funkci operátoru!**



- Hraniční funkce (RecFu, EffFu) tech. systému (TS)

(hraniční prvky funkční struktury TS)

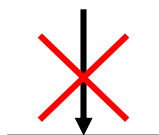
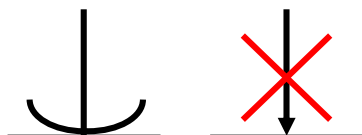
Zprostředkující funkce M, E, I **vstupů a výstupů s TS:**

Funkce receptoru („vstupní“) - vlevo

Funkce efektoru („výstupní“) - uprostřed

Funkce receptoru-efektoru („obousměrná“) - vpravo

(receptory a efektoru nemusí být umístěny na fyzických hranicích TS!)



- **Účinek (Ef) (efekt) operátoru (Op) na operand (Od)**

(symbol přiřazený k symbolu Op dotýkající se symbolu TrfP, protože transformovaný Od nelze ve všech jeho stavech zobrazovat)

Výstup(y) operátoru M, E, I (aktivní nebo reaktivní) podílejší se

(v celém průběhu příslušných procesů, vč. transportu, skladování, apod., spolu s výstupy ostatních operátorů a prostřednictvím technologie)

na transformaci operandu v hlavním transformačním procesu (vyjadřovaný podstatným jménem slovesným), např.:

= činný účinek: otáčení, chlazení, držení, přemístění, ...

= pasivní účinek: umožnění otáčení, - chlazení, - držení, - přemístění, ..

Symbol pro účinek **může implicitně zahrnovat i procesní působení** operátoru na konverzi asist. objektů v asist. procesech TrfP (viz níže).

Vzhledem ke **klíčovému významu transformačních účinků** operátoru je **doporučeno NEPOUŽÍVAT SYMBOL a POJEM „ÚČINEK“** pro výše uvedená (analogická) **působení operátoru** ani pro další **vzájemná působení objektových systémů** (objektů),

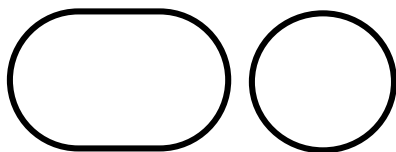
ale **POUŽÍVAT** v těchto případech pouze níže uvedený obecný **SYMBOL a POJEM „PŮSOBNÍ“** !

- **Operand (Od) transformačního procesu (TrfP)**

Přeměňovaný M, E, I, příp. L **objekt** („objektový systém“ jako množina přeměňovaných M, E, I, L objektů ve stavech mezi vstupem a výstupem)

(při nedostatku místa jen název a stav operandu u symbolu jeho vstupu/ výstupu)

(také **abstraktní orgán, abstraktní prvek stavební struktury** příp. také abstraktní obecný hmotný nebo nehmotný objekt)



- **Působení (Ac) (action) operátoru (Op)**

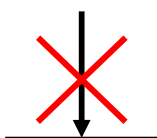
(symbol přiřazený k symbolu Op, tj. ke „zdrojovému objektu působení“, dotýkající se symbolu hranice „cílového objektu působení“)

Působení (action) operátoru (činné nebo pasivní) **(A.)** na (kontaktní nebo i procesní!)

(Aa.) spojení s nosným („uzemněným“) **objektovým systémem** (objektem) (nebo se zprostředkujícím objektem s ním spojeným), nebo **(Ab.) na spojení s neseným**

objektem, nebo (B.) procesní působení na konverzi asist. M, E, I objektů v asist. proc. TrfP.

(také vzájemné **působení operátorů mezi sebou, mezi jejich vlastními prvky,** nebo i obecně M, E, I **působení objektu na jiný objekt**)



- **Hranice nosného/neseného systému operátoru/em (Op)**

Zóna spojení (s operátorem) (ad Aa.) na **nosném** („uzemněném“) **hmotném**

objekt. systému (objektu) (nebo na hmotném objektu s ním spojeným) **(vlevo),** nebo (ad Ab.) na **neseném hmot. objektu (vpravo).**

(zóna nemusí být umístěna na fyzických hranicích nosného, zprostředkujícího nebo neseného hmotného objektu !)





- **Vstup / výstup** procesu, operátoru

Místo (podle potřeby) a **směr** M, E, I, příp. L působení **vstupu do / výstupu z procesu nebo operátoru**

(ve spojitosti s TrfP však není tento symbol obecně zároveň symbolem operandu ve vstupním / výstupním stavu !)

(obecně **vektor**)



- **Vlastnost (Pr)** (vč. funkcí) technického systému (TS)

Znak, charakteristika, atribut, apod., který TS z nějakého **inherentního** hlediska, vč. jeho chování, charakterizuje.

(**pojem vlastnost** se vztahuje i na **transformační proces (TrfP)**

a obecné **objektové** hmotné i nehmotné **systemy** (objekty),

uvedený **symbol se** však u nich obecně **nepoužívá**)

[8]

Úvod

Tato diplomová práce je zaměřena na konstrukci a následnou optimalizaci separátoru plastových dílů od společnosti ENGEL. Po krátkém shrnutí základních informací o firmě a rešeršní části o separátorech vtokových soustav a separátorech jako takových bude následovat rozpracování zadaného problému. V prvních odstavcích je definovaná specifikace požadavků na konstruovaný technický systém, tyto specifikace byly zadány zadavatelem již před začátkem této práce. V závěru prvního bodu osnovy se nachází také podrobný harmonogram s důležitými body strategie řešení.

Ve druhé části se zabývám několika koncepčními variantami funkční a orgánové struktury zadaného technického systému. Veškeré představené varianty budou podle dané strategie a důležitosti obodované a vyhodnocené. Z této selekce vychází pouze jeden typ konstrukce, jako konstrukce sub-optimální a touto koncepcí se práce zabývá podrobně. Nejdříve hrubou stavební strukturou a postupně se řešení týká až úplné stavební struktury zadaného separátoru.

V posledních kapitolách této práce je provedeno komplexní zhodnocení vypracovaného návrhu. Zhodnocení je provedeno s ohledem na vypočtené výsledky namáhání a deformací pomocí MKP. Výsledkem závěru je vyhodnocení míst s maximálním zatížením a případně slabých konstrukce jako celku.

ENGEL strojírenská spol. s r. o.

Společnost ENGEL je společnost s ručením omezeným, ve 100% rodinném vlastnictví. Podnik založil roku 1945 pan Ludwig Engel, z jeho příjmení je patrný i vznik názvu tohoto podniku. ENGEL je jedním ze světových lídrů v oblasti výroby od vstřikovacích lisů přes dopravníkovou techniku, až po rozvaděče hotových výstřiků. Firma ENGEL má 9 výrobních závodů po celém světě, 9 sídel leží v Evropě, Severní Americe a Asii. Pobočky a zastoupení má společnost ve více než 85 zemích po celém světě a její roční obrat čítá přes 1,51 miliardy eur ročně. Aktuálně ENGEL zaměstnává přes 6600 zaměstnanců celosvětově a nadále rostou. České obchodní zastoupení sídlí v Praze a výrobní závod se nachází v Kaplici, která leží v jihočeském kraji.



Obrázek 1 - Výrobní závod v Kaplici [3]

Výroba v Kaplici byla otevřena roku 2009, z toho vyplývá, že se jedná o nejmladší výrobu společnosti na světě. Česká výrobní pobočka vyrábí především komponenty a příslušenství ke vstřikovacím lisům. Kaplický závod vyrábí zejména dopravníky, rozvaděče, rozdělovače, zdvihací zařízení a v neposlední řadě také separátory plastových dílů, kterých se týká tato práce. V Kaplici pod značkou ENGEL v současné době pracuje již skoro 1000 zaměstnanců a strategie výrobního závodu v Kaplici je nadále růst a zvyšovat počet zaměstnanců.

Protože s plastovými výstřiky nebo chcete-li výrobky se dnešní společnost setkává v širokém spektru napříč všemi výrobami. Mezi zákazníky společnosti ENGEL patří největší světoznámé značky hračkářského, automobilového, elektrického a také farmaceutického průmyslu. První vyrobený rozdělovač v Kaplickém závodě, byl vyroben pro dánskou firmu LEGO.

I. ROZPRACOVÁNÍ PROBLÉMU

1. Vyjasnění zadání

Separátory plastových dílů slouží k oddělení výrobků vyrobených pomocí vstřikovacích lisů a jejich vtokových soustav. Existuje několik druhů a technologií, jakým způsobem tyto vtoky vhodně separovat. Příklad konkrétního separátoru je uveden pod tímto odstavcem.



Obrázek 2 - Separátor vtoků [12]

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a optimalizací nové koncepce separátoru plastových dílů pro různé velikosti výrobků. Umístění zařízení může být provedeno přímo uvnitř vstřikovacího lisu nebo samostatně mimo něj. Cílem by ale mělo být, aby zástavbové rozměry, hmotnost, a především výrobní náklady byly co nejnižší. Dalším důležitým faktorem je, že pokud se bude jednat o separátor umístěný mimo vstřikovací lis, tak musí být zajištěno maximálně snadné manipulování se strojem a případné přenastavení na jinou velikost separovaných dílů.

Zástavbové rozměry se liší dle přání zákazníka, a především dle výrobní dávky. Tedy záleží na způsobu výroby výstřiků, a také na velikosti separované dávky. Tím se myslí, že pokud budeme najednou separovat dávku 100 kusů nebo např. 1000 tak nastavení a konstrukce bude vypadat diametrálně jinak. Dále je možné, že u separátoru v případě zaseknutí výstřiku nebo nahodilého problému, bude vyžadován zásah obsluhy. Z toho vyplývá, že stroj musí být dobře přístupný, bezpečný a maximálně ergonomický. Nastavení na jinou velikost separovaných dílů musí být jednoduché a především rychlé, s minimálním trváním odstávky výroby. Pokud budeme separovat větší dávky z nějakého těžšího plastu, musí být konstrukce dostatečně tuhá. Za zmínku stojí i vibrace, které může stroj způsobovat a v neposlední řadě jeho hluk.

2. Rešerše nejčastějších typů separátorů

V této kapitole se zaměřím na nejčastější typy separátoru vtokových soustav. Bude se jednat o analýzu současného trhu. Budou zde zmíněné výrobky od různých firem a různých výrobců. Specifikace jejich výhod, nevýhod a možnosti využití. Tato rešerše by měla být vodítkem k výslednému návrhu, který vzejde z této práce. Nejznámějšími druhy separátorů jsou separátory bubnové, šnekové, lopatkové a vibrační.

2.1. Bubnový separátor

Bubnový separátor jako takový má jednu z nejvyšších účinností separace. Má vysokou životnost a minimální poruchovost, spolehlivost tohoto typu separátoru je tedy poměrně vysoká. Jeho funkce spočívá v tom, že do bubnu nasypeme směs vtoků a výstřiků, které chceme separovat. Často bývá z důvodu bezpečnosti a jednoduchosti obsluhy opatřen ještě násypkou pro separovaný materiál. Plochu separátoru a jeho separační schopnosti je možné ve velkém rozsahu měnit. Nabízí se možnost měnit úhel sklonu bubnu jeho délku a také rozestupy jednotlivých žebér, pokud je buben konstruován tak aby tuto schopnost měl. Takovéto přenastavení vyžaduje spoustu času a je problematické ustavit na válcové ploše žebra klece v plovoucích drážkách do stejných a pravidelných poloh. Válečky klece bývají zpravidla kovové z důvodu vyšší pevnosti a současně z důvodu snížení hluku bývají pogumované nebo případně pokryté tenkou vrstvou plastu. Ucpávání bubnového separátoru se předchází tím, že válečky klece konají samostatně ještě protiběžný rotační pohyb kolem vlastní osy. Jejich provedení může být různé, nejčastější bývá provedení otloukácí nebo děrované. Záleží na konkrétním způsobu použití a na typu separovaného materiálu. Na obrázcích níže můžeme vidět jak otloukácí, tak děrovaný bubnový separátor. Separátor pohání elektromotor, často obsahuje i různé převody pro široké spektrum nastavení rychlostí otáčení.



Obrázek 3 - Bubnový separátor vtoků (otloukácí) [1]

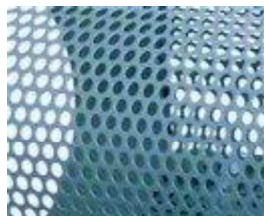
Speciální typ separačního bubnu pro separování například plastových dílů od vtoků, které mají stejnou výšku, ale jejich plocha je rozdílná. Vhodný je rovněž pro separování lisovaných dílců a odřezků z lisování. Malé díly přitom propadávají otvory, větší díly jsou dopraveny k výstupu bubnu. Výšku a sklon bubnu je možné plynule nastavit. [4]



Obrázek 4 - Bubnový separátor (děrovaný) [4]

Výhody:

- Výšku a sklon bubnu je možné snadno a plynule nastavit
- Kvalitní a výkonné motory s planetovou převodovkou a velkým krouticím momentem pro konstantní nebo plynule nastavitelné otáčky bubnu
- Otočný vstupní skluz s tlumící podložkou z polyamidu
- Plechy krytu a funkční plechy z eloxovaného hliníku nebo pozinkované oceli (na přání V2A)
- Klec bubnu je možné snadno vyměnit
- Stabilní, galvanicky pozinkovaný podstavec se dvěma podpěrami a čtyřmi říditelnými kolečky



[4]

2.2. Šnekový separátor

Šnekovým separátorem lze separovat různé velikosti vtoků a výlisků. Principiálně nejdůležitější částí stroje je separační šnek resp. šnekový válec. Jeho pohon je opět zajištěn elektrobubnem nebo elektromotorem s převodovkou. Separátory s převodovkou, jsou ve většině případů větší a výkonnější. Převodovka slouží k tomu abychom mohli nastavovat různé otáčky šneku, podle množství a složitosti separace daného materiálu. Separovaný materiál je posouván šnekem ve směru jeho vlastní osy. Stoupání šroubovice odpovídá úměrně velikosti separovaných dílů, a to z důvodu, aby nedocházelo k ucpávání šneku. Pro šnekový separátor je limitní nastavení mezery mezi vaničkou a šnekem. Tímto způsobem ovlivňujeme velikost separovaného výlisku. Výlisek touto štěrbinou propadne, kdežto vtok je dále unášen separátorem, až na jeho konec, kde pak odpadne do předem připravené nádoby. Úhel náklonu vaničky je pro funkci separátoru neméně důležitý, pokud by byl příliš malý, výlisky by se hromadily pod šnekovým válcem, a to by mohlo způsobit jejich poničení, případně i poničení šneku samotného. Šnekový separátor je citlivý na velikost separované dávky a nastavení.



Obrázek 5 - Šnekový separátor vtoků [10]

2.3. Lopatkový separátor

Lopatkový separátor pracuje obdobně, jako separátor šnekový. V tom smyslu, že záleží na šířce mezery mezi pásovým dopravníkem a lopatkami. Dávka separovaného materiálu se umístí na pásový dopravník, kdy je dopravována směrem k šikmě uloženým lopatkám. V tomto případě se lopatky nastavují na tloušťku vtoků. Kdy vtoková soustava pokračuje bez problémů po pásovém dopravníku pod lopatkou dále. Výlisky jsou zachyceny lopatkami a posouvány ve směru jejich náklonu směrem k připravené nádobě. Nevýhoda tohoto separátoru nastává v případě, kdy jsou výlisky velikostně blízké tloušťce vtokových soustav. V tomto případě není možné efektivně filtrovat a separovat vtoky od výlisků. Cena tohoto separátoru je řádově vyšší, protože je nutné k němu vlastnit i pásový dopravník.



Obrázek 6 - Lopatkový separátor [11]

2.4. Vibrační separátor

Separování vtoků tímto druhem separátoru probíhá pomocí vibrační desky od vstupu do výstupu. Deska má opět určitý úhel sklonu směrem k výstupu. Pomocí vibrací dochází k posuvu celé separované dávky směrem k výstupu. Pod separátorem bývá velký zásuvný box, protože deska separátoru obsahuje několik otvorů po celé šířce a několik řad těchto otvorů. Tím dochází k tomu, že odseparované díly nepropadávají deskou na stejné místo, ale libovolným otvorem. Počtem otvorů, ovlivňujeme velikost možné separační dávky vtoků a výstřiků. Vibrační separátor patří svou spolehlivostí a účinností k těm nejlepším druhům separace vůbec. Vibrační separátor vyžaduje složitější konstrukci z důvodu přenášení vibrací do okolí a eliminování vlastních frekvencí, a tedy rezonance svých komponent a věcí v jeho těsné blízkosti. Nevýhodou tohoto druhu separace je řádově vyšší pořizovací cena, a to právě z důvodu složitější konstrukce a uložení desky samotné. Nejčastěji je toto uložení řešeno podobně, jako uložení motoru v karoserii automobilu, tedy pryžovými silentbloky. Na obrázku níže jsou vidět vtoky a výstřiky při cestě po vibrační desce. Výlisky tedy propadávají deskou dolů, kdežto vtoky pokračují dále.



Obrázek 7 - Vibrační separátor

3. Specifikace požadavků na technický systém

Specifikace požadavků slouží jako vodítko, které bude rámcem pro celou tuto diplomovou práci. Požadavky jsou dané zadavatelem úkolu a je tedy důležité, je v co možná nejvyšší míře dodržet. Požadavky budou hodnocené a rozdělené do několika kategorií. Jednotlivé kategorie jsou rozděleny a uspořádány v přehledné tabulce níže. Obsahují informace provázející technický systém po celou dobu jeho životnosti. Zkráceně tedy provází technický systém od fáze plánování přes návrh, až do jeho dokončení a distribuce zákazníkovi. Tento přehled je nutné vytvořit ještě před započítáním konkrétního řešení, aby měl autor z čeho vycházet. Jednotlivé měřitelné parametry jsou bodovány důležitostí od 0 pro minimální význam, až po 4 body, které znamenají striktní hodnotu pro konstrukci. Specifikace požadavků může být v průběhu řešení se souhlasem vedoucího řešitele aktualizována nebo změněna, pokud je výrobek v takové fázi, že je to stále možné bez nutnosti vypracovat novou studii. Vypracování specifikace požadavků může být zefektivněno pomocí softwaru pro porovnání jednotlivých parametrů a vybrání sub-optimálního řešení daného problému.

Tabulka 1 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 1

Požadavky na zakázku technického systému			
k posuzované kvalitě, dodací době a dodacím nákladům			
1.1a	Vhodnost TS_(s) pro požadované transformační a konverzní funkce OPERÁTORU TS (příp. jeho části), zde pro:		
Separátor plastových dílů			
- Separovat vtokové soustavy a výlisky			
- Udržet kvalitu separace			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Prov.	Rozsah naklonění separátoru	min.<0° až +15°>	4
Prov.	Rozsah vzdálenosti separátoru od podlahy	< 600 až 1000 > mm	3
1.1b	Vhodnost TS(s) pro požadované transformační účinky na transformovaný OPERAND (příp. působení na konverzi asist M, E, I v TrfP) zde na:		
Směsná dávka vtoků a výlisků => Separované výlisky a vtoky			
- Vhodné rozměry pro požadovanou separaci			
- Vhodnost pro požadované tvary výlisků			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Prov.	Rozsah separovaných výlisků	10-80mm v jedné ose	4
Prov.	Maximální hmotnost separované dávky	20 kg	4
Prov.	Tvary výlisku	běžné bez omezení	4
Prov.	Max. teplota výlisku	cca 200°C	3

Tabulka 2 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 2

1.2			
Vhodnost TS(s) pro provoz v požadovaném MÍSTĚ (vč. příp. nosného TS): • Základ/nosný TS, • M,E,I připoj.k zákl./nosnému TS, • Pořeba místa, Prac. prostředí, apod.			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Prov.	Druh základu	Betonová podlaha	3
Prov.	Maximální zástavbové rozměry	Nejsou dány	4
Prov.	Max. hmotnost	150 kg	2
Prov.	Způsob připevnění k základu (příp. nosnému TS)	Pryžové silentbloky, pružiny	4
Prov.	Provozní prostředí	Výrobní hala	2
Prov.	Odolnost pracovních ploch proti opotřebení	Velká	3
Prov.	Tepelná odolnost, zejm. pracovních ploch TS	Dobrá	2
1.3			
Vhodnost TS(s) pro provoz v požadovaném ČASOVÉM rozmezí: • Životnost, • Četnost použití, • Spolehlivost, apod.			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Prov.	Doba provozování	min. 5 let	4
Prov.	Intenzita/frekvence používání	velká	4
Prov.	Stupeň spolehlivosti	velký	3
1.4			
Vhodnost TS(s) pro požadované ASSISTENČNÍ procesy pro operátory: • Zaškolení obsluhy, • Údržba, • Opravy, apod.			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Prov.	Náročnost na údržbu, opravy, apod.	velmi malá	4
Prov.	Náročnost na vzdělání obsluhy	minimální	2
Prov.	Rychlost přenastavení	dobrá	3
Prov.	Rychlost při přenosu na jiné místo	dobrá	3
2.1.			
Vhodnost TS(s) pro hodnoty lidí, zvířat, apod., např. pro soulad s jejich: • Životními, • Sociálními, apod. hodnotami (v postojích, zvyklostech, ...)			
Všechny	Zapojení těles. postiž. osob do vývoje a výroby	dobré	2

Tabulka 3 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 3

2.2. Vhodnost TS_(s) z hled. života, zdraví člověka, zvířat, apod. : • Bezpečnost (pro živé bytosti!), • Hygieničnost, • Ergonomičnost, apod.			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Výr.	Zdravotní nezávadnost materiálů TS	velmi vysoká	4
Výr.	Zdravotní nezávadnost asistujících materiálů pro výrobu	velmi vysoká	4
Výr.	Ergonomie tvarů ručně dotýkaných ploch	velká	2
Výr.	Hmotnost ručně manipulovaných polotovarů/dávek dílů	max. hodn. daná normou	3
Distr.	Hmotnost ručně manipulovaných polotovarů/dávek dílů	max. hodn. daná normou	3
Distr.	Bezpečnost proti poranění (ostré hrany, úzké otvory, ap.)	velmi vysoká	4
Distr.	Ovládací síly při distribuci	max 800 N	3
Prov.	Stabilita TS proti převržení	velmi vysoká	3
Prov.	Spolehlivost jištění proti nežád. pohybům výlisků	velmi vysoká	4
Prov.	Stabilita TS proti převržení	velmi vysoká	4
Prov.	Přístupnost k separátoru ze všech stran	jednoduchá	2
Prov.	Bezpečnost proti poranění (ostré hrany, úzké otvory, ap.)	velmi vysoká	4
Prov.	Povrch ovládacích prvků TS	protiskluzový	2
Prov.	Zdravotní nezávadnost materiálů TS	velmi vysoká	4
Prov.	Zdravotní nezávadnost asistujících materiálů pro TS	velmi vysoká	4
Prov.	Ergonomie tvarů ručně dotýkaných ploch	velká	2
Prov.	Max. ovládací síly	200 N	2
Likv.	Σ negativních účinků likvidace TS na zdraví člověka	velmi malá	3
2.3. Vhodnost TS_(s) z hled. příjemnosti pro člověka & ost.živ.bytosti: • Vzhled, • Hlučnost, • Pach, • Hmat, • Chuť ..(příjemnost pro zrak, sluch, hmat, čich, chuť, pocity, ...).			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Výr.	Σ negativních účinků TS na smysly&vnímání člověka při výrobě	velmi malá	2
Distr.	Σ negativních účinků TS na smysly&vnímání člověka při distribuci	velmi malá	2
Prov.	Tvarový design	standardní	3
Prov.	Barevný řešení	standardní	2
Prov.	Σ negat. účinků na smysly&vnímání člověka při provozu	velmi malá	2
Likv.	Σ negat. účinků na smysly&vnímání člověka při likvidaci	velmi malá	3

Tabulka 4 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 4

3.1.	Vhodnost TS(s) pro dostupné hmotné pracovní prostředky: • Kompatibilita s dostupnými a spoluprac. hmot. prac. prostředky (tj. "technologičnost"), apod.		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Všech.	Náročnost na existující TS & Tg	standardní	4
3.2.	Vhodnost z hled. potřeb nových hmotných pracovních prostředků: • Optimální náročnost na nové hmot. prac. prostředky (dostupnost, nenákladnost, ...), apod.		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Všech.	Náročnost na nové vývojové TS & Tg (vč.kooper.)	žádná	4
4.1.	Vhodnost TS(s) pro působící pracovní&přírodní&vesmírné prostředí: • Odolnost k mater.&energet. účinkům prostředí, apod.		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Prov.	Klimatické pásmo	subtropické až subarktické	4
4.2.	Vhodnost TS(s) z hled. působení na pracovní&přírodní&vesmírné prostředí: • Ekologičnost mater.&energet. vstupů, • Ekologičnost mater.&energet. výstupů, apod.		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Všech.	Množství spotřebovaných a odpadových materiálů a energií	minimální	2
Distr.	Ekologičnost použitých a výstupních materiálů	vyhradní	4
5.1.	Vhodnost TS(s) z hled. působení na pracovní&přírodní&vesmírné prostředí: • Ekologičnost mater.&energet. vstupů, • Ekologičnost mater.&energet. výstupů, apod.		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Předv.	Náročnost	standardní	4
Ost.	Náročnost	minimální	2

Tabulka 5 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 5

5.2.	Vhodnost TS(s) z hled. potřeby nových prováděcích („odborných“) informací: • Optimální náročnost na nové. “know-how“ inform., znalosti, zkušenosti, know-how...		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Předv.	Náročnost	standardní	4
Výr.	Náročnost	standardní	3
Prov.	Náročnost	standardní	4
Ost.	Náročnost	standardní	2
6.1.	Vhodnost TS(s) pro legislativní, strategická. apod. „LS“ manažerská kritéria, zejm. soulad s: • Legislativou a předpisy (zákony, směrnice, patenty, lic., závaz.normy) L, • Strategii organizace (produktovou, tržní) S, apod.		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Všech.	Legislativa, závazné předpisy	bez porušení	4
Všech.	Patenty a licence	bez porušení	4
Všech.	ČSN EN 60601 Bezpečnost produktů	dodržení	4
6.2.	Vhodnost TS(s) pro průběžná „QTC“ manažerská kritéria, zejm. soulad s: • Průběžnými produktovými kritérii Q, • průběžnými termínovými kritérii T, • průběžnými nákladovými kritérii C....		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Všech.	Počet TS	120	4
Předv.	Doba (=> termín) na předvýr. etapy prototypu / prvního TS	10 dní	4
Výr.	Doba (=> termín) na výrobu prototypu / prvního TS	2 dny	4
Distr.	Doba (=> termín) na distribuci (dodání) prototypu/prvního TS	2 dny	4
Likv.	Doba na likvidaci 1 TS	1 den	2
Předv.	Celk. náklady na předvýr. etapy prototypu / prvního TS	5.000 Kč	4
Předv.	Celk. rozpočtené náklady na předvýr. etapy dalšího TS	1.500 Kč	4
Výr.	Celk. náklady na výrobu prototypu/prvního TS	5.000 Kč	4
Výr.	Celk. rozpočt. nákl. na výrobu 1 ks TS	2.000 Kč	4
Distr.	Celk. průměrné náklady na distribuci dalšího 1 ks TS	1.000 Kč	4
Prov.	Náklady na provoz TS	velmi malé	3
Prov.	Náklady na údržbu a opravy TS	velmi malé	3
Likv.	Náklady na likvidaci 1 ks TS	2.000 Kč	2

Tabulka 6 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 6

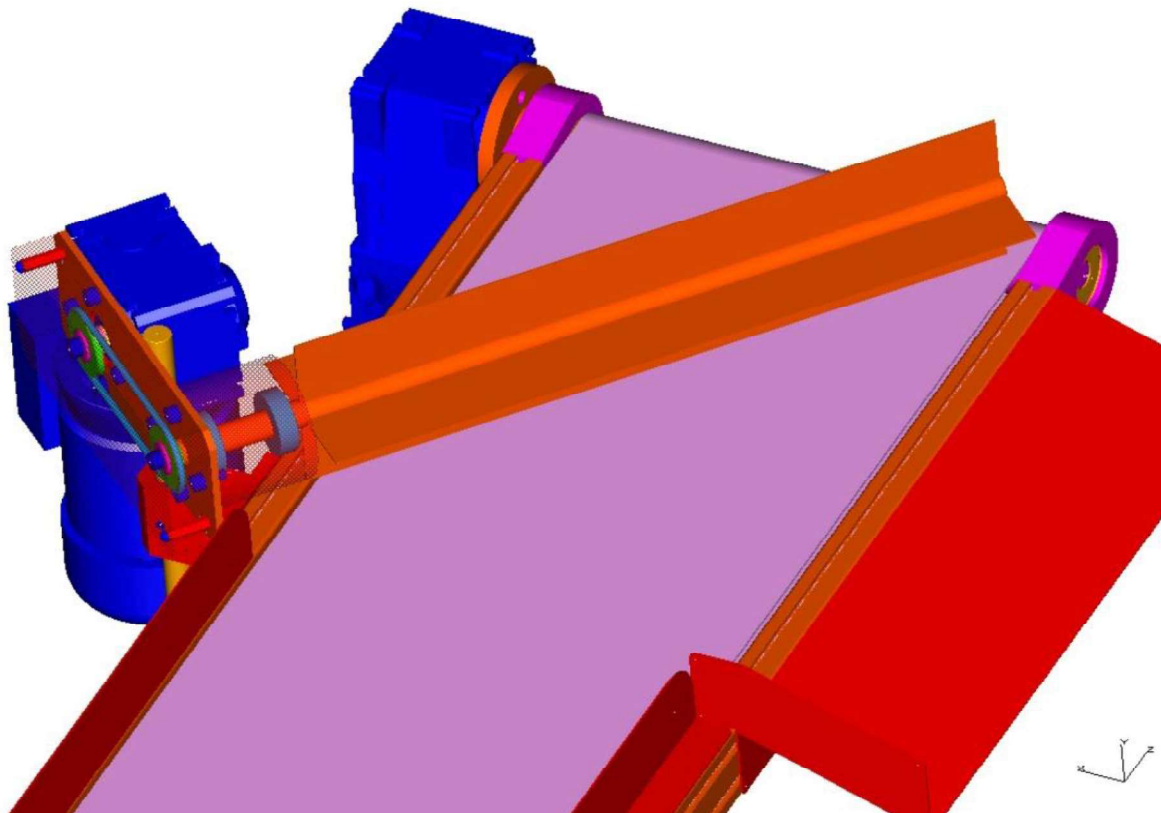
Požadavky na vlastnosti TS(s) k jeho stavební struktuře - ad hoc pro libov. etapu živ. cyklu TS(s) : Mechanické, Tepelné, Nukleární, Biologické, Chemické...			
7.1.			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
ad hoc	Pevnost při vertikálním centrickém zatížení $F_v = 5000 \text{ N}$	souč. bezp. proti mezi kluzu: $sv = 3$	4
ad hoc	Stabilita nepřipev. TS při vodorov. zatížení upín. plochy $F_h = 1000 \text{ N}$	souč. bezp.. proti převržení: $sh = 5$	4
ad hoc	Odolnost pracovních a upínacích ploch při teplotě $T_{max} = 200 \text{ stC}$	bez mechanického poškození	4
7.2. Vhodnost TS(s) definiční („elementární“) konstrukční vlastnosti TS(s) Pro stavební strukturu TS(s) ; Pro každý prvek stavební struktury TS(s)			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
všechny	Konstrukční provedení všech spojovacích částí	podle ČSN-EN	2
všechny	Povrchová úprava všech funkčních ploch	velmi kvalitní	3
všechny	Povrchová úprava všech nefunkčních ploch	standardní	1
7.3. Vhodnost pro TS(s) znakové konstrukční vlastnosti ("charakteristiky") TS(s) Konstrukční znaky TS, Pracovní znaky TS, Technologické znaky TS, Obecné konstrukční znaky TS			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
všechny	Funkční (pracovní) princip	mechanický	2
všechny	Zdroj energie pro ovládání a pohon/přestavování	člověk	3
8.1. Vhodnost pro TS(s) znakové konstrukční vlastnosti ("charakteristiky") TS(s) Konstrukční znaky TS, Pracovní znaky TS, Technologické znaky TS, Obecné konstrukční znaky TS			
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Distr.	Plánovaný počet:	500ks	4
Distr.	Kvalita distribuční sítě	dobrá	3
Distr. - Prov.	Kvalita servisního zabezpečení	velmi dobrá	4
Distr. - Prov.	Renomé výrobce	velmi dobré	4

Tabulka 7 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 7

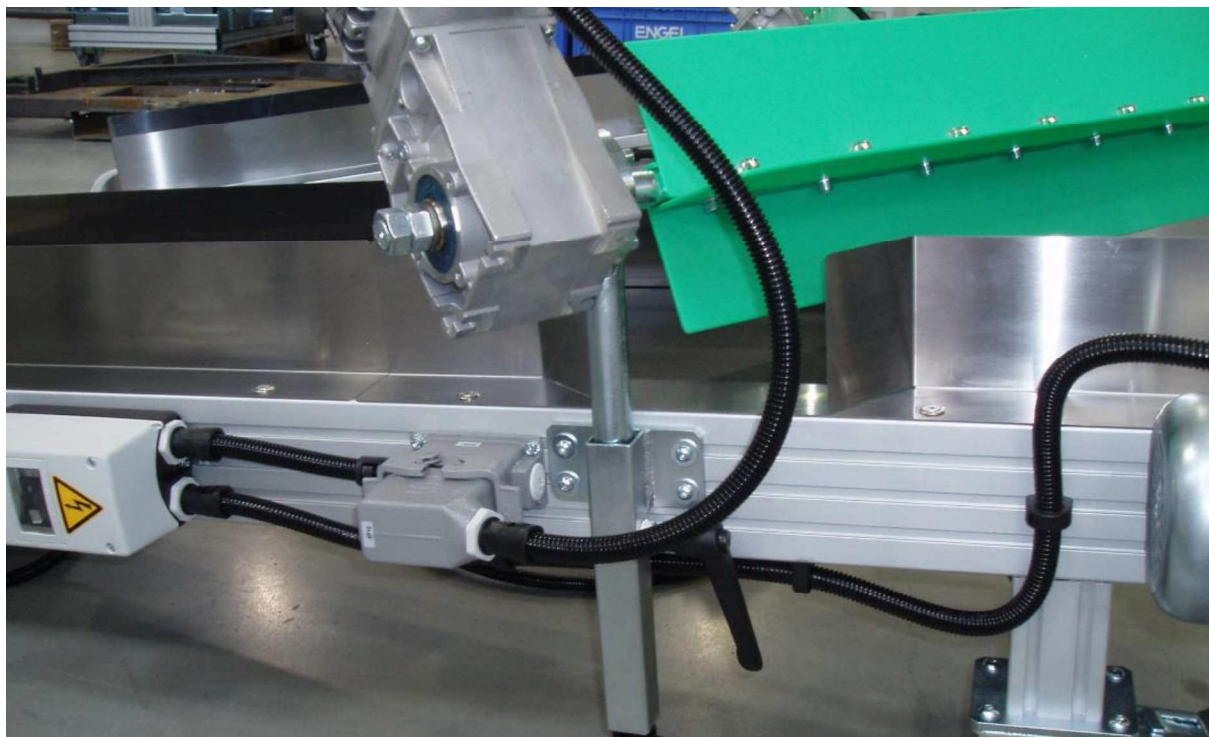
9.1.	Vhodnost TS(s) z hled. požad. dodací doby, zejm. pro: • Dodací doby (=> termíny) na předání uživateli (obecně přejímajícimu zákazníkovi)		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Distr.	Σ PRODUCT-DESIGN dodací doba (=> termín) na prototyp/ první ks TS	14 dní	3
Distr.	Σ PRODUCT-DESIGN dodací doba (=> termín) na další ks TS	4 dny	4
10.1.	Vhodnost TS(s) z hled. požad. dodací doby, zejm. pro: • Dodací doby (=> termíny) na předání uživateli (obecně přejímajícimu zákazníkovi)		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Distr.	Max. distribuční doba (=> termín) pokud je u TS známá	3 dny - Stav, pokud známý:	4
Distr.	Max. Σ PRODUCT-BUSINESS dodací doba (=> termín) - u všech TS !	7 dní - Stav, pokud známý:	4
11.1.	Vhodnost TS(s) z hled. požad. dodací doby, zejm. pro: • Dodací doby (=> termíny) na předání uživateli (obecně přejímajícimu zákazníkovi)		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Distr.	Σ PRODUCT-DESIGN dodací náklady na prototyp/ první ks TS	40.000 Kč	3
Distr.	Σ PRODUCT-DESIGN dodací náklady na každý další ks TS	35.000 Kč	4
12.1.	Vhodnost TS(s) z hled. požad. dodací doby, zejm. pro: • Dodací doby (=> termíny) na předání uživateli (obecně přejímajícimu zákazníkovi)		
Etapa živ. cyklu	Měřitelné indikátory	Požadovaný stav (vč. příp. rozměru&tolerance)	Váha (0÷4)
Distr.	Průměrné distribuční náklady (cena) / TS : pokud jsou u TS známé	1.000 Kč - Stav, pokud známý:	3
Distr.	Σ PRODUCT-DESIGN dodací náklady na každý další ks TS	20.000 Kč - Stav, pokud známý:	4

4. Rozbor současných řešení firmy ENGEL

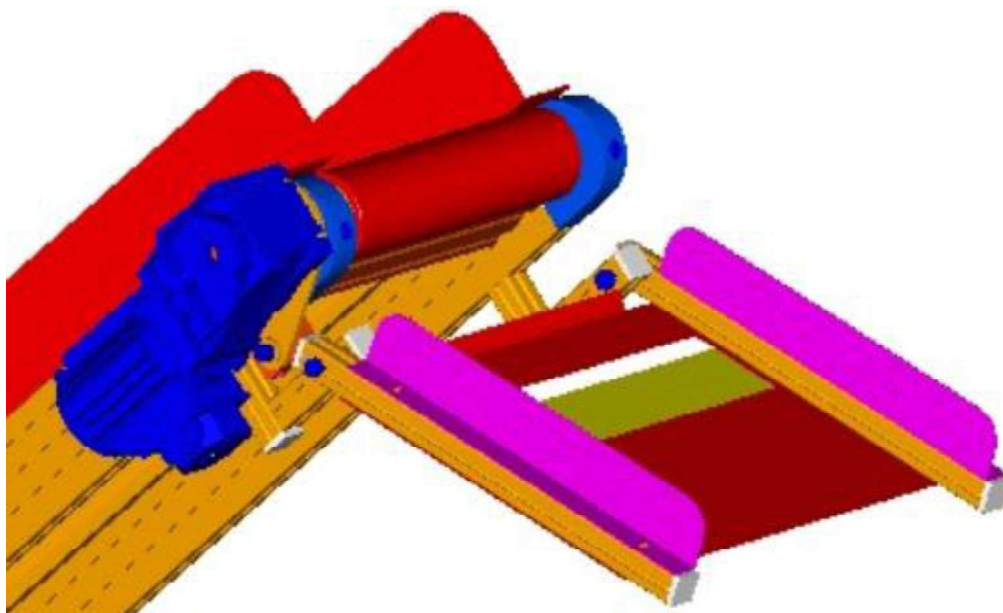
Společnost ENGEL má rozsáhlé zkušenosti s výrobou veškerého příslušenství ke vstřikolisům. Portfolio jejich produktů skýtá několik druhů řešení separátorů pro plastové díly, které chrlí vstřikolisly. V ENGELu mají zkušenost s výrobou separátorů lopatkových, mřížkových, šnekových a bubnových. Dle rozhovoru se zaměstnanci konstrukce je jejich největším problémem kvalita separace. Každý zákazník požaduje určité procento úspěšné separace, a ne všechny výrobky jsou schopné danou kvalitu separace zaručit. Firma má výhodu v tom, že vyrábí i různé druhy dopravníků a je schopná si téměř všechny komponenty k sestavení separátorů dodat sama. Celky jsou podle mě docela funkční, ale každý obsahuje pouze jeden způsob separace. Což je patrné i z dokumentace dodané firmou. Pokud by produkty obsahovaly separaci dvoustupňovou, byla by kvalita separace mnohonásobně lepší. Dle mého názoru je největším problémem těchto představených řešení jejich design a bezpečnost. Po konstrukční stránce jsou na velice vysoké úrovni. Na obrázcích níže jsou představeny některé konkrétní výrobky ENGELu.



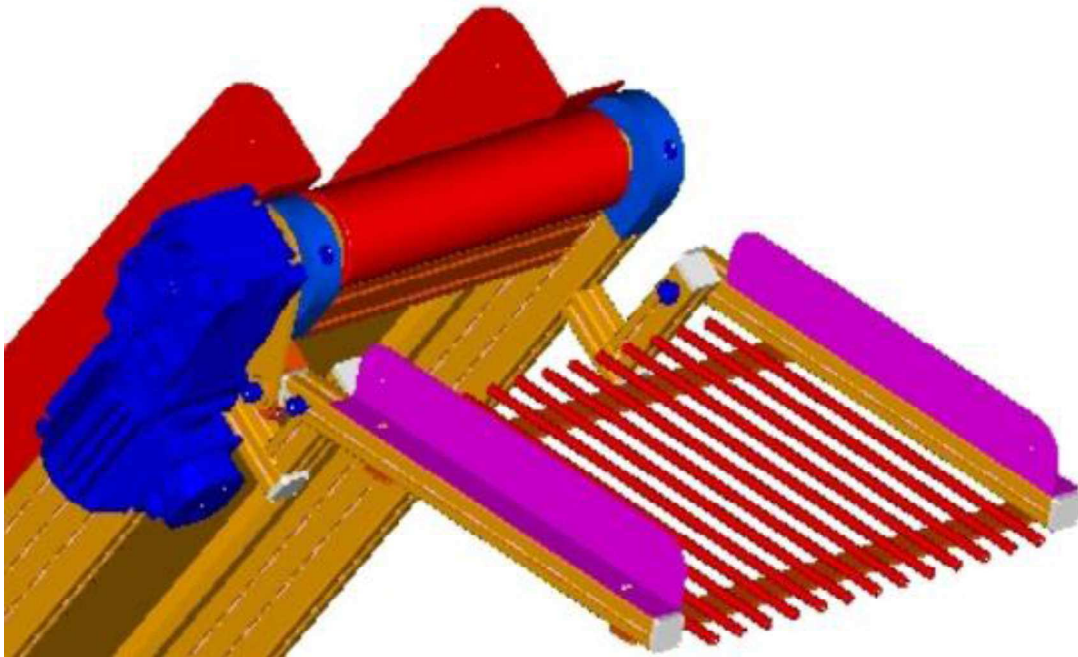
Obrázek 8 - Lopatkový separátor ENGEL - model



Obrázek 9 - Lopátkový separátor ENGEL – fotografie



Obrázek 10 – Štěbinový separátor firmy ENGEL - model



Obrázek 11 - Mřížkový separátor ENGEL - model

5. Časový harmonogram řešení problému

V této kapitole bude shrnut veškerý postup, kterým se bude tato práce dále ubírat. Konkrétní řešení musí být dobře naplánováno, konstruktér resp. řešitel této práce se jej bude v dalších odstavcích striktně držet. Stanoveny budou takové cíle, aby bylo možné je splnit ve většině dílčích problémů. Plán řešení by měl dojít do takové fáze, aby závěrem této kapitoly byl časový odhad dokončení řešení. Výsledné řešení, které vzejde z této práce bude proveditelné a reálné.

5.1. Studie proveditelnosti

Cílem této studie je analýza realizovatelnosti uvažovaného technického systému, a to především z hledisek:

- **Technických (fyzikálních, chemických, apod.)**
- **Ekonomických (krytí nákladů, zisk, apod.)**
- **Finančních (kapitálu, investičních prostředků, apod.)**

Pro zadaný projekt je nutné předpokládat, že jeho zadání vychází z analýz trhu a že studie prokázaly, že jeho vývoj a produkce budou proveditelné (realizovatelné) pro daného výrobce z hlediska technického (fyzického), ekonomického (nákladově rentabilního, ziskového) a finančního (volný kapitál, hotovostní tok).

5.2. Strategie řešení

Úkolem tohoto bodu práce, je stanovit strategii postupu návrhu zadaného technického produktu. Zadaný produkt je nutné posoudit opět z několika hledisek. Zejména tedy:

- Ve které fázi konstrukčního návrhu řešení zadaného úkolu začíná
- Jaká předběžná rozhodnutí k řešení úkolu již byla provedena před zadáním úkolu.
- Jaká strategie a příp. i metody budou pro řešení návrhu použity.

Pro řešení návrhu TS je dle požadavku zadání využita strategie znalostně integrovaného navrhování technických produktů „Knowledge Integrated Design“ (KID) , která vychází z teorie a metodiky konstruování (Engineering Design Science (EDS) and Methodology (EDSM) na bázi Teorie technických systémů (TTS). Navrhovaný technický produkt je v předloženém projektu uvažován v souladu se zadáním jako heterogenní technický systém (TS) s dominantní mechanickou (HW) složkou. [7]

5.3. Časový harmonogram řešení zadaného TS

Následující tabulka ukazuje grafické uspořádání jednotlivých měsíců během celého období řešení diplomové práce. Měla by napomoci k třídění úkolů a dílčích termínů. V tabulce jsou rozděleny jednotlivé části projektu, jako například fáze upřesnění úkolu, hledání řešení, finalizace a další. Tyto fáze jsou dále rozděleny na jednotlivé podskupiny, až po prosté konstrukční procesy. Modrá pole v tabulce obsazují jednotlivé měsíce. Tabulka pokrývá celé období, od úplného zadání až po úplné detailování výkresů včetně s odevzdáním a obhajobou.

Tabulka 8 - Časový harmonogram řešení projektu

Konstrukční proces		Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
A. Upřesnění úkolu	I. Rozpracování zadání	Zadání problému	■								
		Vyjasnění a rozpracování požadavků	■	■							
		Specifik. požadavků a harmonogram řešení		■	■						
B. Hledání řešení	II. Kočepní návrh	Navržení funkční struktury TS			■	■					
		Navržení organové struktury TS			■	■					
C1. Hodnocení	III. Konstrukční návrh	Navržení hrubé stavební struktury			■	■					
C2. Rozhodování		Navržení definitivní stavební struktury				■	■				
		Hodnocení definitivní stav. struktury TS					■	■			
D. Finalizace řešení	IV. Finální zpracování	Detailování a dokumentování řešení						■	■	■	
		Odevzdání								■	
		Obhajoba									

II. KONCEPČNÍ NÁVRH

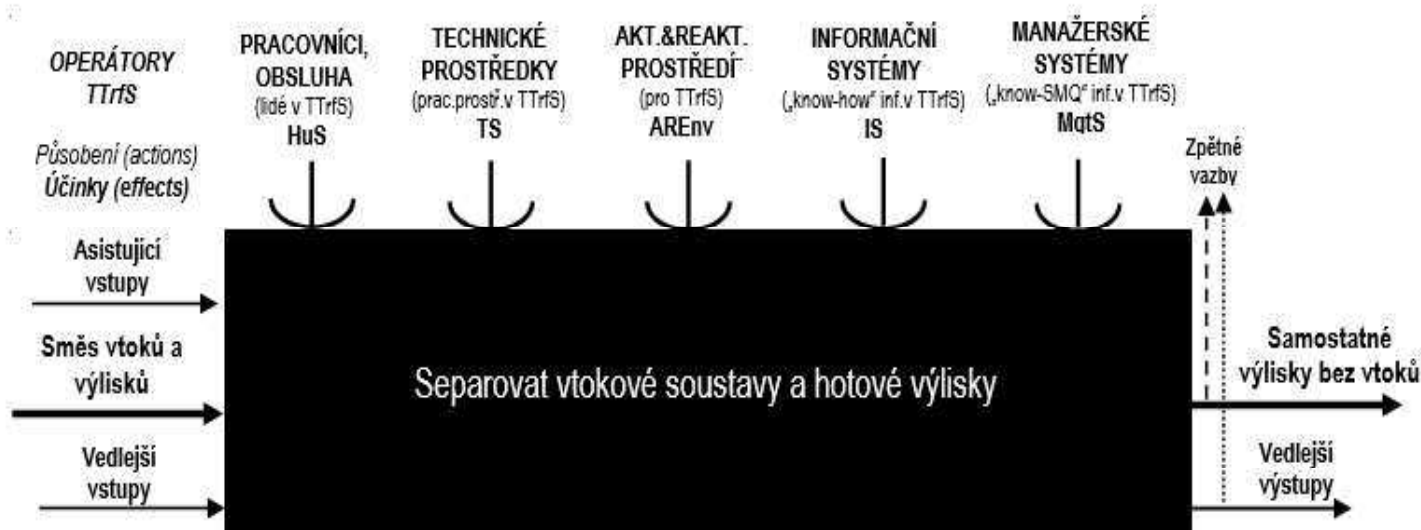
6. Návrh funkční struktury TS

Návrh funkční struktury je prvním bodem ve fázi koncepčního návrhu. V této části diplomové práce je provedeno úplné navržení funkční struktury TS. Návrh je proveden včetně návrhu transformačního procesu TS, a tedy jeho černé skříňky.

6.1. Návrh transformačního procesu TS

6.1.1. Černá skříňka transformačního procesu TS

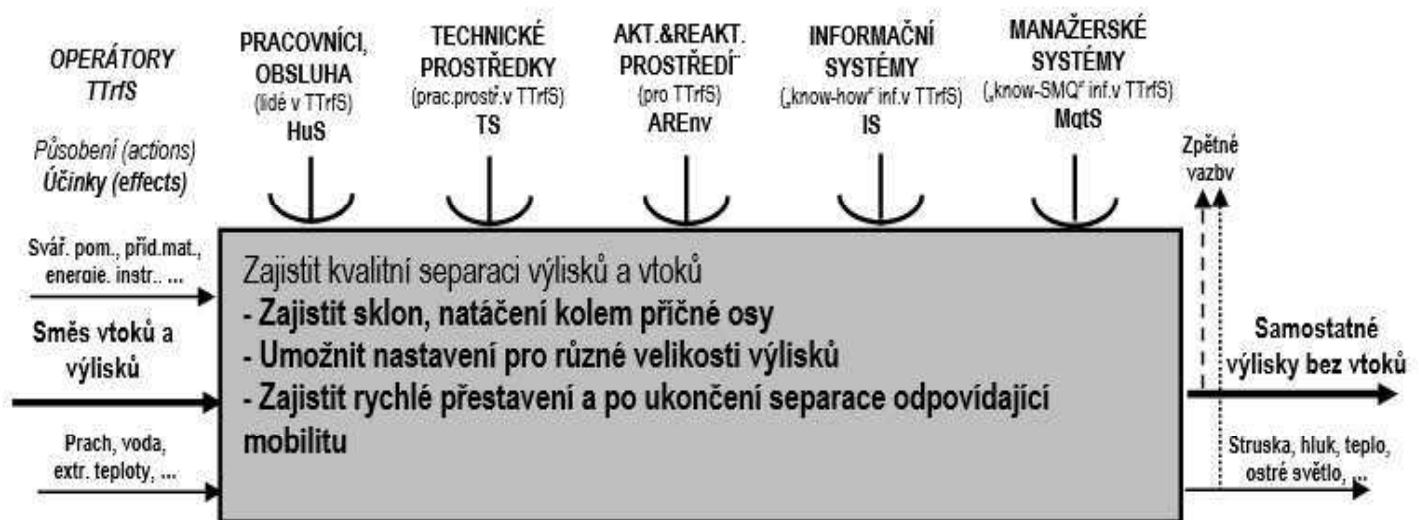
K popisu provozně transformačního procesu technického systému slouží právě černá skříňka. Tato skříňka funguje tak, že nám je známá operace neboli transformační proces, který chceme realizovat, a tudíž je umístěn uprostřed obrázku černé skříňky. Pomocí vnějších operandů a operátorů musíme uskutečnit žádaný transformační proces. Prováděcími operátory jsou například technické prostředky, lidé ve smyslu obsluhy, nemenší částí také místo (prostory, hala, dílna) a další. Součástí jsou také asistující vstupy, vedlejší vstupy a vedlejší výstupy. Na obrázku níže jsou všechny tyto body shrnuty do jednoho uceleného obrázku.



Obrázek 12 - Černá skříňka transformačního procesu navrhovaného TS

6.1.2. Technologická podstata provozního technického transformačního procesu technického systému

V následujícím schématu jsou v části transformačního systému TS, v níž budou pro transformaci operandu využívány, už jen účinky navrhovaného technického systému. Otázka technologie je v tomto případě poněkud zvláštní, a přesto je nemyslitelné ji opomenout. V tomto konkrétním systému byl vybrán technologický princip požadované transformace, jako je uvedeno ve schématu níže.



Obrázek 13 - Technologický princip provozního technického transformačního procesu navrhovaného technického systému

Na separátor se vysype směs vtoků a vtokových soustav. Separátor během jeho délky má za úkol rozdělit s co možná nejvyšší přesností výstřiky a vtoky. Obsluha během separace nebo s minimálním pozastavením procesu může upravit vlastnosti celého TS, konkrétně jeho sklon nebo jej přizpůsobit pro jinou velikost separovaných dílu. Rychlost separace bude také možno regulovat, ovšem na úkor kvality. Po ukončení separace a vypnutí stroje, musí být jeden člověk schopen dostatečně manipulovat s celým TS. Musí být schopen separátor přesunout k jinému vstříkolisu nebo na jiné místo v rámci výrobní haly.

6.1.3. Provozní technický transformační proces TS

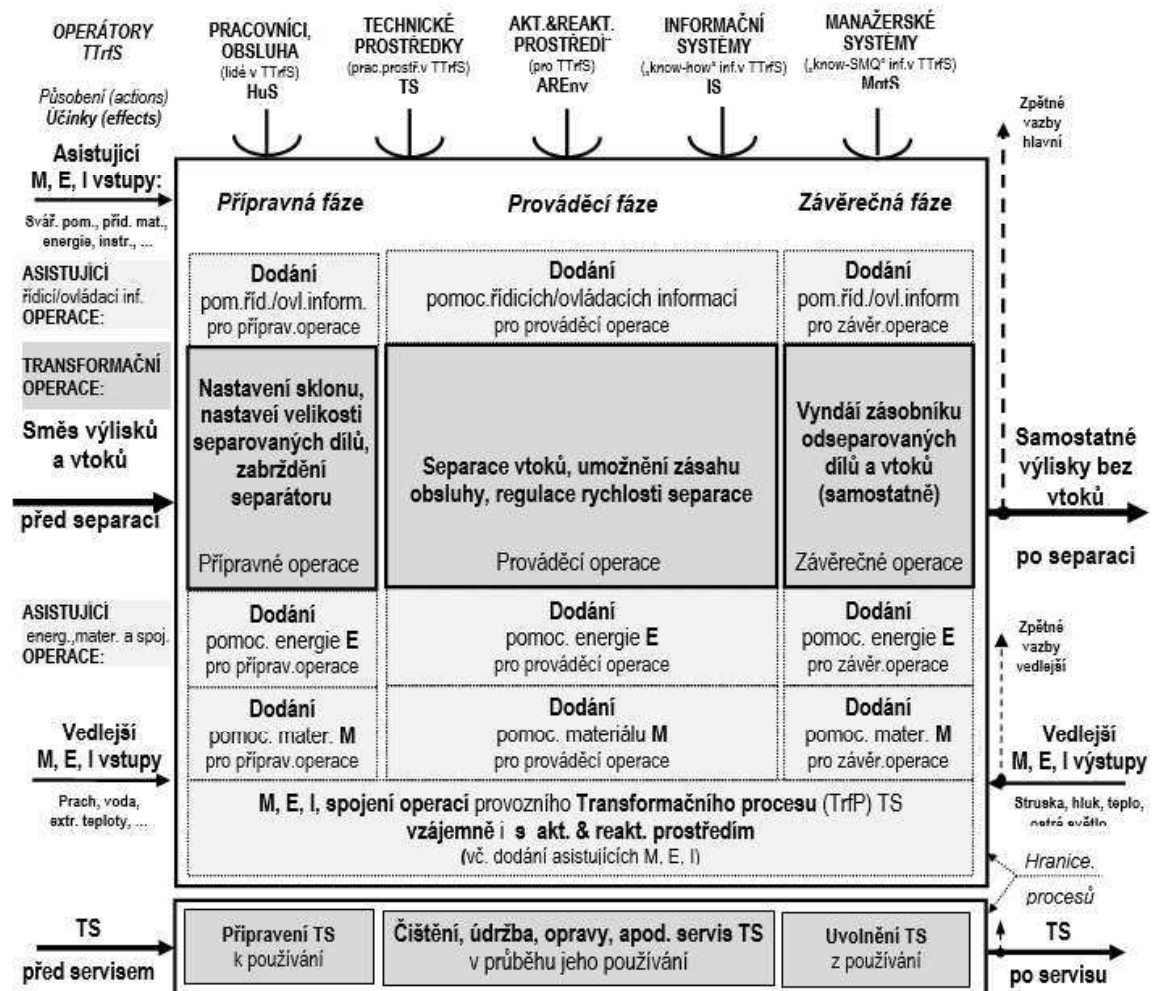
Na obrázku níže je znázorněn technický transformační proces. Tento proces je členěný do tří hlavních fází. Jmenovitě:

- Přípravná fáze

- Prováděcí fáze

- Závěrečná fáze

Během těchto tří hlavních sekcí do TS vstupují různé vnější aspekty, které svým dílem ovlivňují technický systém jako celek. Každá z těchto tří částí má svá specifika. Tento obrázek provází celý proces separace od začátku ke konci operace, jak už bylo řečeno za současného působení asistujících vstupů a výstupů. U jednoduchých procesů bývají tyto transformace, resp. procesy popsány pomocí vývojových diagramů. V případě složitějších konstrukčních celků, resp. TS se s úspěchem využívají takovéto komplexnější formy vizualizace procesů.

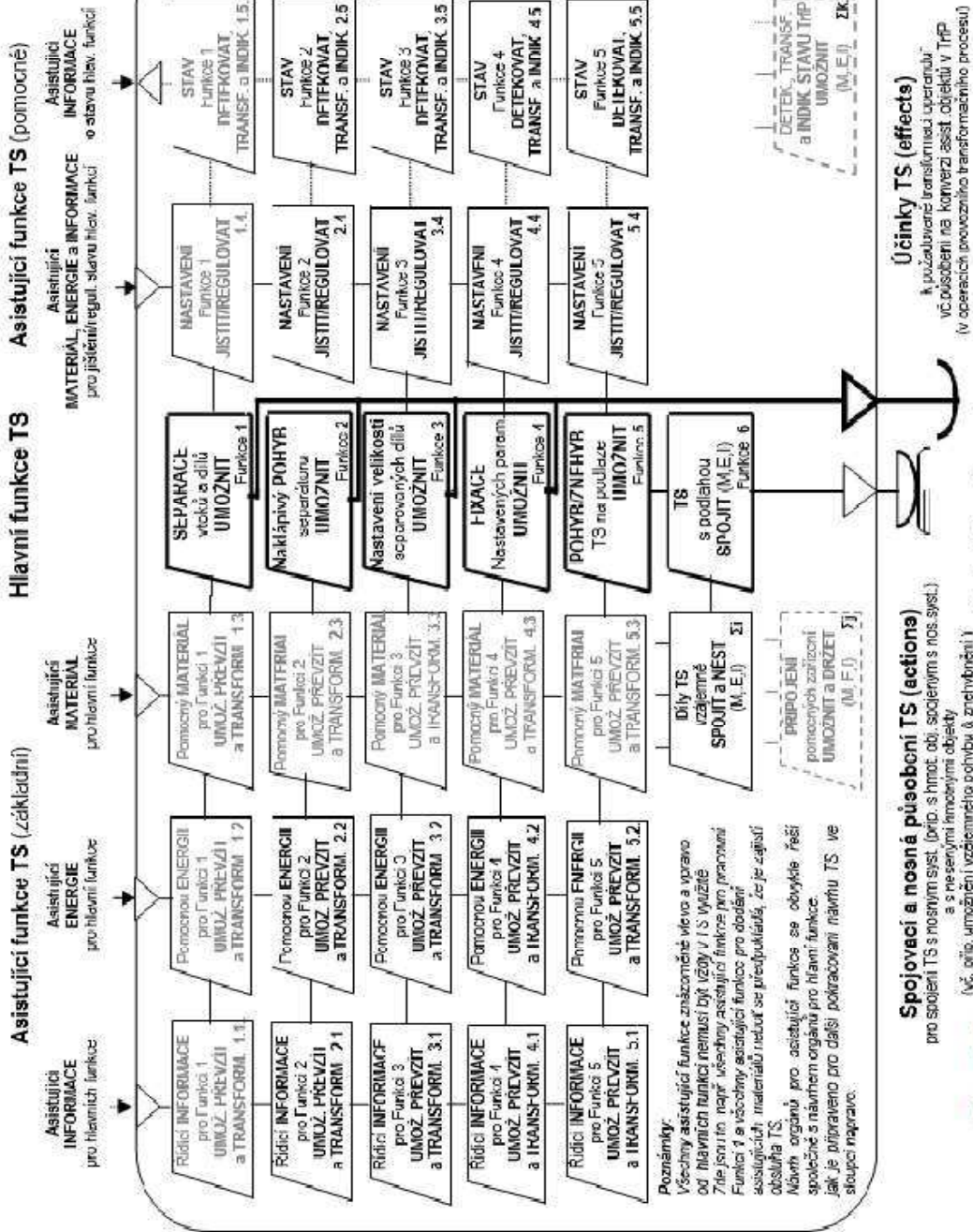


Obrázek 14 - Provozní technický transformační proces navrhovaného TS

6.2. Návrh funkční struktury technického systému

V tomto kroku bude detailně popsáno sestavení funkční struktury TS. Většinu ze zmíněných operací v následujících řádcích a obrázcích vykonává právě TS. To ovšem není pravidlem, kterého je potřeba se držet. Některé operace může vykonávat jiný TS, případně obsluha a prostředí, ve kterém daný TS provozujeme. Obrázek níže popisuje jednotlivé transformační účinky, které působí v provozním technickém transformačním procesu na operandy, které slouží pro převedení pomocích objektů v pomocných procesech transformační operace. Poté jsou použity v podobě hlavních funkcí technického systému. Zde neobsažené a zároveň potřebné transformační účinky mohou být zajištěny, jak již bylo zmíněno, například pomocí obsluhy nebo aktivním a reaktivním prostředím. V drtivé většině případů se hlavní funkce TS nevyskytují bez asistujících funkcí TS, pro zajištění požadované transformace vybraných vstupujících stavů na požadované výstupní stavy, které jsou nutné pro finální transformační účinky a konverzní působení. Na obrázku jsou uvedeny pouze funkce, které bude svými procesy ovlivňovat pouze navržený technický systém.

Z racionálních důvodů je horizontální řazení operací v transformačním procesu (v souladu se zobrazováním postupu přeměny operandu ze vstupního stavu na výstupní zleva doprava) ve funkční struktuře TS změněno na svislé řazení funkcí shora dolů. To je pak kvůli logičtější a standardizované formě záznamu převzato i do navazující morfologické matice pro záznam navrhovaných orgánů pro jejich výběr.). Pořadí hlavních funkcí (zde 1 až 6) odpovídá pořadí hlavních transformačních operací v Provozním transformačním procesu. Počet hlavních transformačních funkcí TS a hlavních transformačních operací v TrfP však nemusí být shodný, neboť některé operace TrfP mohou vyžadovat od TS více účinků, a tedy i hlavních transformačních funkcí (a naopak). [8]



Obrázek 15 - Funkční struktura TS

7. Návrh orgánové struktury

Navržení orgánové struktury slouží k lepšímu představení realizace jednotlivých druhů požadovaných funkcí. Jsou zde vypsány vždy nejhlavnější známe druhy realizací těchto funkcí. Bude vybráno několik variant s ohledem na specifikaci požadavků. Z těchto variant vzejde jedna finální, která bude vybrána. Tato finální varianta bude dále zpracovávána v konstrukční části.

7.1. Navržení orgánů pro funkční strukturu TS

Tabulka 9 - Morfologická matice s navrženými orgány navrhovaného TS

Hlavní funkce TS vč. asistujících funkcí obr. 11		Navržené orgány TS („nositele funkcí“) (příp. i s vyznačením funkčního principu)					
		1	2	3	4	5	6
Fce 1 vč. 1.1-1.5	Separace vláknů a dílů UMOŽNIT	Vibrační separace	Šneková separace	Bubnová separace	Lopatková separace	Kombinace předchozích	
Fce 2 vč. 2.1-2.5	Naklápnivý POHYB separátoru UMOŽNIT	ruční pohon	elektrický	pneumatický	hydraulický		
Fce 3 vč. 3.1-3.5	Nastavení velikosti separovaných dílů UMOŽNIT	Elektrické přenastavení	ruční přenastavení	Pneumatické přenastavení	Hydraulické přenastavení	žádné	
Fce 4 vč. 4.1-4.5	FIXACE nastavených parametrů UMOŽNIT	Mechanická západka	Brzdový systém pohonu	Kombinované zajištění	Zajištění maticí		
Fce 5 vč. 5.1-5.5	ZNEHYBNĚNÍ TS na podlaze UMOŽNIT	4 nohy s třecím kontaktem, pohon lidskou silou	4 nohy s brzděnými kolečky neotoč. okolo svislé osy, pohon lidskou silou	2 nohy s brzd. koleč. otoč. okolo svislé osy, 2 nohy s kol. neotoč. okolo svislé osy, pohon lidskou silou	2 nohy s brzd. koleč. otoč. okolo svislé osy, 2 nohy s třecím kont., pohon lidskou silou		
Fce 6 & z1	TS s podlahou						

7.3. Navržení variant orgánové struktury TS

Tabulka 10 - Varianty orgánové struktury TS

Hlavní funkce TS vč. asistujících funkcí obr. 11		Navržené orgány TS („nositele funkcí“) (příp. i s vyznačením funkčního principu)					
		1	2	3	4	5	6
Fce 1 vč. 1.1+1.5	Separace vláků a dílů UMOŽNIT	Vibrační separace	Šnekové separace	Bubnová separace	Lopatková separace	Kombinace předchozích	
Fce 2 vč. 2.1+2.5	Naklápivý POHYB separátoru UMOŽNIT	ruční pohon	elektricky	pneumaticky	hydraulicky	žádný	
Fce 3 vč. 3.1+3.5	Nastavení velikosti separovaných dílů UMOŽNIT	Elektrické přenastavení	ruční přenastavení	Pneumatické přenastavení	Hydraulické přenastavení	žádné	
Fce 4 vč. 4.1+4.5	FIXACE nastavených parametrů UMOŽNIT	Mechanická západka	Brzdový systém pohonu	Kombinované zajištění	Zajištění maticí		
Fce 5 vč. 5.1+5.5	ZNEHYBNĚNÍ TS na podlaze UMOŽNIT	4 nohy s třecím kontaktem, pohon lidskou sílou	4 nohy s brzděnými kolečky neotoč. okolo svěsle osy, pohon lidskou sílou	2 nohy s brzd. koleč. otoč. okolo svěsle osy, 2 nohy s kol. neotoč. okolo svěsle osy pohon lidskou sílou	2 nohy s brzd. koleč. otoč. okolo svěsle osy, 2 nohy s třecím kont., pohon lidskou sílou		
Fce 6 & zř.	TS s podlahou						

Legenda :

-  Varianta A
-  Varianta B
-  Varianta C
-  Varianta D

7.4. Shrnutí jednotlivých variant

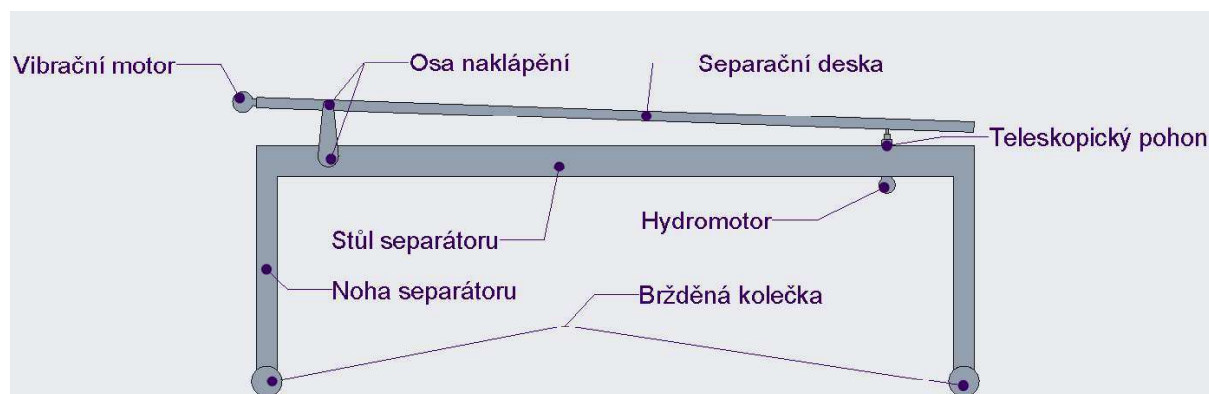
V této kapitole budou shrnuty jednotlivé varianty vycházející z tabulky výše. Varianty budou popsány, jakým způsobem by byly konstruovány. U každé varianty budou popsány její výhody a nevýhody. Po popsání všech pro a proti je každá varianta doplněna funkčním schématem. Toto schéma slouží pro názornost daného řešení a zvýraznění nejdůležitějších funkčních částí. Toto schéma není zcela kompletní a jisté prvky (například vypružení, tlumení, elektroinstalace atd.) nejsou zobrazeny. Závěrem tohoto bloku budou varianty obodovány a z bodování vzejde sub-optimální řešení, které bude dále zpracováváno.

7.4.1. Varianta A

Variantou A je separátor, jehož způsob separace spočívá ve vibracích. Vibrace do systému dodává elektromotor s excentrickou hřídelí, dále jen vibrační motor. Motor, případně motory budou umístěny na desce separátoru. Pomocí vibrací bude separační dávka, složená ze vtoků a výlisku, pokračovat po vrchní desce. Naklápěcí pohyb vrchní desky z důvodu usměrnění toku dávky, bude zajišťován elektricky, buď pomocí krokového motoru, hydromotoru nebo elektrického servomotoru. Z potřeby nastavení velikosti separovaných dílů vyplývá, že je nutné regulovat šířku separační štěrbin, kterou propadávají vtoky pod separátor, případně na dopravník umístěný pod separátorem. Vtoky pokračují po desce až na její konec. Natavení této štěrbinu bude v této variantě realizováno pomocí pneumatického přenastavení. Kdy tlakem přivedeného vzduchu odjistíme západky fixace separačních štěrbin a poté budou přesunuty na jinou polohu. Jak už bylo popsáno, fixace bude tedy mechanickou západkou, která bude přitlačována pružinou a v případě potřeby přenastavení bude pneumaticky stlačena a odjistěna. Jeden ze zadávajících požadavků byl, aby bylo možné se separátorem v rámci haly pohybovat. Tudíž jeho spojení se zemí bude pomocí 4 nohou s brzděnými kolečky. Po umístění separátoru na dané místo jsou aktivovány brzdy koleček. Napájení separátoru pomocí elektrické energie.

Tabulka 11 - Výhody a nevýhody varianty A

Varianta A	
Výhody	Nevýhody
Vysoká přesnost separace	Složitá konstrukce
Minimální nároky na obsluhu	Potřeba pneumatického vedení
Nekonvenční řešení	Nároky na těsnost
	Špatné tlumení vibrací -> hluk
	Drahé výrobní náklady



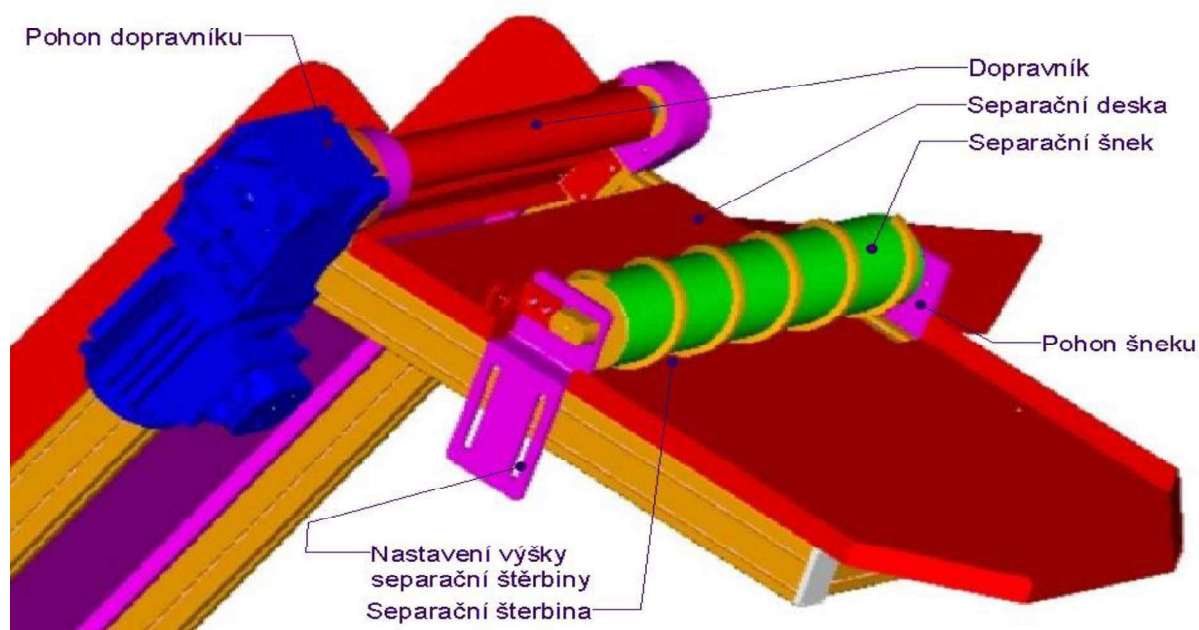
Obrázek 16 - Funkční schéma Varianty A

7.4.2. Varianta B

Varianta B vychází z tradiční konstrukce separátorů, kdy je separace prováděna pomocí šnekového válce. Kdy otáčející se šnekový válec zachytává vtoky a výlisky propadávají pod válcem. Případně existují i konstrukce, které to mají obráceně. Tím je myšleno, že šnek zachytává výlisky a vtoky propadávají pod šnekem. U šneku není potřeba naklápění separační desky, natáčí se pouze separační válec (v ojedinělých případech), dopravník pod ním zůstává pevný. Nastavení velikosti separovaných dílů spočívá pouze v nastavení velikosti šterbiny pod šnekem. Toto nastavení se dá velice velmi dobře řešit pomocí elektromotoru (např. krokový motor) nebo ručně. Fixaci v této poloze nám je schopný vyřešit rovnou tento motor, tím že není v činnosti. Vzhledem k tomu že na separační šnek, nepůsobí žádné velké síly, tak odpor motoru proti protočení je daleko větší než síly působící. Fixace nějakým přídatným zařízením tedy není potřeba. Oproti předchozí variantě zde konstrukce nevytváří žádné vibrace ani rázy, tak se zde jeví jako nejvýhodnější řešení použití varianty se čtyřmi brzděnými kolečky.

Tabulka 12 - Výhody a nevýhody varianty B

Varianta B	
Výhody	Nevýhody
Dostatečná přesnost separace	Potřeba 2 nezávislých elektromotorů
Dobrá mobilita	Potřeba více šneků s různým stoupáním
Jednoduchá konstrukce	Občasné zaseknutí vtoku pod šnekem
Nepotřebná fixace	



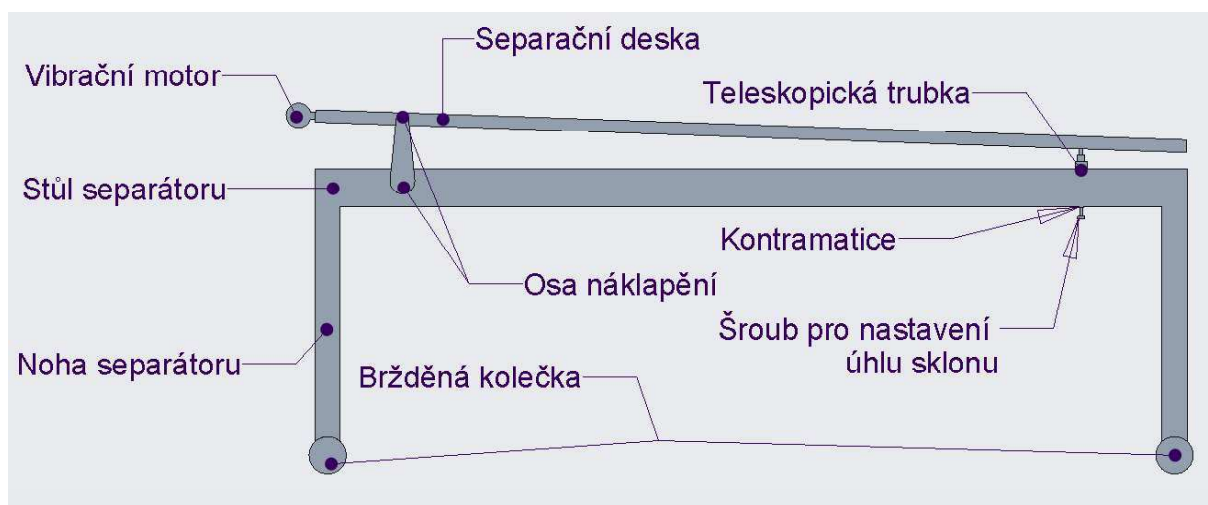
Obrázek 17 - Funkční schéma Varianty B [Engel]

7.4.3. Varianta C

Varianta C je zjednodušeným řešením varianty A. Zjednodušené v tom, že naklápění desky separátoru pro usměrnění pohybu vtoků a výlisků, je prováděno lidskou silou, tedy bez přídavného elektrického zařízení. Přenastavení separátoru pro jinou velikost separovaných dílů je prováděno také pomocí lidského faktoru, tím odpadá i problém s nároky na pneumatické vedení. Tím se celá konstrukce do značné míry zjednodušuje. Fixace nastavených parametrů je zajištěna pomocí svěrného spoje, tedy maticí a šroubem. Přenastavení v tomto případě bude čistě manuální a z toho vyplývá, že bude trvat delší dobu a nemusí být tak přesné. Stále v této konstrukci přetrvává problém, aby se vibrace nepřenášely mimo separátor, a přitom byl stroj dobře mobilní. Z těchto parametrů vznikla varianta se dvěma, kde dvě nohy jsou pevné a dvě nohy obsahují brzděné kolečko. Při manipulaci se toto řešení projeví vyšší nárokovanou silou na přemístění stroje.

Tabulka 13 - Výhody a nevýhody varianty C

Varianta C	
Výhody	Nevýhody
Vysoká přesnost separace	Vibrace
Horší mobilita	Složitá nastavitelnost
Dobrá složitost konstrukce	Špatná mobilita



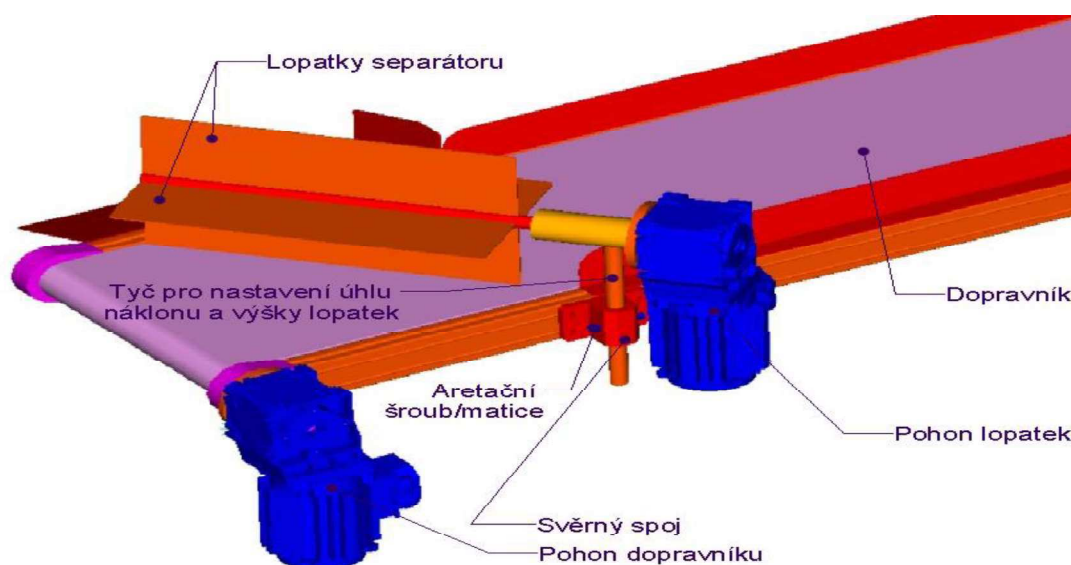
Obrázek 18 - Funkční schéma Varianty C

7.4.4. Varianta D

Varianta D vychází z koncepce známé jako lopatkový separátor. Zadávací firma s ním má již zkušenost a jeho separaci hodnotí kladně. Tato konstrukce vsází na jednoduchost svého provedení. Úhel natočení lopatkového separátoru vzhledem k pásovému dopravníku, po kterém jsou dopravovány vtoky a výlisky, je ručně nastavitelný nebo pevný. Tato ruční nastavitelnost spočívá ve změně příčného úhlu vzhledem k podélné ose dopravníku. Tento úhel je vždy kladný ve směru pohybu dopravníku a závisí čistě na velikosti separovaných dílů a rychlosti dopravníku. Nastavení velikosti separovaných dílů u této konstrukce je opět řešeno ručně. Obsluha pouze vysune nosnou konstrukci po vertikální ose a tím zvětší nebo zmenší mezeru mezi dopravníkem a lopatkami. Přenastavení obsahuje vždy pouze jeden pohyb, tím pádem je velice snadné a rychlé. Zajištění této polohy je řešeno pomocí svěrného spoje, tedy pomocí aretační matice (myšleno plastová aretace se zalitou železnou maticí). Tato konstrukce je méně hlučná než předchozí řešení a nevyvíjí prakticky žádné velké síly na uložení a podvozek separátoru. Podvozek je rovněž opatřen čtyřmi brzděnými kolečky. Vykazuje velice jednoduchou mobilitu a přepravení v rychlém časovém sledu kamkoli po hale.

Tabulka 14 - Výhody a nevýhody varianty D

Varianta D	
Výhody	Nevýhody
Vysoká přesnost separace	Složitější usměrnění separovaných vtoků
Výborná mobilita	
Jednoduchá konstrukce	
Snadné přenastavení	



Obrázek 19 - Funkční schéma Varianty D [Engel]

7.4. Vyhodnocení variant orgánové struktury

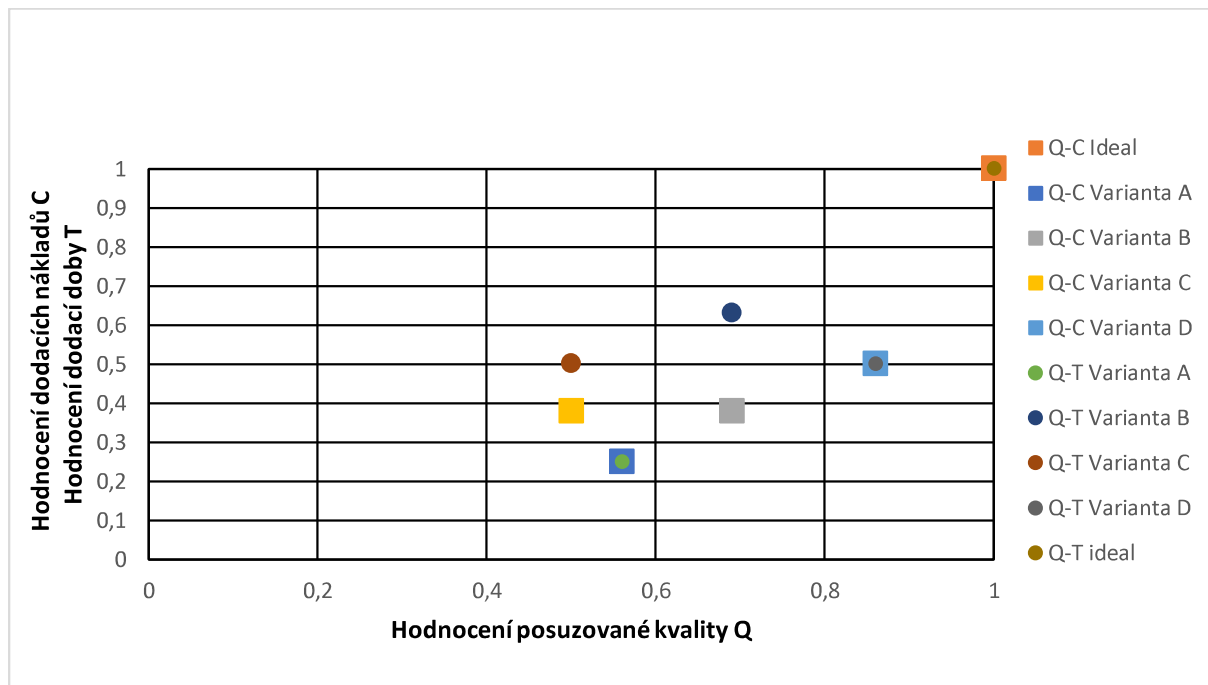
V tabulce 15 jsou přehledně hodnocené důležité parametry jednotlivých variant. Pomocí přidělených bodů a SWOT analýzy bude vybráno sub-optimální řešení, které bude dále zpracováváno a konstruováno. Posuzovány jsou nejdůležitější parametry ze tří odvětví a sice:

- Posuzovaná kvalita Q
- Dodací doba T
- Dodací náklady C

Tabulka 15 - Tabulka hodnocení jednotlivých variant

HODNOCENÍ ALTERNATIV			Varianta				
Stupnic e	Q-T-C	Kritérium - vlastnost TS	a	b	c	d	ideál
Hodnocení { min. 0 až max. 4 }	Posuzovaná kvalita Q	Přesnost serapace	4	2	4	3	4
		Mobilita	1	3	1	4	4
		Jednoduchost konstrukce	1	3	2	3	4
		Nastavitelnost	3	3	1	4	4
		Σ hodnocení Q	9	11	8	14	16
		Σ normované hodnocení Q (0 – 1)	0,56	0,69	0,5	0,86	1
	Dodací doba T	Celková dodací doba - shodná	1	2	2	2	4
		Doba montáže	1	3	2	3	4
		Σ hodnocení T	2	5	4	5	8
		Σ normované hodnocení T (0 – 1)	0,25	0,63	0,5	0,63	1
	Dodací náklady C	Celkové dodací náklady	1	3	2	3	4
		Náklady na údržbu	3	3	3	3	4
		Σ hodnocení C	2	3	3	4	8
		Σ normované hodnocení C (0 – 1)	0,25	0,38	0,38	0,5	1

7.4.1. Q-T-C diagram s hodnocením navržených variant



Graf 1 - Q-T-C diagram s hodnocením navržených variant

Po komplexním posouzení všech variant, podle výsledků v hodnocení a podle dalších parametrů. Byla jako sub-optimální konstrukce vybrána varianta D. Tato varianta bude dále zpracovávána a konstruována. Oproti tomu nejhůře vyšla varianta A.

7.4.2. Prediktivní SWOT a rizikové (SWOT&R) hodnocení předpokládané hrubé stavební struktury

Alternativa orgánové struktury TS:	a	b	c	d
Pořadí podle systematického hodnocení	4	2 ÷ 3	2 ÷ 3	1
S VÝHODY - silné stránky/vlastnosti:	Nekonvenční řešení	Jednoduchá konstrukce	Optimálně složitá konstrukce	Jednoduchá konstrukce
	Minimální nároky na obsluhu	Nepotřebná fixace	Mechanická fixace	Mechanická fixace
	Vyšší přesnost separace	Dostatečná přesnost separace	Vysoká přesnost separace	Vysoká přesnost separace
		Dobrá mobilita		Výborná mobilita
				Snadné přenastavení
W NEVÝHODY - slabé stránky/vlastnosti:	Složitá konstrukce	Potřeba více šneků s rozdílným stoupáním šroubovice	Šloživé přenastavení	Stožitéjší usměrnění separovaných vtoků
	Potřeba pneumatického vedení	Potřeba dvou nezávislých elektromorů	Špatná mobilita	
	Vyšší hlučnost		Vibrace	
	Drahá konstrukce			
R RIZIKA - rizikové stránky/vlastnosti:	Netěsnost pneumatických spojů	Občasné zaseknutí vtoku pod šnekem; nutný dozor	Možnost rezonance	Možnost zaseknutí vtoku pod lopatkou; nutný dozor
	Z důvodu složitosti konstrukce, pravděpodobnost větší poruchovosti	Možnost zranění obsluhy (škřípnutí končetiny pod šnekem)		

Podle systematického hodnocení vlastností, výhod, nevýhod a rizik pro všechny varianty. Jako nejvhodnější sub-optimální varianta stále zůstává varianta D. Na základě tohoto dalšího hodnocení jsme předešli případným zbytečným konstrukčním pracím. Při konkretizaci tohoto hodnocení byly efektivně využity poznatky získané z analýz a hodnocení všech hodnocených variant.

III. KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Tato kapitola obsahuje kompletní konstrukční návrh, tedy hrubou i definitivní stavební strukturu TS. Z předchozí kapitoly vyplynula jako nejlepší sub-optimální řešení alternativa D. Tato varianta zde bude dále zpracovávána. Budou zde vyřešeny základní výpočty hnacího motoru, pevnostní výpočty konstrukce a jiné výpočty. Vstupními parametry budou tedy parametry plynoucí ze zadání. Viz následující tabulka.

Tabulka 16 - Vstupní parametry separátoru

Vstupní parametry TS		
Rozsah pracovních výšek stolu separátoru	900-1200	mm
Rozsah otáček hřídele s lopatkami	100-300	ot./min
Výška separační mezery	10-80	mm
Náklon hřídele s lopatkami oproti dopravníku	0-30	°
Délka dopravníku	1000	mm
Maximální šířka dopravníku	650	mm
Objem separované dávky	neurčeno	-
Podvozek	bržděná kolečka	-

8. Hrubý konstrukční návrh stavební struktury

Po předchozí domluvě se zástupci firmy ENGEL bude pro konstrukci jednotlivých modelů a vytvoření sestavy TS použit software Siemens NX 12. Samotná firma ENGEL používá tento CAD software k modelování, proto po dokončení práce mohou jednoduše data převzít a případně dle potřeby modifikovat. Celková konstrukce bude rozdělena do několika funkčních skupin, kterými jsou například podvozek, rám, dopravník, pohon a další. Tyto části budou vymodelovány pomocí CAD softwaru a následně dle zadání bude ověřena pevnost konstrukce pomocí MKP.

8.1. Dopravník

Pro další funkční celky je nezbytné znát rozměry dopravníku. Dopravník je nutné zabudovat do nosné konstrukce. Podle jeho rozměrů a hmotnosti dále bude možné dimenzovat nohy rámu, délku hřídele, která nese lopatky a další konstrukční prvky. Je tedy nezbytné začít návrh vhodným zvolením dopravníku. Dopravník bude zvolen s ohledem na vstupní parametry a celkově co nejmenší zástavbové rozměry. Dopravník, včetně jeho pohonu bude vybrán z dostupných dopravníků z katalogu ENGEL a dodán jako celek, kolem tohoto základního kamene konstrukce se postaví zbytek TS. Jelikož rám bude konstruován samostatně, z katalogu firmy ENGEL jsem zvolil pouze integrovaný dopravník bez rámu. Zvolil jsem dopravník s pohonem uvnitř bubny, tedy na dopravníku z vnější strany se nevyskytuje žádný další motor, se kterým by bylo počítat z hlediska zástavbových rozměrů. Firma ENGEL poskytla CAD data zvoleného dopravníku, resp. jeho soubor ve formátu STEP, tedy mrtvou geometrii. Tento druh CAD dat je z hlediska zástavbových rozměrů a použití modelu dopravníku do sestavy dostačující. Povrch dopravníku je z černého PVC, které je soustavně schopné odolávat teplotě 80 °C a krátkodobě teplotě 100 °C. Může být umístěn tedy hned za vstříkolisem. Výlisky vypadávající ze vstříkolisu dostatečně rychle chladnou a pro dopravník tedy nepředstavují hrozbu. Rychlost dopravníku je 9m/min. Únosnost dopravníku je 30kg, což hravě pokryje potřebu pro separování plastových dílu hned po vstříknutí. Viz. Tabulka níže

Tabulka 17 - Technická data dopravníku

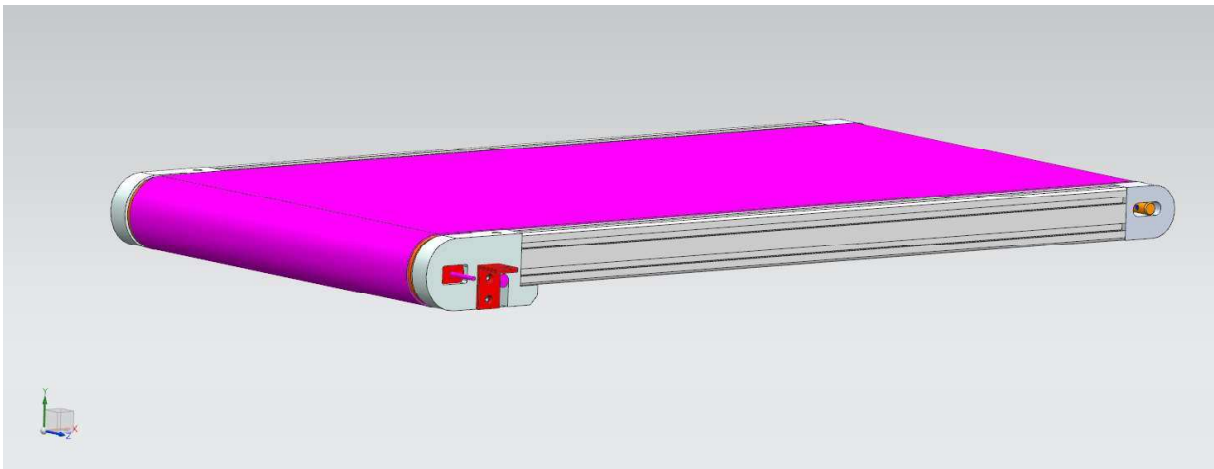
Technická data dopravníku						
Rychlost	Napětí	Krytí	Průměr motoru	Typ motoru	Výkon	Únosnost
0.15 m/s	380-420V, 50Hz	IP66/67	81 mm	BELT DRIVE 805	0.05 Kw	30 Kg
Délka	Šířka pásu	Šířka celkem				
1000 mm	500 mm	570 mm				



Obrázek 20 - Pohled na dopravník HLI od firmy ENGEL

CAD model dopravníku

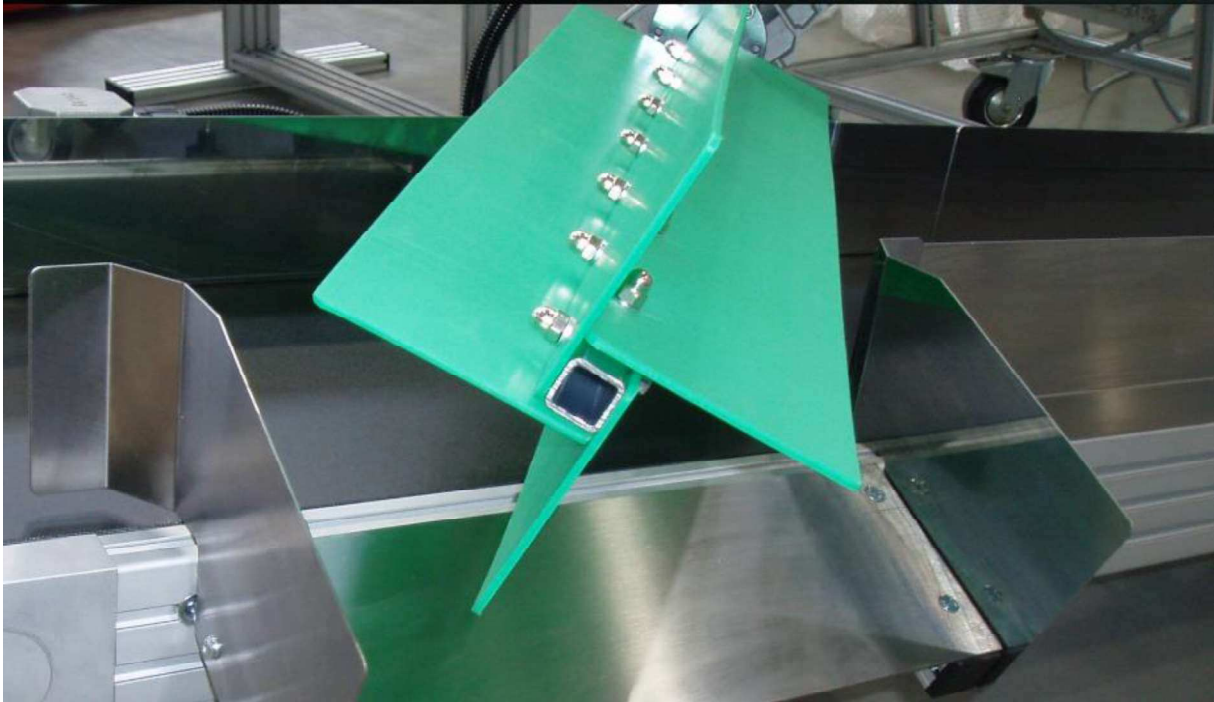
O dopravníku jsou tedy známy rozměry, funkční plocha 1000x500mm a materiál pásu. Boční rám pásu je ze slitiny hliníku. Model dopravníku je důležitý pouze z hlediska jeho vnějších rozměrů a jeho hmotnosti, celý dopravník pak bude zasazen a ukotven do celkového rámu. Model dodala firma ENGEL a pro výsledný TS v softwaru NX bude použit jejich model.



Obrázek 21 - Model dopravníku

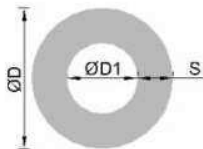
8.2. Hřídel a lopatky separátoru

Pro hřídel, která bude ukotvena na hnací elektromotor, se jako polotovar nabízí silnostěnná trubka. Materiál trubky jsem zvolil hliník, kvůli nižší hmotnosti, a tedy menším setrvačným hmotám. Firma ENGEL standartně pro jejich lopatkový separátor používá čtvercovou trubku a na každé stěně je ukotvena jedna lopatka.



Obrázek 22 - Řešení lopatek firmy ENGEL

Polotovarem pro hřídel je kruhová silnostěnná trubka s parametry 100x20.



$$D = 100 \text{ mm}$$

$$D1 = 75 \text{ mm}$$

$$S = 12,5 \text{ mm}$$

Do této trubky budou vyfrézovány drážky ve tvaru písmene T, do kterých při montáži budou zasunuty lopatky. Lopatky budou snadno výměnné při jejich poškození nebo opotřebování. Způsob uchycení lopatek na hřídeli viz. obrázek níže. Šířka dopravníku včetně bočních profilů je 570 mm. Úhel natočení separátoru vůči pásu dopravníku bude 60°. Abychom zaručili, že lopatky budou přes celou šířku pásu je nutný následující výpočet.

Délka hřídele s lopatkami:

$$délka = \frac{0,57}{\sin\alpha} = 0,658 \text{ m}$$

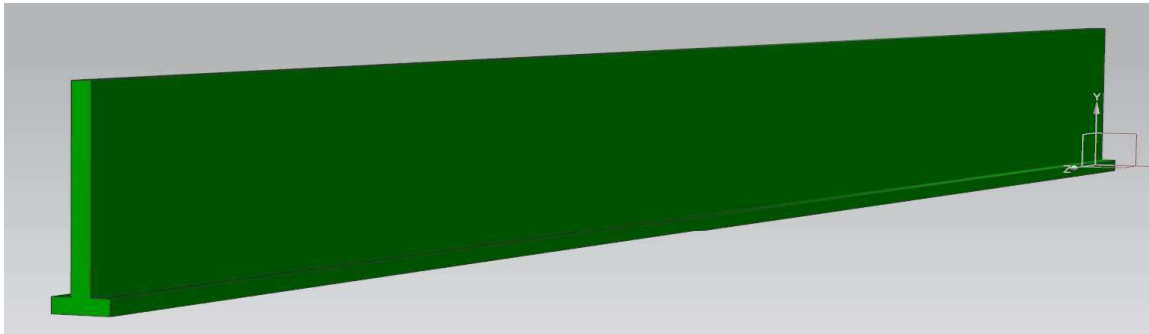
volím délku hřídele 660 mm a délku lopatek také 660 mm



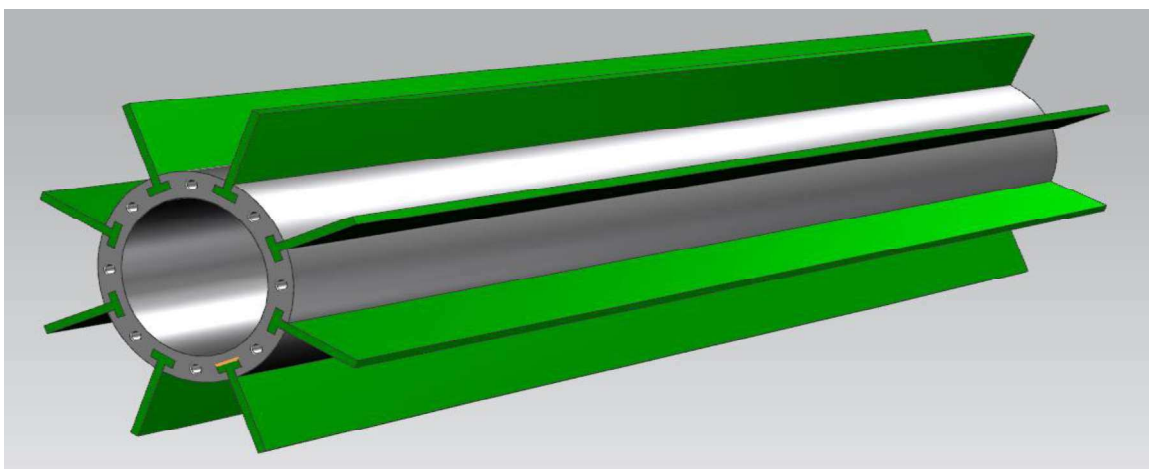
Obrázek 23 - Pohled na drážky pro lopatky v hřídeli

8.2.1. Lopatky

Z modelu výše je patrné, jakým způsobem budou upevněny lopatky v drážkách v hřídeli. Lopatky budou pouze na těsně zasunuté do drážek v hliníkové trubce a zajištěny víčky po obou jejích stranách. Na obrázcích níže je zobrazena jedna lopatka a sestava hřídele s lopatkami. Lopatky budou vyrobeny z ABS plastu. Tento materiál je pro potřeby separátoru pevnostně dostačující. Tento materiál byl zvolen hlavně z důvodu nízké hmotnosti a snadné vyrobitelnosti lopatek. Není potřeba nic svařovat a lopatka tak může být celistvá, tedy z jednoho kusu materiálu. Pokud by byl problém takovou lopatku vyrobit z důvodu její velikosti, tak můžou být například dělené na dvě části. Barva lopatek je zelená z důvodu zachování firemních barev společnosti ENGEL. Tloušťka lopatky byla zvolena **4 mm**.



Obrázek 24 - Lopatka separátoru



Obrázek 25 - Sestava hřídele s lopatkami

8.3. Návrh motoru

Motor slouží k uvedení separační hřídele s lopatkami do pohybu. Od motoru je požadováno, aby uměl pracovat s různým spektrem otáček a proměnlivým zatížením. Hlavním zatížením pro motor je hmotnost samotné hřídele. Lopatky mají v porovnání s hliníkovou trubkou hmotnost zanedbatelnou, protože jsou z ABS plastu. Výpočet tedy zjednodušíme na počítání potřebného výkonu pro samotnou trubku s jednou lopatkou, na které na jejím konci působí osamělá síla. Tato síla vychází z tření mezi dopravníkem a separovaným dílem. Separátor díly pouze odstrkuje proti směru jejich původnímu pohybu. Výlisky jsou neustále v kontaktu s dopravníkem. Tato síla přibližně reprezentuje mezní zatížení, tedy 2 kg výlisků na jednu lopatku. Povrch dopravníku uvažujeme s koeficientem tření 0,2. Reálné zatížení bude pravděpodobně vždy menší než uvažovaný 2 kg těžký předmět. Po prvotním výpočtu potřebného výkonu jej zvolíme o něco vyšší, kvůli respektování minimální hmotnosti lopatek, hmotnosti víček a dalších s tím spojených komponent. Odpor vzduchu zanedbáme. Motor bude poté vybrán z katalogu výrobců elektromotorů. Výkon musí být ještě navýšen o hmotnost spojky mezi motorem a hřídelí, a také o hmotnost spojovacího materiálu.

Okrajové podmínky výpočtu:

- Lopatky jsou absolutně tuhé
- Maximální zatížení na lopatku je 2kg (v reálné situaci, ani k takovému zatížení nedojde)
- Hmotnost lopatek zanedbám
- Koeficient tření dopravníkového pásu je 0,2
- Kontinuum výlisků je aproximováno jedním hmotným tělesem umístěným kolmo na lopatku (aby nedošlo k rozkladu na axiální a radiální složku => volím horší případ)
- Rychlost pásu je velice malá, tudíž je pro výpočet zanedbána

Zadané parametry výpočtu:

$$r = 37,5 \text{ mm}$$

$$R = 50 \text{ mm}$$

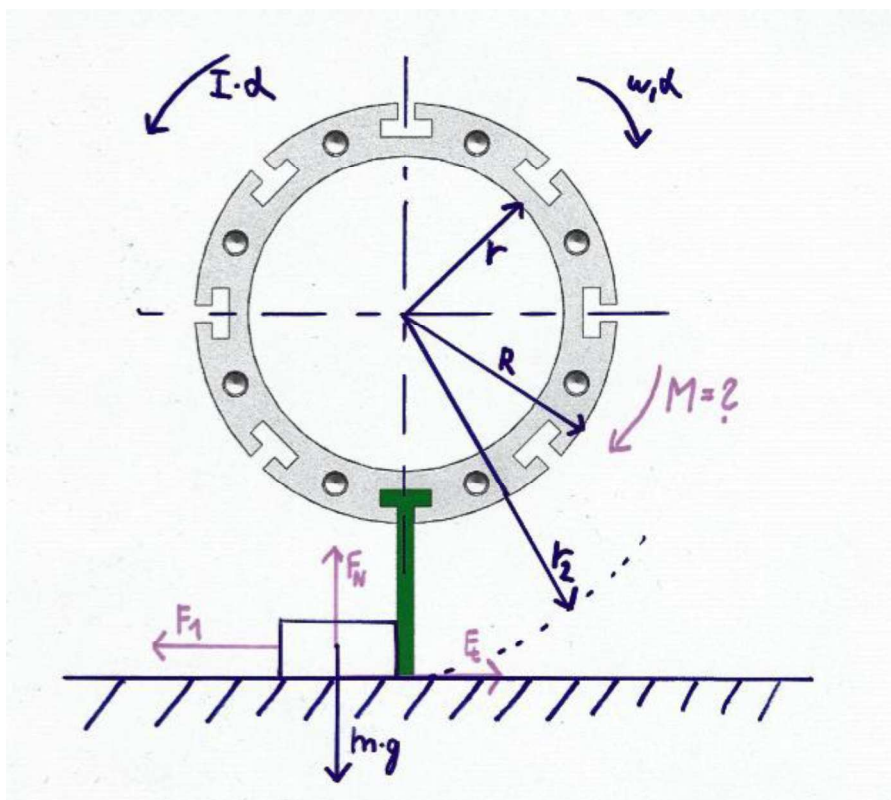
$$r_2 = 86 \text{ mm}$$

$$f = 0,2$$

Hmotnost trubky; $m = 5,5 \text{ kg}$ (hodnota vyčtena ze softwaru NX)

Max. otáčky hřídele = 120 ot/min = 2 ot/s

Čas rozběhu hřídele $t = 1,5 \text{ s}$



Obrázek 26 - Náčrt pro výpočet motoru

Stanovení síly, kterou musí lopatka působit na výlisky, aby je posunula po podložce:

Síla, kterou musí působit lopatka na těleso musí být větší než třecí síla, aby bylo možné těleso posunout po podložce.

$$F_t = f \cdot F_N$$

$$F_N = m \cdot g = 2 \cdot 9,81 = 19,62 \text{ N}$$

$$F_t = 0,2 \cdot 19,62 = 3,924 \text{ N}$$

Moment setrvačnosti k ose otáčení

$$I = \frac{1}{2} m \cdot (R^2 + r^2) = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot (0,0^2 + 0,375^2) = 0,0107 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Úhlové zrychlení hřídele

$$\alpha = \frac{2\pi n}{t} = 8,37 \frac{1}{\text{s}^2}$$

Setrvačný moment hřídele

$$M_D = I \cdot \alpha = 0,09 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Moment od výlisků

$$M_v = F_t \cdot r_2 = 3,924 \cdot 0,086 = 0,337 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Úhlová rychlost hřídele

$$\omega = 2\pi n = 12,56 \frac{1}{\text{s}}$$

Momentová podmínka ke středu S:

$$M - F_t \cdot r_2 - I \cdot \alpha = 0$$

$$M = M_v + M_D = F_t \cdot r_2 + I \cdot \alpha$$

Potřebný výkon motoru

$$P = M \cdot \omega = (M_v + M_D) \cdot \omega = (0,0107 + 0,337) \cdot 12,56 = \text{cca } 5 \text{ W}$$

Podle předešlých výpočtů byl zvolen třífázový 4-pólový elektromotor s brzdou řady RMS od firmy Raveo. Zvolený motor má označení **RMS56A4 BRAKE**. V tabulce níže jsou uvedeny jeho parametry. Po kontaktování firmy Raveo, společnost poskytla 3D CAD data motoru, pro zvolení zástavbových rozměrů.

Tabulka 18 - Parametry zvoleného motoru [2]

Označení	Velikost (IEC)	Výkon (kW)	Rychlost (ot./min.)	Krouticí moment (N.m)	Jmenovitý proud (A) při 400 V	Třída účinnosti	Hmotnost (kg)
RMS56A4 BRAKE	56	0,06	1410	0,43	0,4	IE1	4
RMS56B4 BRAKE	56	0,09	1340	0,65	0,4	IE1	5

Tento motor je vhodný pro použití současně s frekvenčním měničem. Při dimenzování pohonu je třeba brát v potaz tu vlastnost, že motor ve spojení s měničem nedosahuje plných jmenovitých hodnot výkonu, ale nejčastěji hodnot o 10 – 15 % nižších. Navíc dochází při zpomalování motoru ke snižování výkonu, při zrychlování naopak k poklesu krouticího momentu. Vypočítaný potřebný výkon motoru vyšel 5 W, proto i při těchto „ztrátách“ bude výkon motoru 60 W dostačující.[6]

CAD model motoru

Model motoru jsem získal z databáze modelů od firmy Raveo.



Obrázek 27 - Model motoru

8.4. Frekvenční měnič

Frekvenční měnič byl zvolen dle doporučení technika firmy Raveo od společnosti Bosch Rexroth. Tento frekvenční měnič je podle slov zaměstnance společnosti Raveo plně kompatibilní se mnou zvoleným elektromotorem. Frekvenční měnič slouží v plynulé regulaci otáček hřídele s lopatkami. Elektromotor podle tabulky výše má otáčky 1410 ot./min. Požadavkem separátoru je počet otáček maximálně 120 ot./min. Byl zvolen frekvenční měnič s označením **BOSCH REXROTH EFC 3610**. Na webových stránkách výrobce se rovněž dá najít 3D model měniče. Tento model bude použit ve výsledné sestavě celého TS.

Vztah mezi frekvencí napětí a otáčkami pro asynchronní motory:

$$n = \frac{60 * f}{p} * (1 - s) \quad [min^{-1}]$$

n – výstupní otáčky

f – frekvence

p – počet pólových párů

s – skluz v %

Obrázek 28 - Vztah mezi frekvencí napětí a otáčkami pro asynchronní motory [9]



Přehled parametrů

výkon: EFC3610 - 0,4 kW - 22 kW
EFC 5610 - 0,4 kW - 90 kW

vstupní napájení: 1-fázové 230 AC / 3-fázové 400 AC

funkce: STO, SIL3 PLe (EFC 5610), vektorové řízení /EFC 5610)

3 varianty displeje: bez displeje, základní LED panel, LCD panel

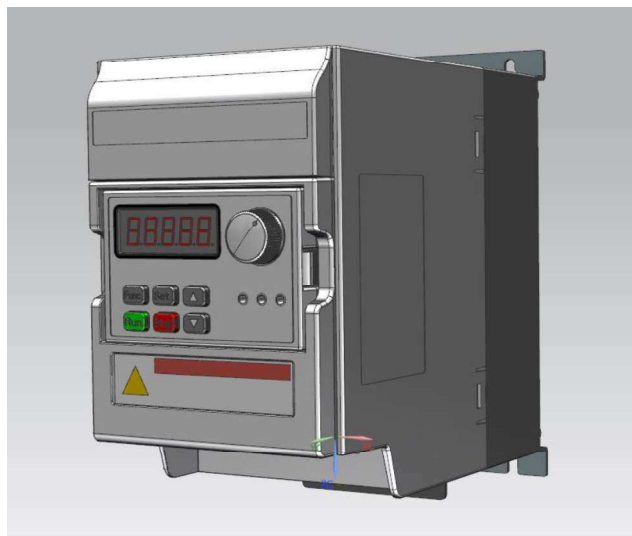
rozšiřitelnost: prostřednictvím I/O a Fieldbus modulů

certifikace: CE, UL, cUL, EAC, C-Tick (RCM), RoHS

Obrázek 29 - Přehled parametrů frekvenčního měniče [7]

CAD model frekvenčního měniče

Model frekvenčního měniče rovněž poskytla technická podpora firmy Raveo.



Obrázek 30 - Model frekvenčního měniče BOSCH

8.5. Návrh pojistné spojky

Ačkoli motor obsahuje brzdou, je nutné zaručit bezpečnost ještě jiným způsobem než pouze brzdou. Dosavadní řešení ENGELu spočívá v pohonu hřídele s lopatkami pomocí klínového řemene. Pokud je na lopatkách příliš veliký odpor, typicky když by tam nějaký zaměstnanec zapomněl ruku nebo by někdo umístil na dopravník příliš těžký předmět, tak dojde k proklouznutí řemenu. Motor by se dále otáčel, ale nepřenášel by kroučící moment dále na hřídel s lopatkami. Z mého pohledu toto řešení není moc estetické, a proto mezi motor a hřídel s lopatkami umístím pojistnou spojku. Pokud zatížení na lopatkách bude velké, jako v případech pohonu řemenem, tak spojka proklouzne a bude se opakovat výše zmíněné. Pro výběr pojistné spojky jsem zvolil výrobce spojek firmu Mayr. Na stránkách firmy jsem podle katalogu zvolil vhodnou spojku. Vycházel jsem z výpočtu výkonu motoru. Zvolený motor disponuje výkonem 60 W. Ztráty při použití frekvenčního měniče jsem uvažoval krajní hodnotu 20 %. Reálný výkon, který motor bude mít po použití měniče je 48 W.

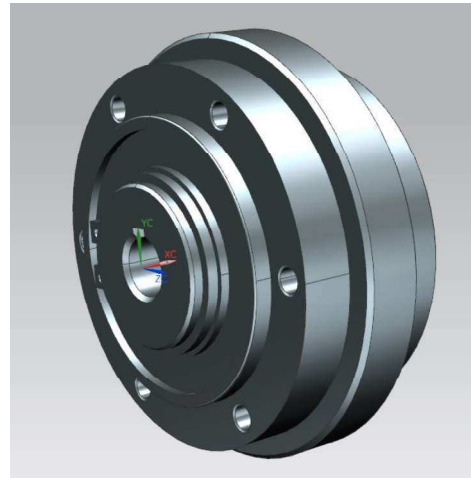
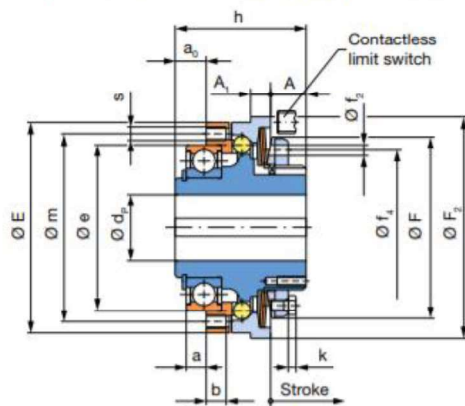
Výpočet kroučícího momentu, při kterém spojka přeruší tok kroučícího momentu:

$$P = M_k \cdot \omega$$

$$M_k = \frac{P}{\omega} = \frac{48}{12,56} = 3,82 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočtem potřebného kroučícího momentu před stanovením výkonu motoru bylo ověřeno, že takhle vysoký výkon pro separaci není potřeba. S uvážením hmotnosti víček na separační hřídeli a hmotnosti hřídele, která vede do spojky, jsem mezní hodnotu potřebného kroučícího momentu stanovil 3 Nm. Požadavek na spojku je, že pokud by mělo dojít k přetížení motoru, nebo by na dopravník bylo položeno těžší břemeno, tak spojka přeruší tok kroučícího momentu z motoru na separační hřídel s lopatkami.

Z katalogu firmy byla zvolena pojistná spojka, která při přesažení hodnoty 3 Nm rozpojí vstupní a výstupní hřídel a nedojde k poškození motoru ani lopatek separátoru.

EAS®-Compact® short hub with keyway

Obrázek 31 - Zvolený typ spojky [5]

Tabulka 19 - Tabulka z katalogu spojek [5]

EAS®-NC ratchetting clutch/synchronous clutch

Technical Data				Size ¹⁾	
				03	02
Limit torques for overload ¹⁾	Type 450.5_ _ _	M_g	[Nm]	0.65 – 1.30	2 – 5
	Type 450.6_ _ _	M_g	[Nm]	1.30 – 2.60	5 – 10
	Type 450.7_ _ _	M_g	[Nm]	2.00 – 3.80	6 – 15
Max. speed		n_{max}	[rpm]	4000	4000
Thrust washer stroke on overload			[mm]	0.8	1.0

Byla zvolena spojka s označením **450.525.0** velikosti 02. Tuto spojku lze nastavit i pro hodnotu kroutícího momentu 3 Nm. CAD data byla stažena ze stránek výrobce, průměr hřídele byl výpočtem stanoven na 15 mm. Pro připojení příruby slouží 6 šroubů M3. Průměr roztečné kružnice šroubů pro přírubu je 42 mm. Výrobce navíc udává, že spojka je schopná částečně vyrovnávat nesouosost příruby a hřídele. Přenos kroutícího momentu mezi hřídelí a spojkou je realizován pomocí těsného pera.

8.6. Návrh uložení hřídele s lopatkami

Hřídel s lopatkami je daná, ale je potřeba zvolit průměr a materiál hřídele, která povede z víčka skrze ložisko až do spojky. Budeme vycházet z maximálního kroučícího momentu, který dovolí přenést výše zvolená spojka. Vypočítaný průměr o něco zvětším, kvůli tíze bubnu s lopatkami a namáhání na ohyb, na závěr výpočet zkontroluji na krut i na ohyb, pomocí redukovaného napětí. Výsledek je předběžný a finální hodnoty zkontroluji pomocí MKP po sestavení celé sestavy TS. Zatím není jisté, jak bude potřeba aby byla dlouhá hřídel vedoucí z víčka až do spojky. Hřídel s lopatkami uvažuji jako spojitě zatížení a nahradím ho osamělou silou v těžišti hřídele s lopatkami. Tento předběžný výpočet bude v závěru práce ověřen pomocí MKP, kde budu vyhodnocovat průhyb i namáhání nosné hřídele. Bod A symbolizuje ložisko vysmekávací spojky a bod B symbolizuje navrhovanou ložiskovou jednotku.

Zadané parametry výpočtového modelu:

Maximální hodnota, při které přestane téct kroučící motor z motoru na separační hřídel je 3 Nm. Tento moment převedeme na maximální sílu, která může vzniknout na lopatce. Tuto sílu označíme jako F_o . Reálně nejspíše nikdy takhle veliká síla na lopatku působit nebude, ale spojka by tento stav umožnila. Abychom nasimulovali nejhorší stav, který může nastat umístíme pro výpočet reakcí sílu F_o až na konec hřídele s lopatkami. Jedná se tedy o hřídel namáhanou kombinovaně na ohyb a krut. Z analýzy napjatosti vyplývá, že se jedná o rovinnou napjatost.

$$M_k = F_o \cdot r_2$$

$$F_o = \frac{M_k}{r_2} = \frac{3}{0,086} = 34,88 \text{ N}$$

$m = 5,5 \text{ kg}$; *hmotnost hřídele s lopatkami*

Materiál: 11 600

$$\tau_{dk} = 30 \text{ Mpa}$$

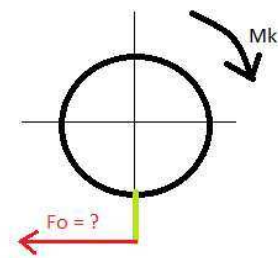
$$\sigma_k = 300 \text{ Mpa}$$

$$M_t = 3 \text{ Nm} = 3000 \text{ Nmm}$$

$$L_1 = 100 \text{ mm}$$

$$L_2 = 740 \text{ mm}$$

$$L_3 = 400 \text{ mm}$$



$$\tau_{dk} = \frac{M_t}{W_k}$$

$$W_k = \frac{M_t}{\tau_{dk}} = \frac{3000}{30} = 100 \text{ mm}^3$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_h^3}{16}$$

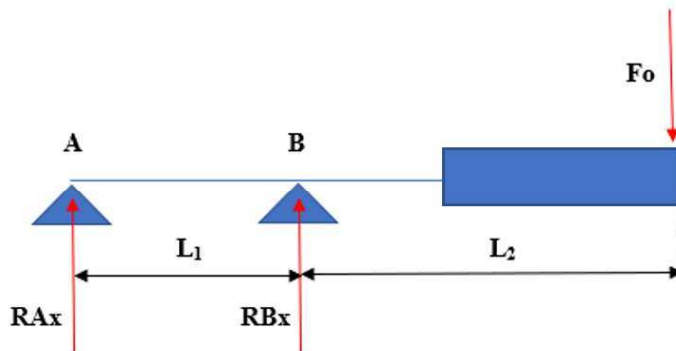
$$d_h^3 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_k}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 100}{\pi}} = 7,98 \text{ mm}$$

Volím průměr hřídele **15mm**

Pozn. Hřídel byla dimenzována i s ohledem na ohybový moment, který je v tomto případě dominantnější než kroučící moment.

Výpočet:

Rovina XZ:



$$\sum F_{iy} = 0 : \quad Rax + Rbx - Fo = 0$$

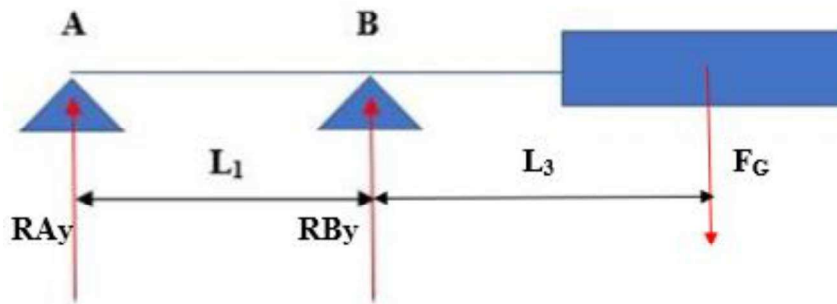
$$\sum M_{iA} = 0 : \quad Fo \cdot (L_1 + L_2) - Rbx \cdot (L_1) = 0$$

$$Rbx = \frac{Fo \cdot (L_1 + L_2)}{L_1} = 293 \text{ N}$$

$$Rax = Fo - Rbx = -258,1 \text{ N}$$

$$Mox = Rax \cdot L_1 = 122 \cdot 0,2 = 25,8 \text{ Nm}$$

Rovina XZ:



$$F_G = m \cdot 9,81 = 53,96 \text{ N}$$

$$\sum F_{iy} = 0 : \quad R_{Ay} + R_{By} - F_G = 0$$

$$\sum M_{iA} = 0 : \quad F_G \cdot (L_3 + L_1) - R_{By} \cdot (L_1) = 0$$

$$R_{By} = \frac{F_G \cdot (L_3 + L_1)}{L_1} = 269,8 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = F_G - R_{By} = -215,84 \text{ N}$$

$$M_{oA} = R_{Ay} \cdot L_1 = 215,84 \cdot 0,1 = 21,584 \text{ Nm}$$

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = 336,45 \text{ N}$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = 398,29 \text{ N} \quad \text{Tahle reakce je hledaná radiální síla na ložisko}$$

$$M_o = \sqrt{M_{o_x}^2 + M_{o_y}^2} = 33,64 \text{ Nm} \quad \text{Ohybový moment působící na hřídel}$$

Kontrola namáhání hřídele:

$$\tau_k = \frac{M_t}{W_k} = \frac{3}{\frac{\pi \cdot 0,015^3}{16}} = 4,53 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{33,64}{\frac{\pi \cdot 0,015^3}{32}} = 101,5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 4 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{98,31^2 + 4 \cdot 4,53^2} = 101,9 \text{ Mpa}$$

Bezpečnost oproti mezi kluzu

$$s = \frac{\sigma_k}{\sigma_{red}} = \frac{300}{98,726} = 2,94$$

Podle katalogu výrobce, byla zvolena ložisková jednotka s označením **SY 15 TF**

Podle výrobce pokud $F_{ax}/F_{rv} < e$, tak $P = F_{rv}$

Constant bearing load

Y-bearings and Y-bearing units are often subjected to simultaneously acting radial and axial loads. If the resultant load is constant in magnitude and direction, the equivalent dynamic bearing load P can be obtained from the general equations

$$P = F_r \quad \text{when } F_a/F_r \leq e$$

$$P = X F_r + Y F_a \quad \text{when } F_a/F_r > e$$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

If speed is constant, the basic rating life expressed in operating hours can be obtained using

$$L_{10h} = \frac{1.000.000}{60 n} \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

or

$$L_{10h} = \frac{1.000.000}{60 n} L_{10}$$

Obrázek 32 - Vzorce pro výpočet ložiskové jednotky [13]

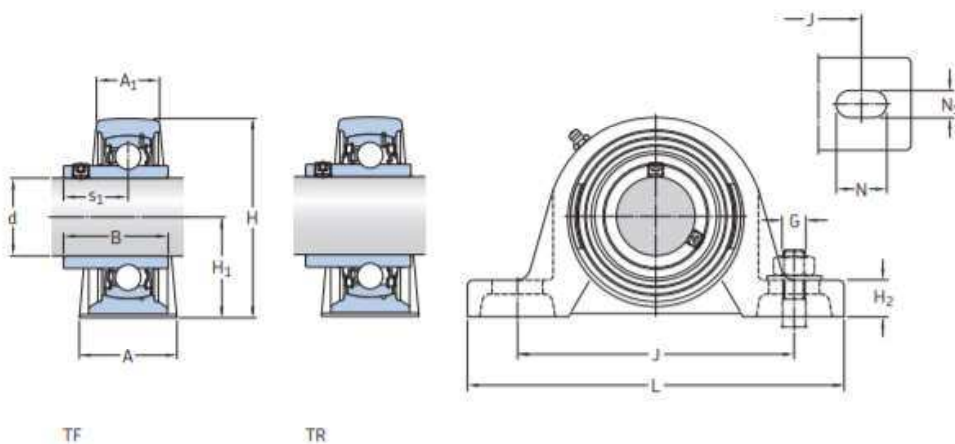
Hodnota e je podle katalogu ostře větší než F_{ax}/F_{rv}

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{9,56}{0,226}\right)^3 = 13\,858 \text{ milionů otáček} - \text{VYHOVUJE}$$

$$L_h = \frac{16666 \cdot L_{10}}{n} = 1\,924\,700 \text{ h} - \text{VYHOVUJE}$$

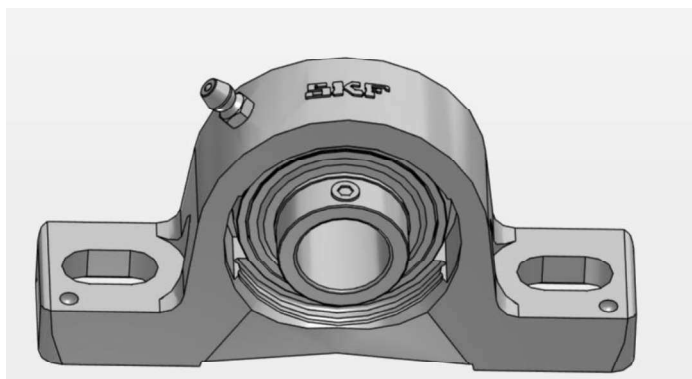
Tabulka 20 - Tabulka parametrů ložiskové jednotky

Y-bearing plummer block units with a cast housing and grub screws, metric shafts
d 12 – 60 mm



Dimensions											Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance h6	Designation		
d	A	A ₁	B	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N ₂	G	s ₁	dynamic C	static C ₀	P ₀	r/min	Bearing unit
mm													kN	kN		-	
12	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 12 TF
15	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 15 TF
17	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 17 TF
20	32	21	31	65	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	12,7	6,55	0,28	8 500	SY 20 TF
	34	23	31	65	33,3	14	97	127	20,7	13	10	18,3	12,7	6,55	0,28	8 500	SY 20 TF
	32	21	31	65	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	12,7	6,55	0,28	5 000	SY 20 TR

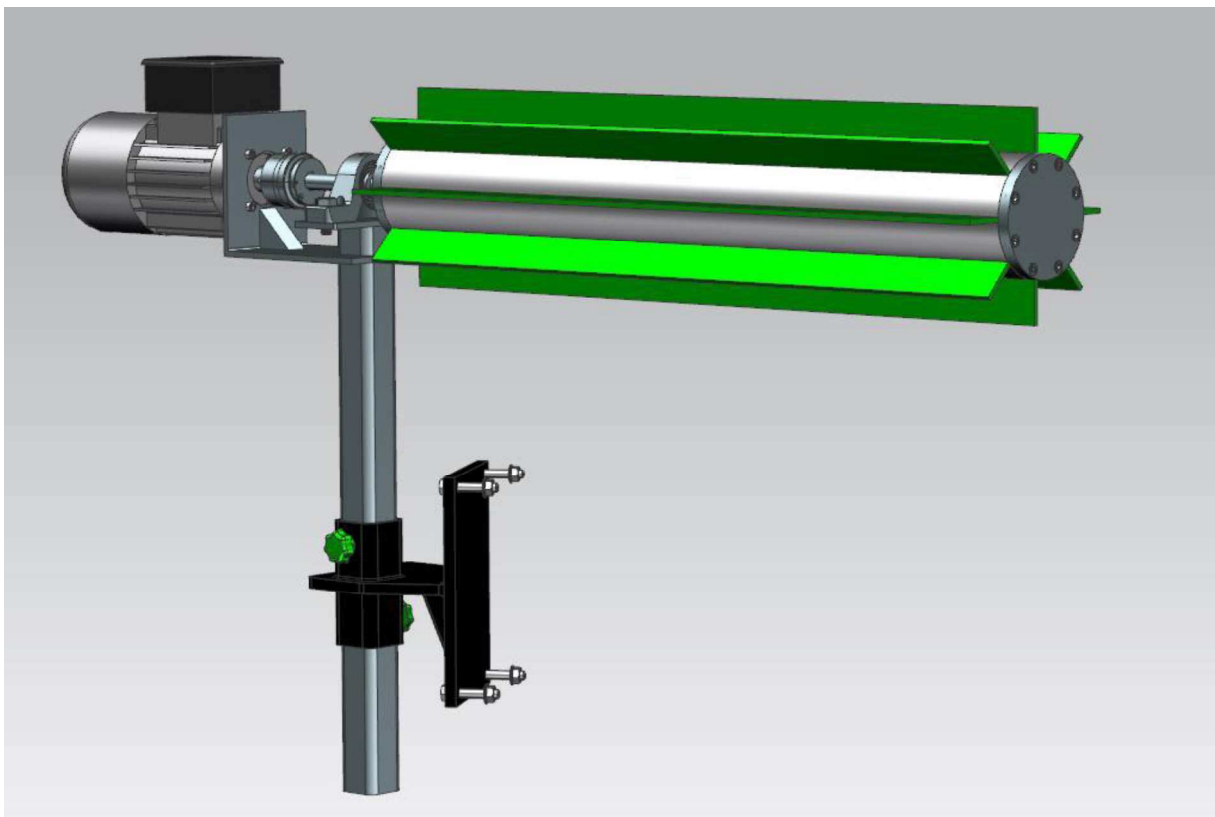
Z výpočtů ložiska vychází, že ložisko je extrémně předdimenzované. Nicméně menší ložisková jednotka by nebyla kompatibilní s napočítaným průměrem hřídele. Hřídel bude v ložiskovém domku axiálně pojištěna proti posunutí pomocí dvou stavěcích šroubů.



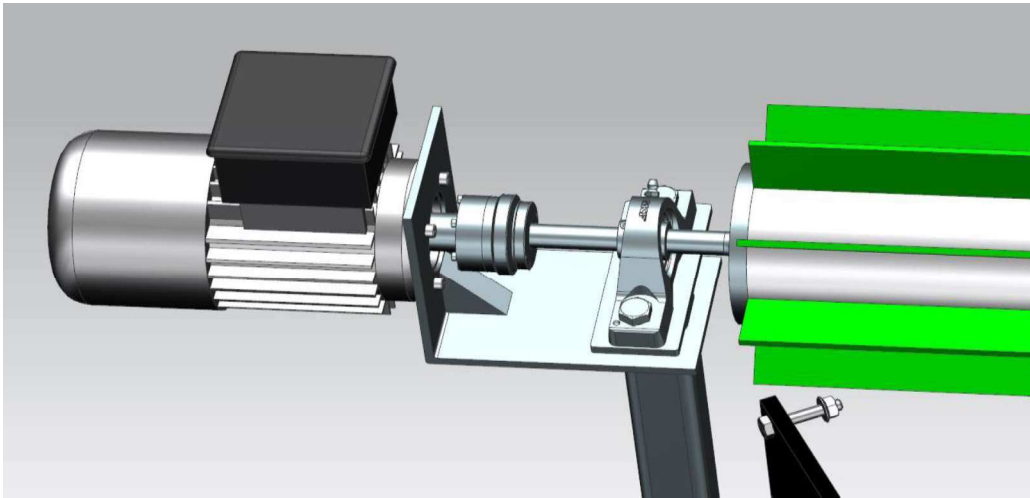
Obrázek 33 - Model ložiskové jednotky [13]

8.8. Sestava hnacího ústrojí

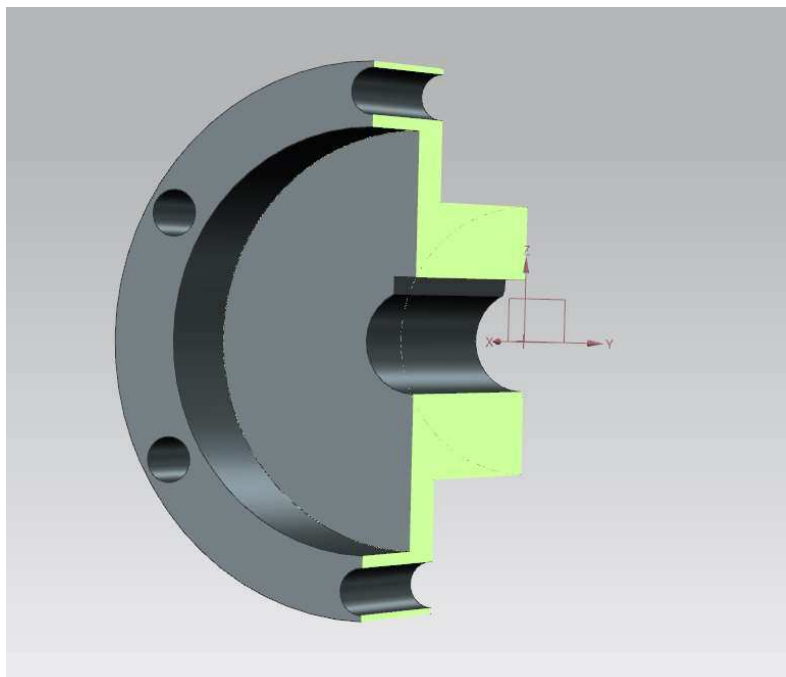
V této kapitole bude sestavena sestava hnacího ústrojí. Hnací ústrojím je myšlena nosná konstrukce motoru a hřídele s lopatkami. Mezi hřídel s lopatkami a motor je umístěna pojistná spojka a ložisková jednotka. Na bubnu s lopatkami je z každé strany umístěno víčko z důvodu pojištění lopatek proti vysunutí z drážek. Na straně motoru je víčko a hřídel vstupující do spojky lícovaně vystředěno a axiálně pojištěno pomocí matice M10. Soustružení hřídele proběhne na jedno upnutí a tím bude zaručena geometrická tolerance házení. Druhou možností výroby je dražší konstrukce z jednoho kusu materiálu. Myšleno tím že hřídel i víčko budou jedna komponenta. Víčka jsou vystředěna na vnitřním průměru hliníkové trubky s lopatkami.



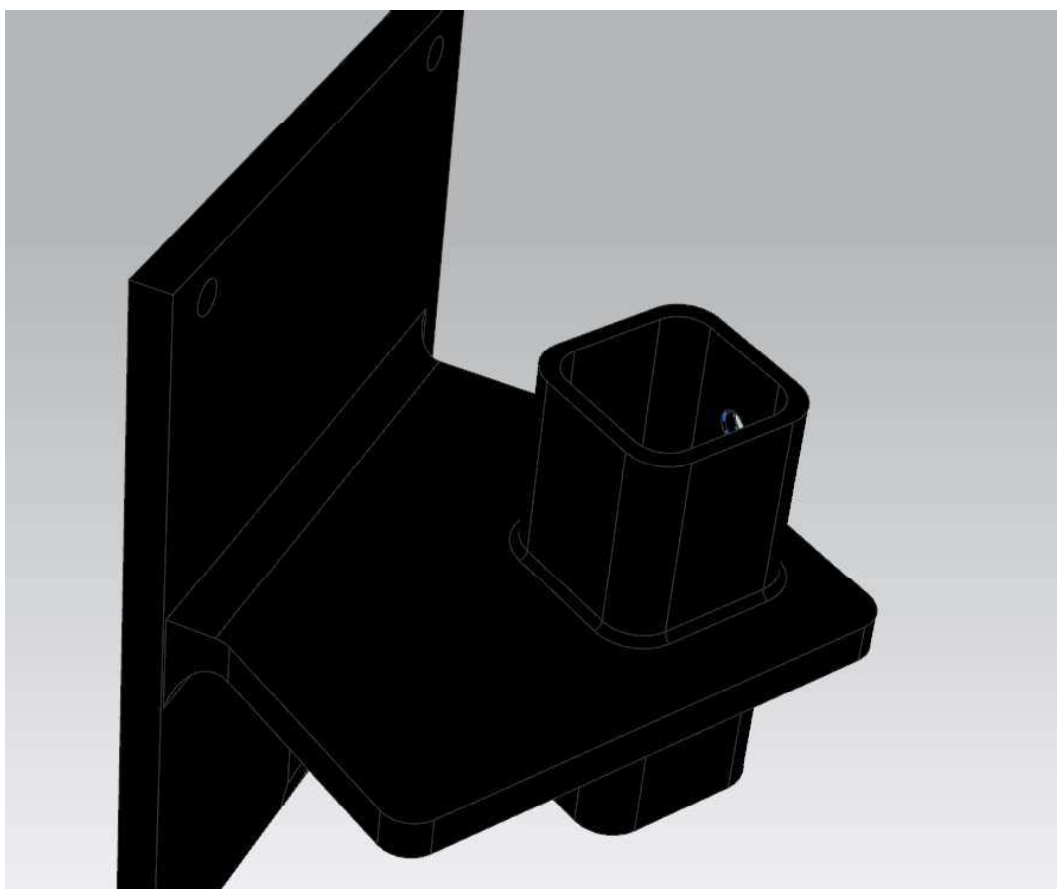
Obrázek 34 - Sestava hnacího ústrojí 1

**Obrázek 35 - Sestava hnacího ústrojí 2**

Na druhém obrázku je vidět, jakým způsobem je spojena hřídel s lopatkami s motorem. Na hřídeli motoru je pevně upevněna příruba vstupující do vysmekávací spojky. Na hřídeli motoru je proti pootočení zajištěna pomocí těsného pera a proti posunutí je zajištěna maticí (viz. Obrázek 36). Příruba motoru je přišroubována ke spojce pomocí šesti šroubů, jak požaduje výrobce spojky. Z druhé strany do spojky vstupuje hřídel s víčkem. Hřídel je proti pootočení zajištěna ve spojce rovněž pomocí pera a proti posunutí je zajištěna, až v ložiskové jednotce. Z důvodu zanedbatelných axiálních sil, které na separátor působí bude dostatečné zajištění pouze pomocí dvou stavěcích šroubů. Ložisko je k nosné desce přišroubováno pomocí dvou šroubů M10 bez matic. Závit je vyříznutý přímo do nosné desky. Ložisková jednotka disponuje oválnými dírami, tím je možné vyrovnat nesouosost motoru a ložiska. Rovněž díry v držáku motoru mají vůli pro vyrovnání drobné nesouososti při montáži. Deska, na které je připevněna ložisková jednotka tvoří společně s čtvercovou trubkou svařenec. Posunem této čtvercové trubky v držáku hnacího ústrojí je možné nastavit velikost separační štěrbin, a tím velikost separovaných dílů. Toto nastavení je zajištěné pomocí dvou aretačních ergonomických prvků. Celý držák je rovněž svařenec, který je oproti celé konstrukci relativně masivní a vyztužený žebry z důvodu jeho tuhosti. Tento prvek je klíčový společně s hřídelí k zaručení optimální separační kvality a udržení konstantní separační štěrbin.



Obrázek 36 - Detail příruby motoru v řezu



Obrázek 37 - Detail držáku hnacího ústrojí

8.9. Sestava rámu a dopravníku

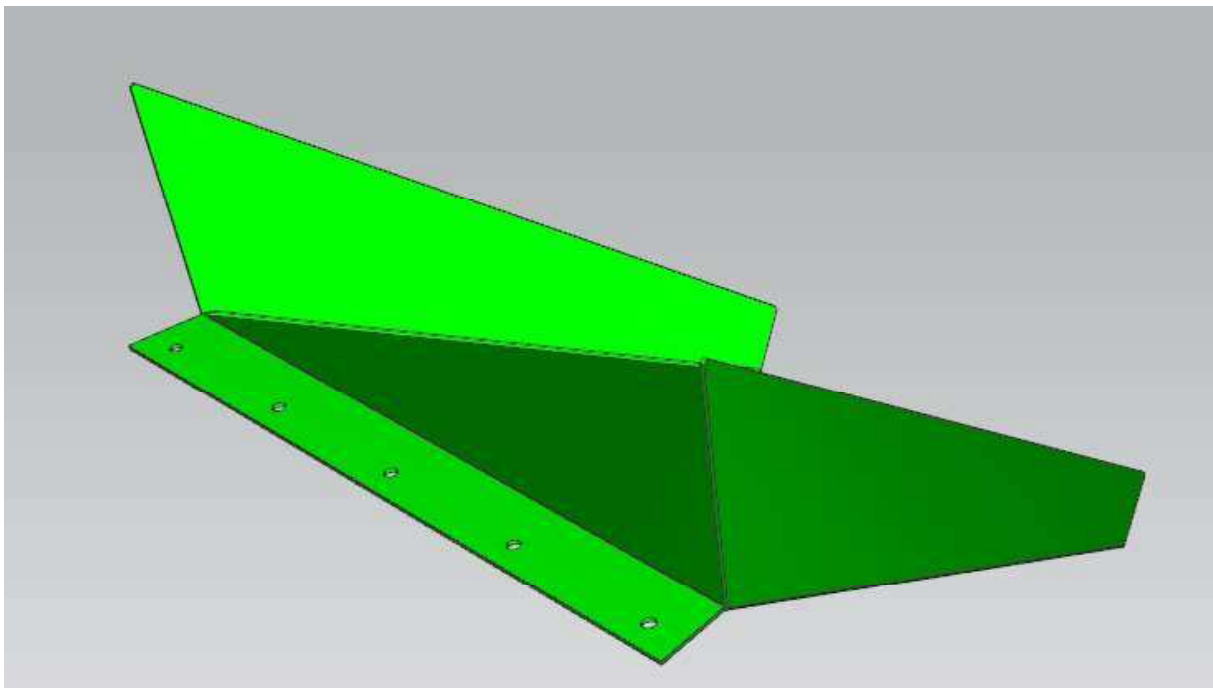
Celý rám je sestavený z profilů 50x20 s tloušťkou stěny 3 mm. Celý rám je optimalizovaný na rozměry dopravníku dodaného firmou Engel. Konstrukce je doplněna čtyřmi brzděnými kolečky. Tyto kolečka zajistí celému technickému systému dostatečnou mobilitu. Zároveň mají však kolečka dostatečnou nosnost pro celý TS. Rám je sešroubovaný pomocí šroubů M6. Celý rám bude ve výsledné sestavě doplněn o oplechování, které vytvoří kvalitní design a poskytne prostor pro připevnění dalších komponent.



Obrázek 38 - Sestava rámu s dopravníkem

8.10. Usměrňovač separovaných dílů

Další problém, který bylo nezbytné vyřešit je usměrnění a svod separovaných dílů. Od pracovníků firmy ENGEL vím, že díly se přepravují v boxech a přepravech k tomu určených. Svod proto musí být ideálně na jedno místo, kam se umístí krabice. Z tohoto pohledu je nejlacinější variantou, jak toto zajistit, naohýbaný plech do tvaru „trychtýře“. Celý svod je zhotovený z plechu o tloušťce 1,5mm. Tento plech je přišroubovaný, případně přinýtovaný k tělu dopravníku na úrovni konce separačních lopatek. Tento díl tedy usměrňuje části, které neprojdou pod lopatkami dále, konkrétně vtoky nebo výlisky.



Obrázek 39 - Usměrňovač separovaných dílů

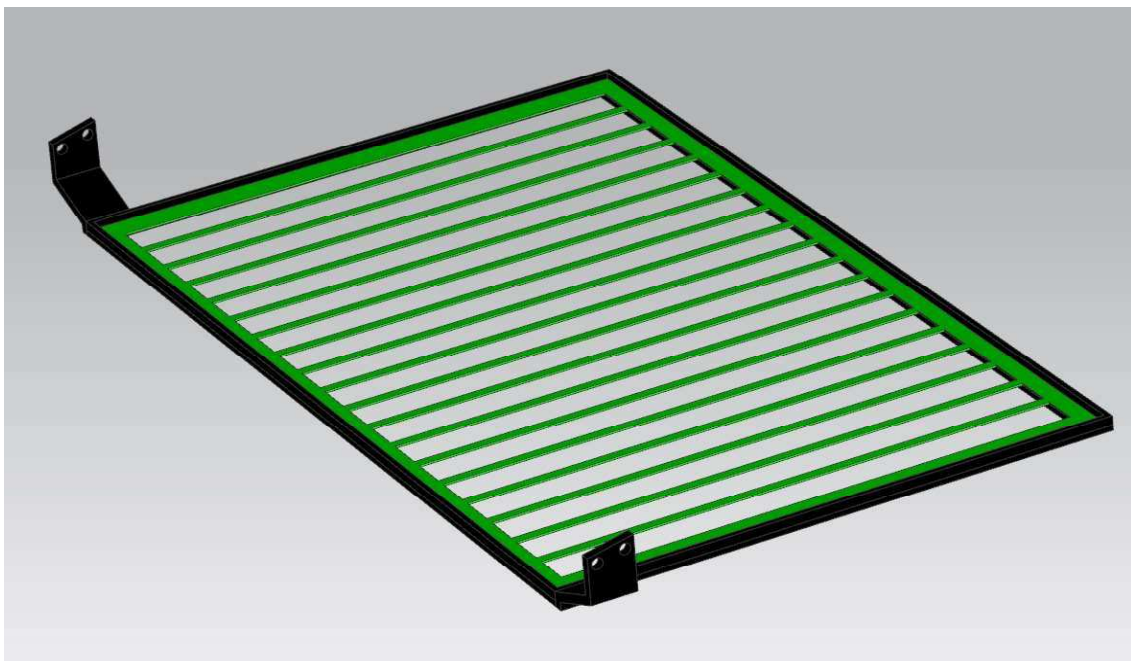
8.11. Sekundární separace

Jedním ze zadávajících parametrů byla maximální možná kvalita separace. Lopatkový separátor nemá obecně úplně nejvyšší úspěšnost separace. Tuto separaci je možné zvednout tím, že celý systém doplníme ještě dalším prvkem separace, který bude aktivní pouze v případě neúspěšné separace lopatkami, například v případě, kdy bude separovaný díl velice velikostně příbuzný separovanému vtoku. Sekundární separace bude realizována pomocí držáku na konci dopravníku a vyměnitelných destiček různé velikosti. Tento prvek je velice příbuzný štěrbinovému separátoru. U štěrbinového separátoru je ale problematické přenastavení těchto štěrbin a jejich přestavení do nové polohy.



Obrázek 40 - Držák sekundární separace

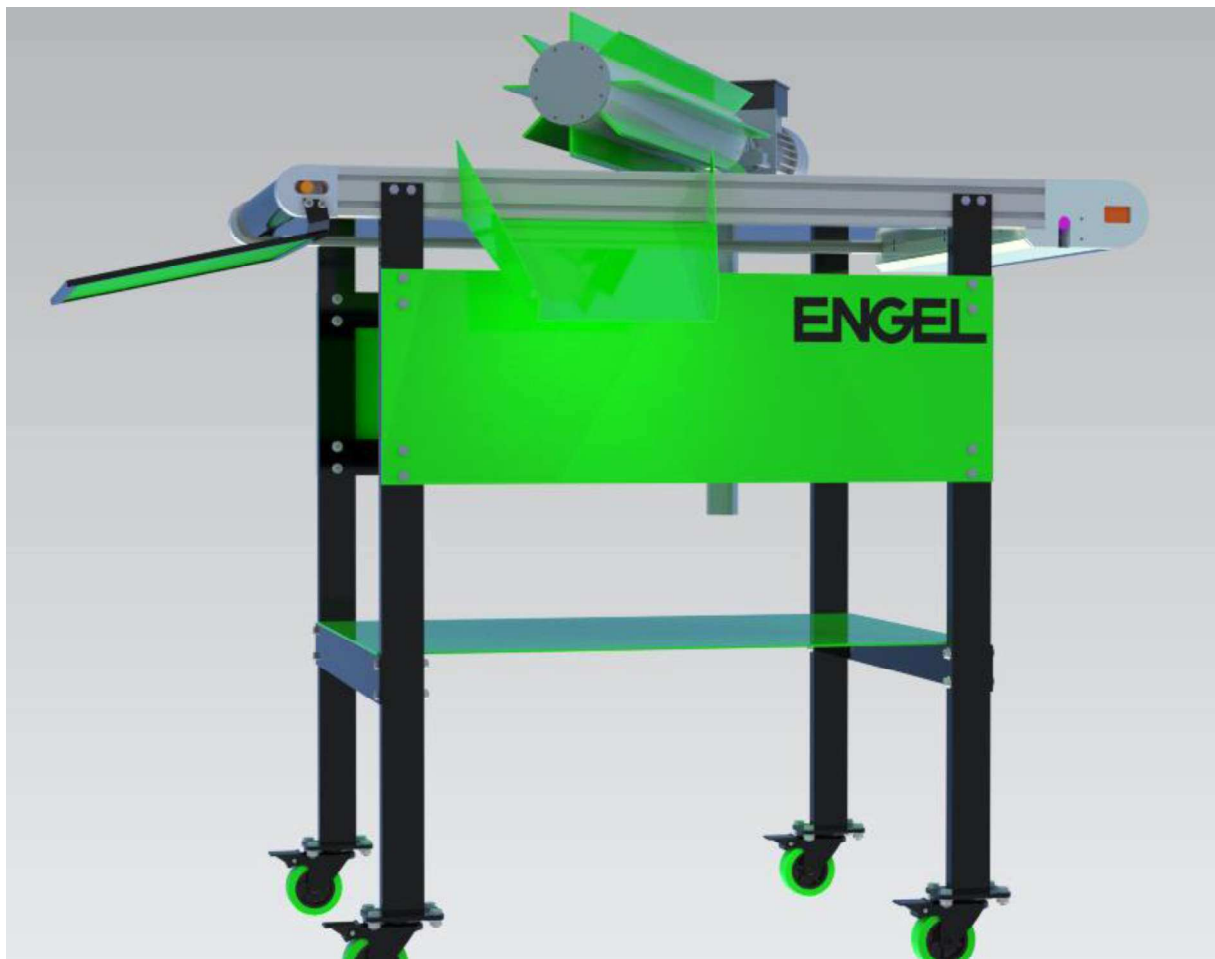
Tento držák je ukotven pomocí čtyř šroubů na konstrukci dopravníku, na jeho úplném konci. Na tomto držáku bude pouze položena separační destička, která bude mít otvory požadované velikosti. Shodné výrobky propadnou dolů a případné nežádoucí vtoku zůstanou nad destičkou. Destičky budou vyráběny jako výpalky z tenkého plechu. Požadavky na plech nejsou náročné, plech nenesou skoro žádné zatížení. K separátoru jich bude dodána celá řada podle toho, jak velké výrobky budou separovány. Separační deska je na obrázku níže znázorněna zelenou barvou.



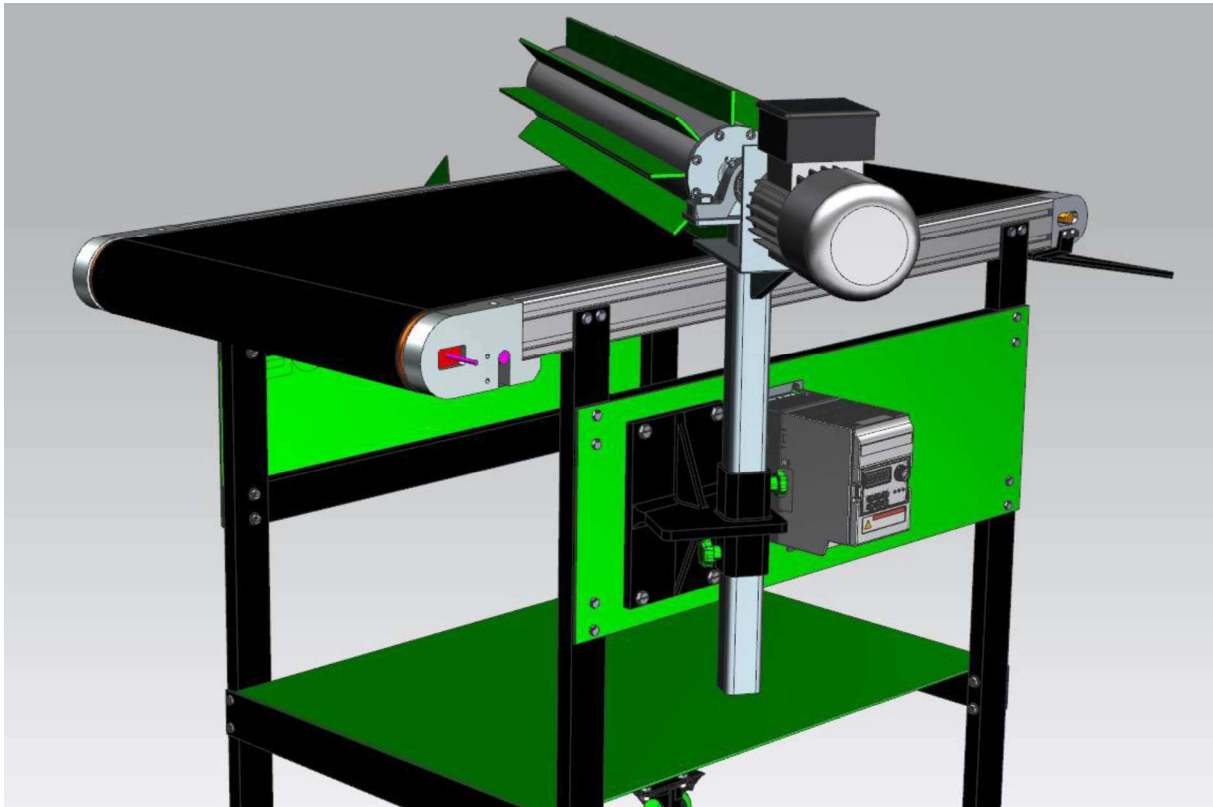
Obrázek 41 - Sestava sekundární separace

9. Prediktivní zpracování a design celé sestavy TS

V této kapitole došlo k sestavení daných komponent, které byly představeny v kapitole návrhu hrubé stavební struktury. Po zapasování jednotlivých komponent do sebe a vytvoření sestavy v programu NX, byla sestava doplněna o spojovací materiál (šrouby, matky apod.). Neméně důležitou částí této práce je design celého technického systému. Firma ENGEL se prezentuje převážně zelenou a černou barvou. Z důvodu větší atraktivity TS pro zákazníka je nutné dodržet tyto firemní barvy a pokusit se je dokonale sladit. Níže je sled několik obrázků, které představují můj finální návrh tohoto designu. Na celé sestavě není řešena kabeláž, která vede z bubnu dopravníku a z motoru, který pohání separační hřídel. Má představa je, že kabeláž povede dovnitř čtvercové trubky a skrze ni bude svedena k zemi a zapojena do sítě. Cílem této cesty pro kabeláž je, aby kabeláž jako taková nenarušila celkově dobře vypadající koncepci separačního zařízení. Z důvodu pevnosti celého systému, byla doplněna do konstrukce žebra kvůli zvýšení pevnosti a tuhosti sestavy. Tyto žebra nebylo možné umístit dopředu, protože nebylo předem jasné, jak bude celá sestava vypadat a kde budou její nejslabší místa.



Obrázek 42 - Sestava TS

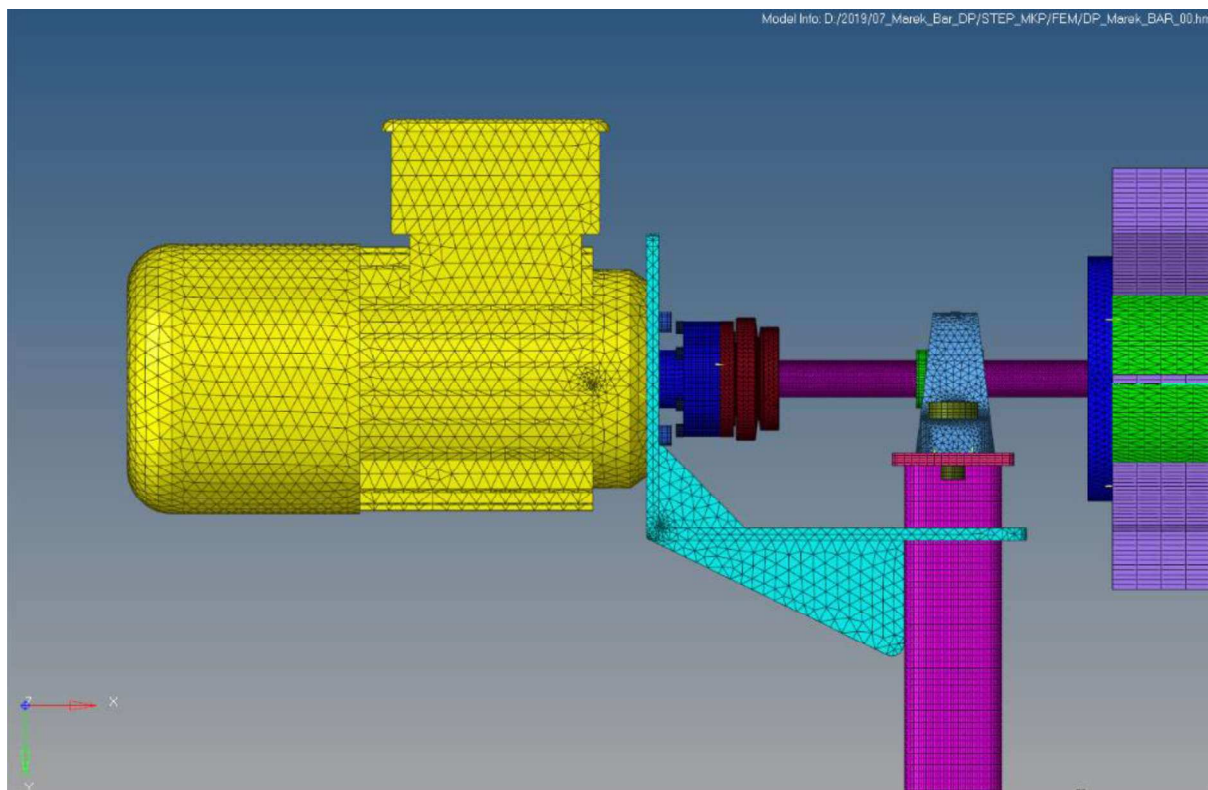


Obrázek 43 - Sestava TS 2

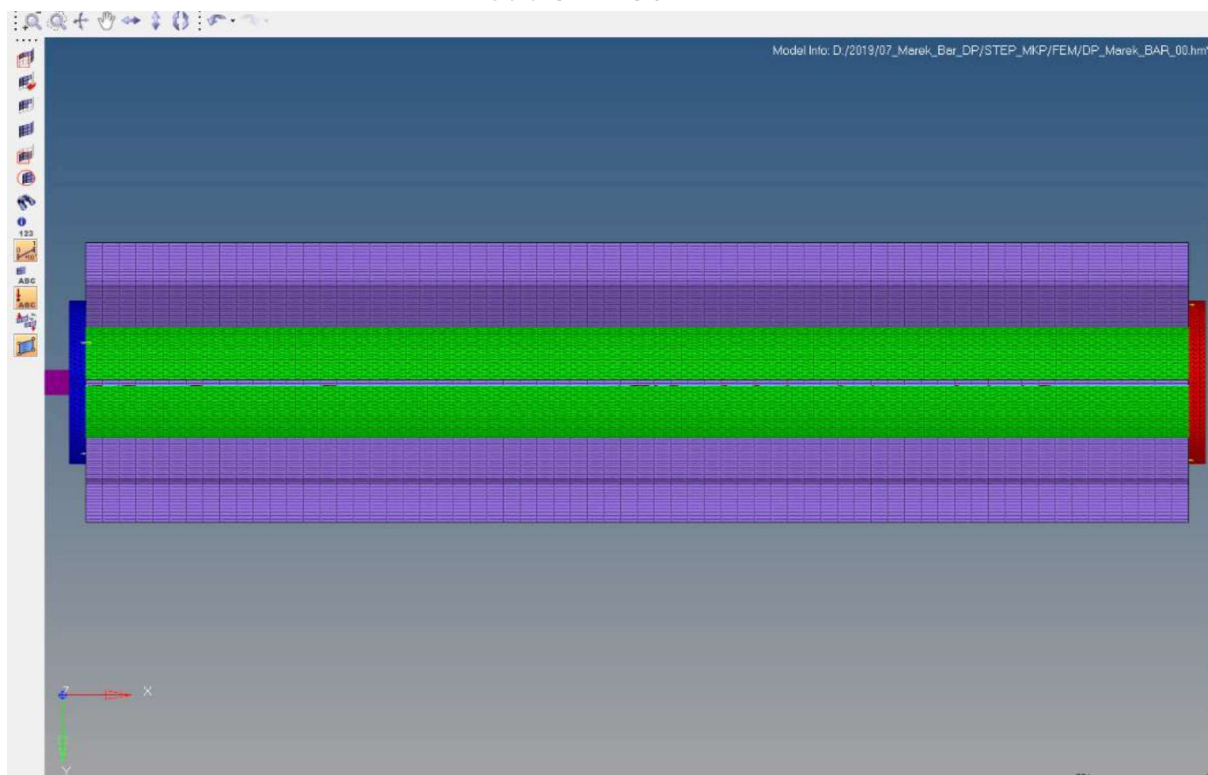
10. Prediktivní validace pevnosti a tuhosti konstrukce pomocí MKP

Pomocí metody konečných prvků má u sestavy tohoto rázu smysl kontrolovat pouze hřídel na ohyb a to jak napětí, tak posunutí. Je potřeba vyhodnotit průhyb u hřídele z důvodu minimalizování jeho hodnoty a maximalizování její životnosti. Konkurenční řešení vykazují velkou míru házivosti z důvodu velkého průhybu právě této hřídele. Cílem výpočtů MKP je tedy eliminace tohoto problému, před případnou výrobou prototypu. Protože v předběžném výpočtu průhybu nebylo zcela jasné, jak robusní budou víčka, kolik celá sestava separačního systému bude vážit a kde přesně bude ležet těžiště. Z tohoto důvodu jsem zvolil vyhodnocení průhybu pomocí metody konečných prvků až po složení celé sestavy. Síťování probíhalo v programu Hypermesh a jako řešič byl zvolen program PERMAS. První počítaný stav byl stav montáže, kdy byly definovány veškeré kontakty a předpětí šroubů. Druhý zátěžný stav byl pouze od vlastní hmotnosti separační hřídele s lopatkami a ostatních částí systému (včetně montáže). V posledním zátěžném stavu je aplikována mezní síla na lopatku, při které dojde k proklouznutí vysmekávací spojky, předpětí šroubů i tíhové zrychlení.

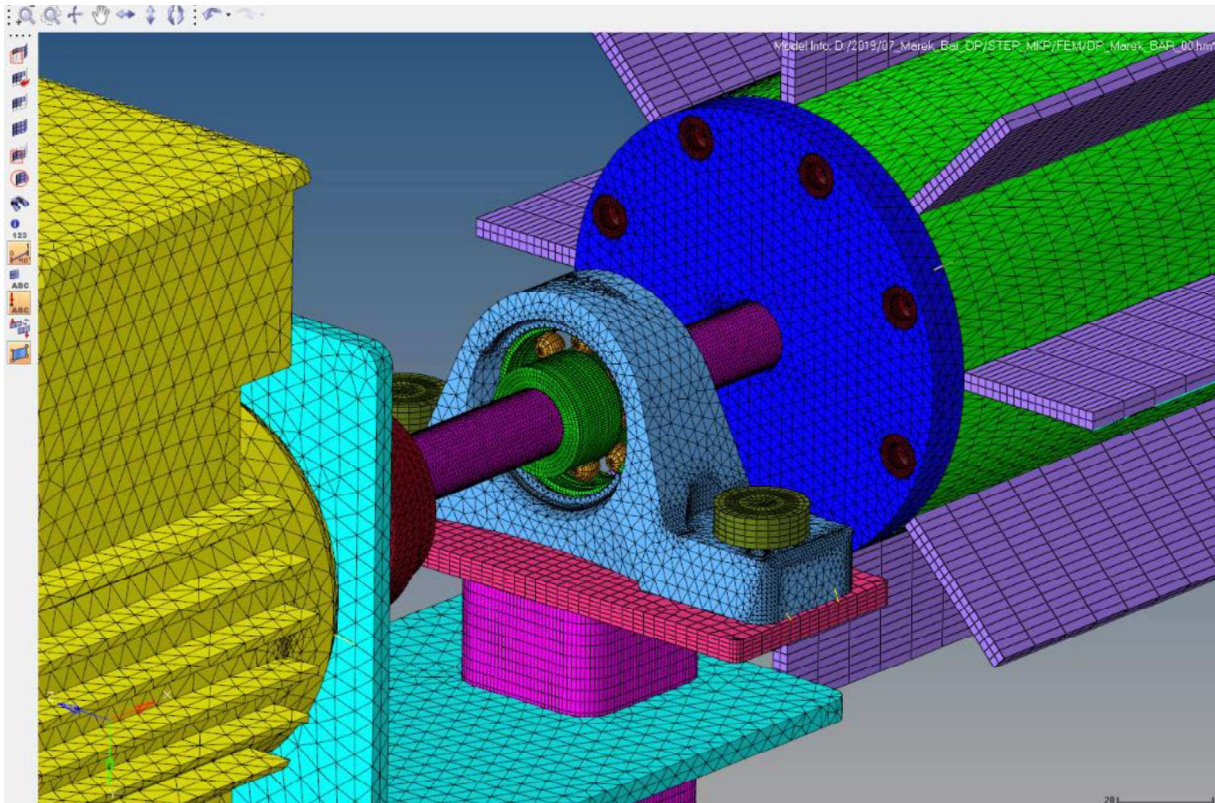
Při síťování byly použity kombinovaně elementy typu TETRA10 a HEXA8.



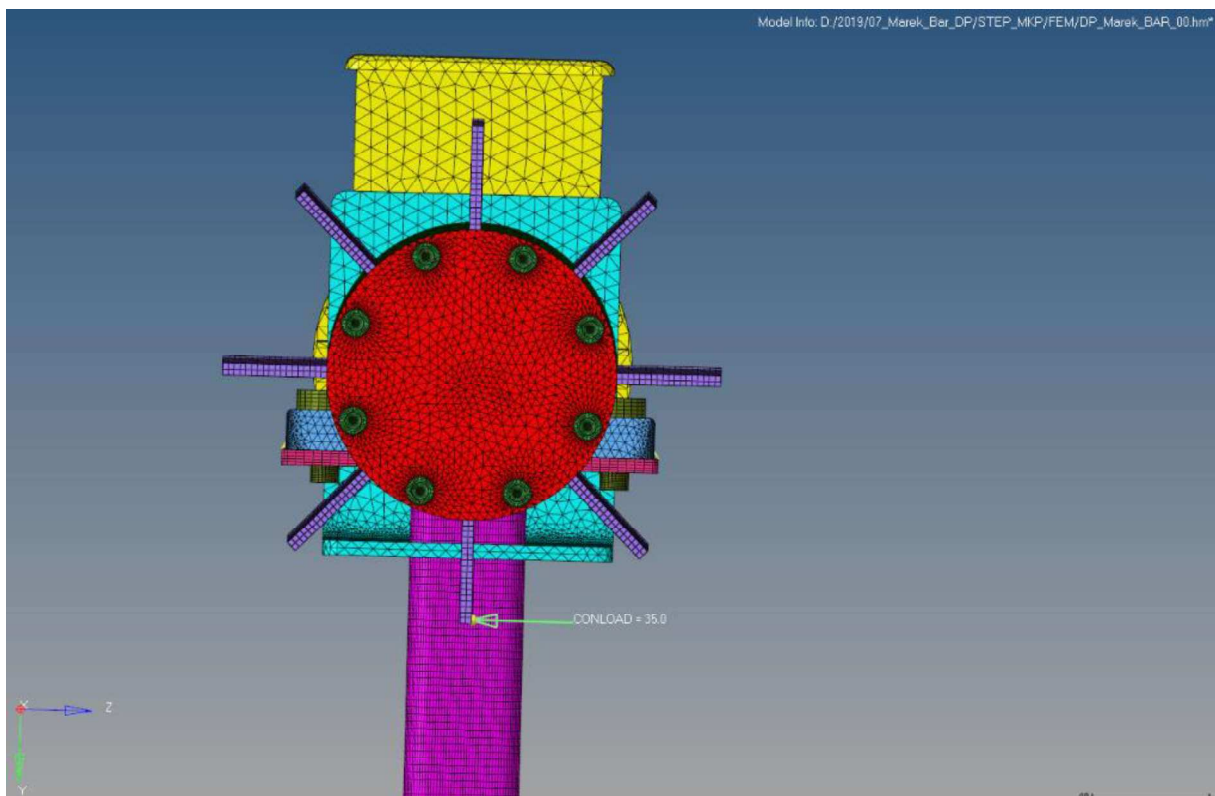
Obrázek 44 - Síť MKP 1



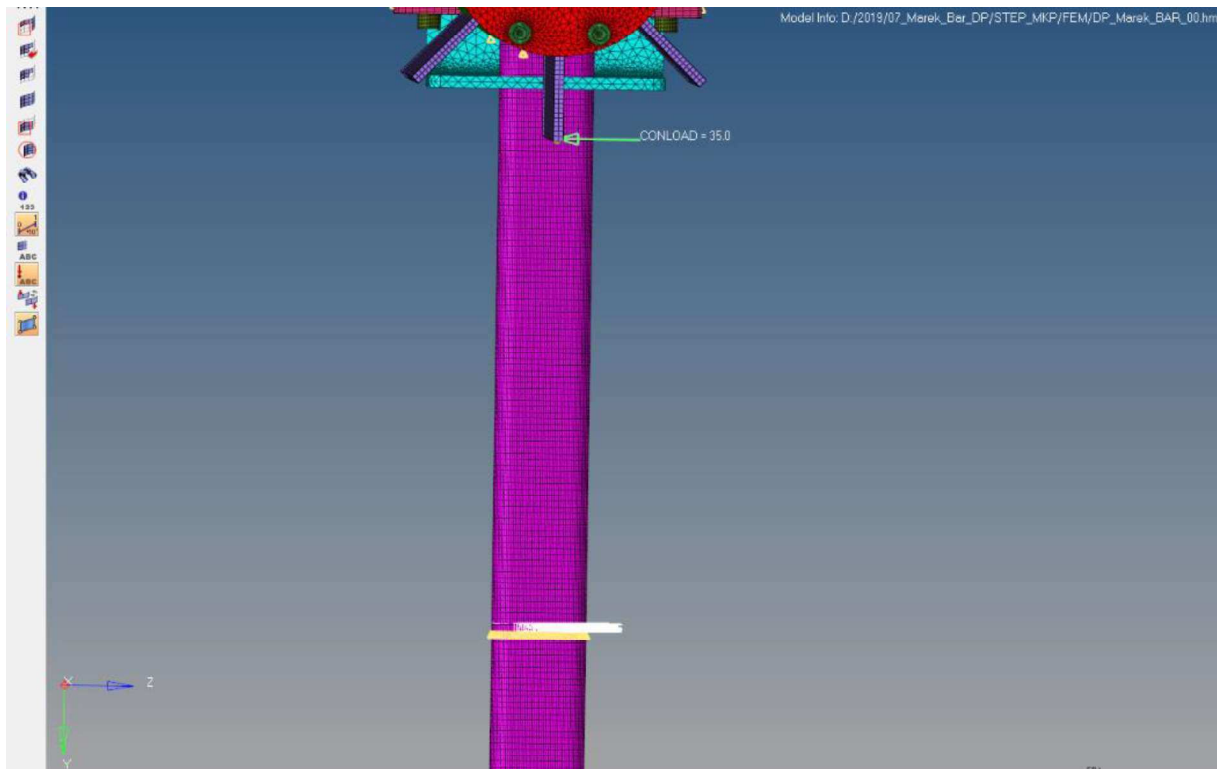
Obrázek 45 - Síť MKP 2



Obrázek 46 - Detail nasíťovaného ložiska, hřídele a víčka se šrouby



Obrázek 47 - Definované zatížení lopatky

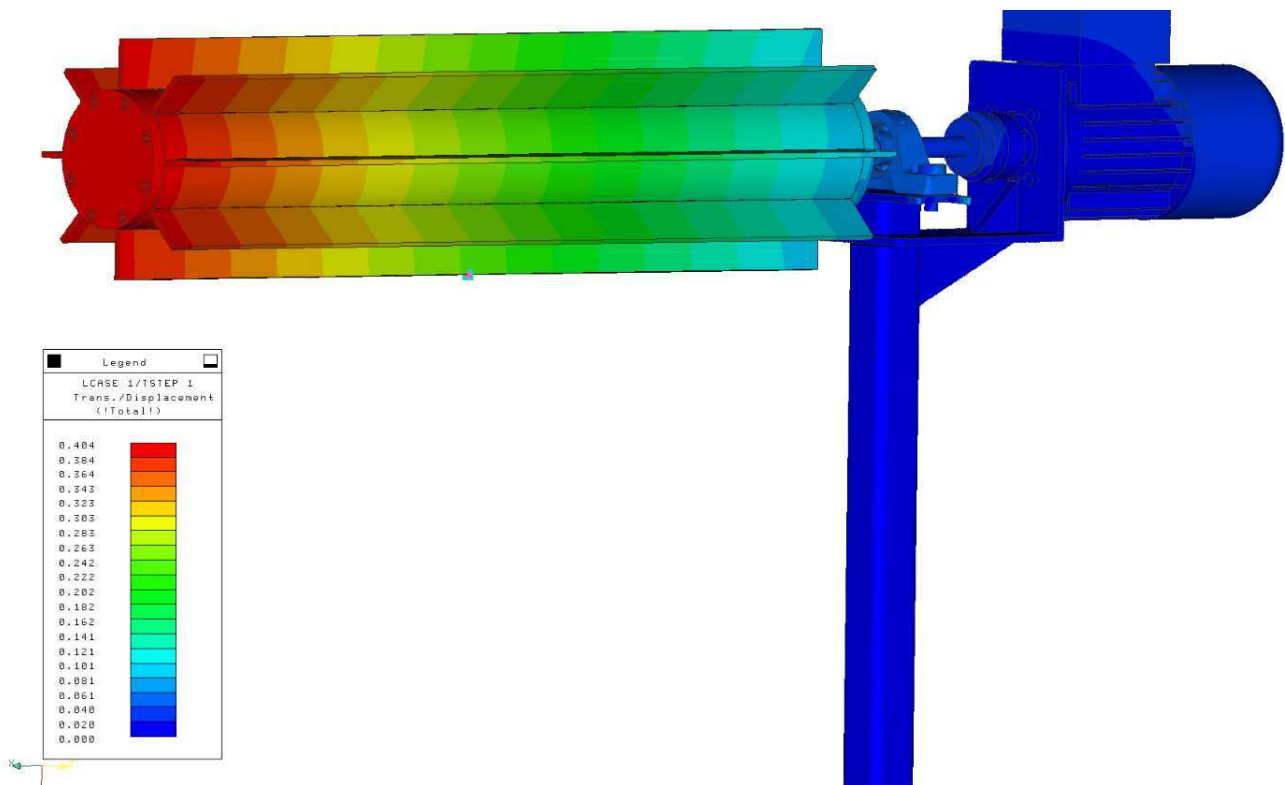


Obrázek 48 - Fixace nosné konstrukce

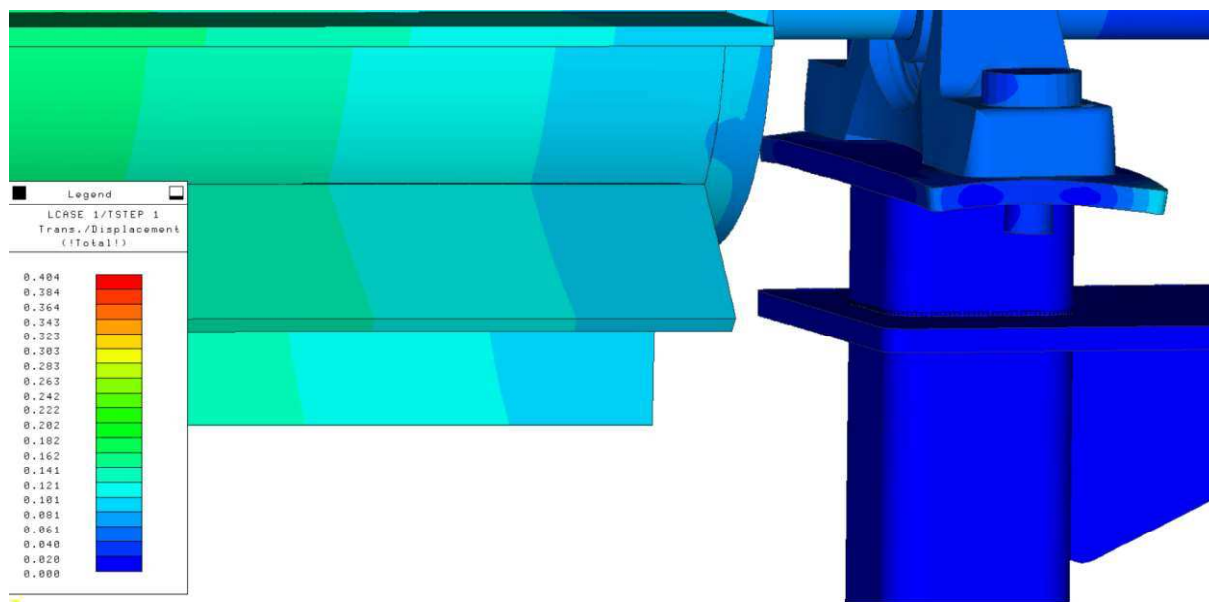
10.1. Výsledky prediktivního výpočtu pomocí MKP

Z obrázků níže je patrné, že průhyb hřídele je vyšší, než je přípustná hodnota. Konkurenční řešení vykazují přibližně stejně vysokou hodnotu posunutí, ale pro tuto diplomovou práci je tento výsledek nedostačující. Nyní je potřeba tuto hodnotu minimalizovat. Z výsledků je také zřejmé, že dominantní vliv na tuto skutečnost nemá ohybový moment definovaný od síly, ale vlastní tíha komponent. Hodnoty napětí jsou v porovnání s mezí kluzu v pořádku u všech nosných dílů sestavy. Všechny níže uvedené výsledky výpočtů jsou 30x zvětšené, aby byl dostatečně zřetelný směr deformace.

Na prvním obrázku je vidět výsledné posunutí po montáži. Toto posunutí je způsobené předpětím šroubů při montáži. Maximální hodnota vzniklá předpětím v rámci celé sestavy dosahuje hodnoty 0,404 mm.

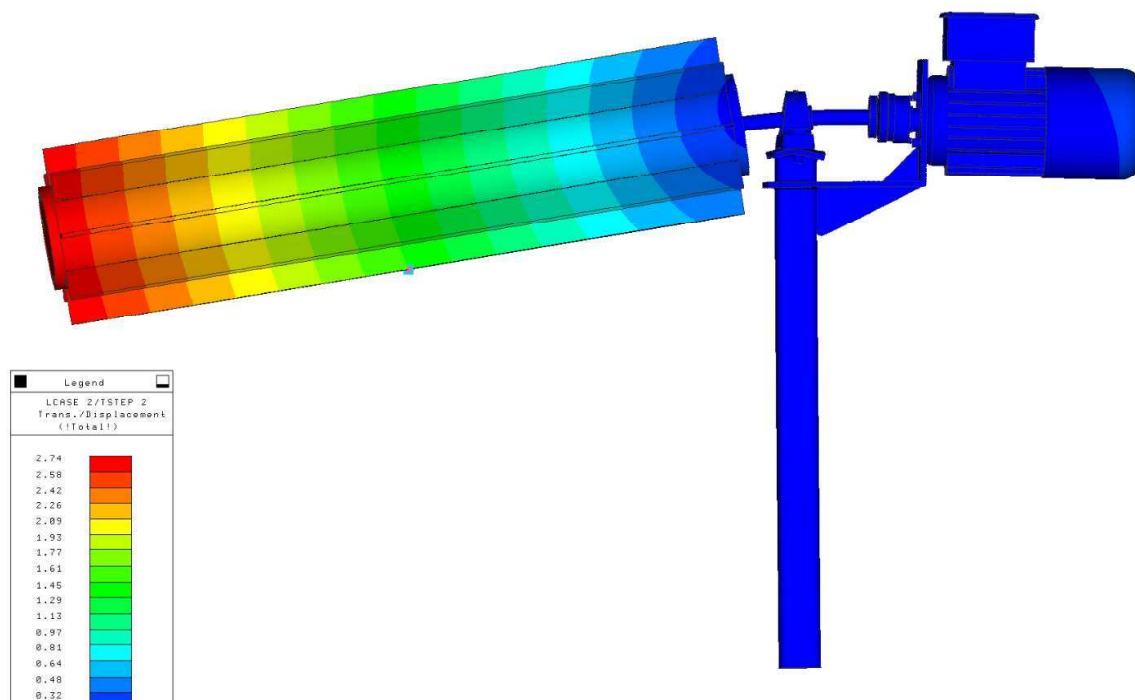


Obrázek 49 - Výsledky posunutí po montáži



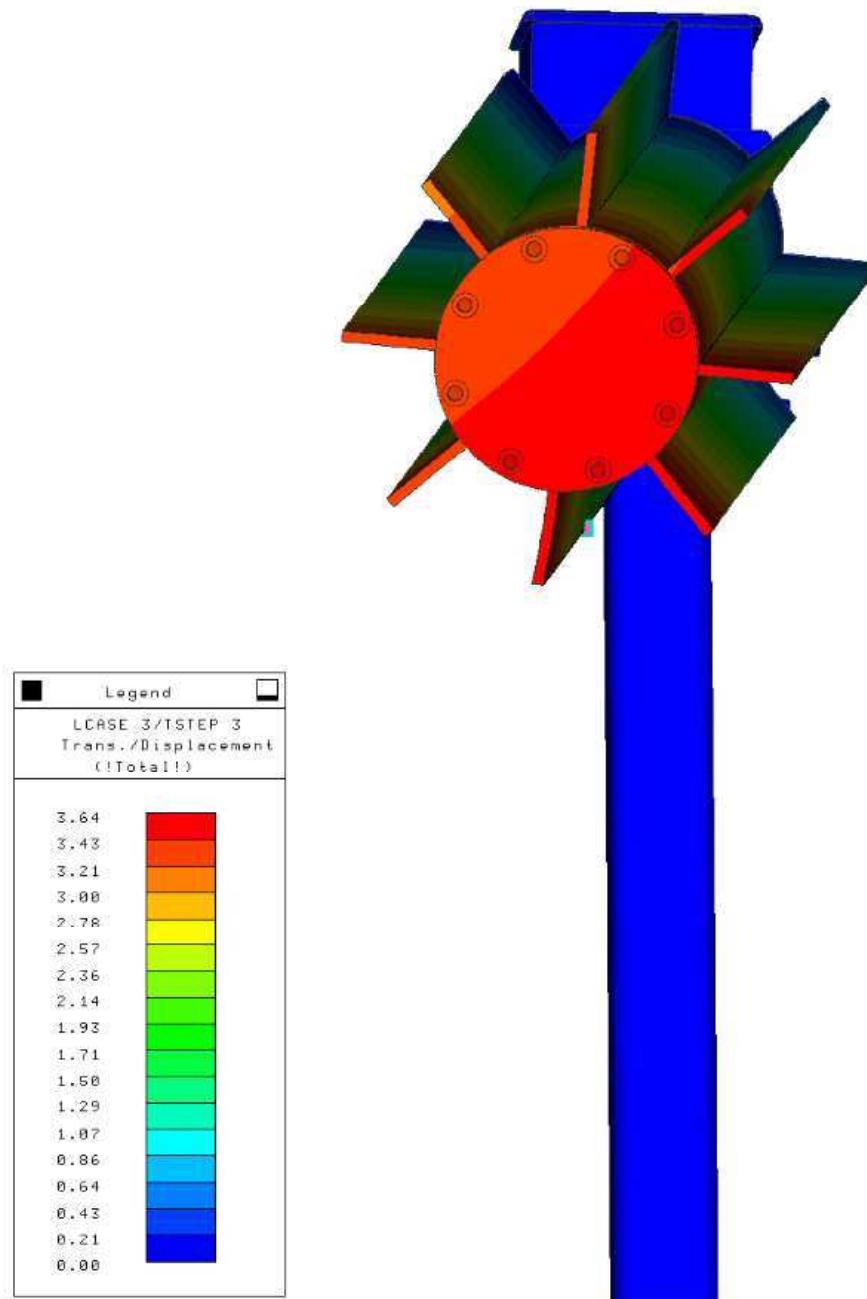
Obrázek 50 - Detail na deformaci členu po definování předpětí ve šroubech

Na dalším obrázku je definované zatížení pouze od vlastní hmotnosti. Tuto situaci si můžeme představit jako stav, kdy je stroj vypnutý a bez zatížení přidavnou silou nebo momentem. V tomto případě nejvzdálenější body konstrukce od podpory vykazují posunutí ve svislém směru 2,74 mm.

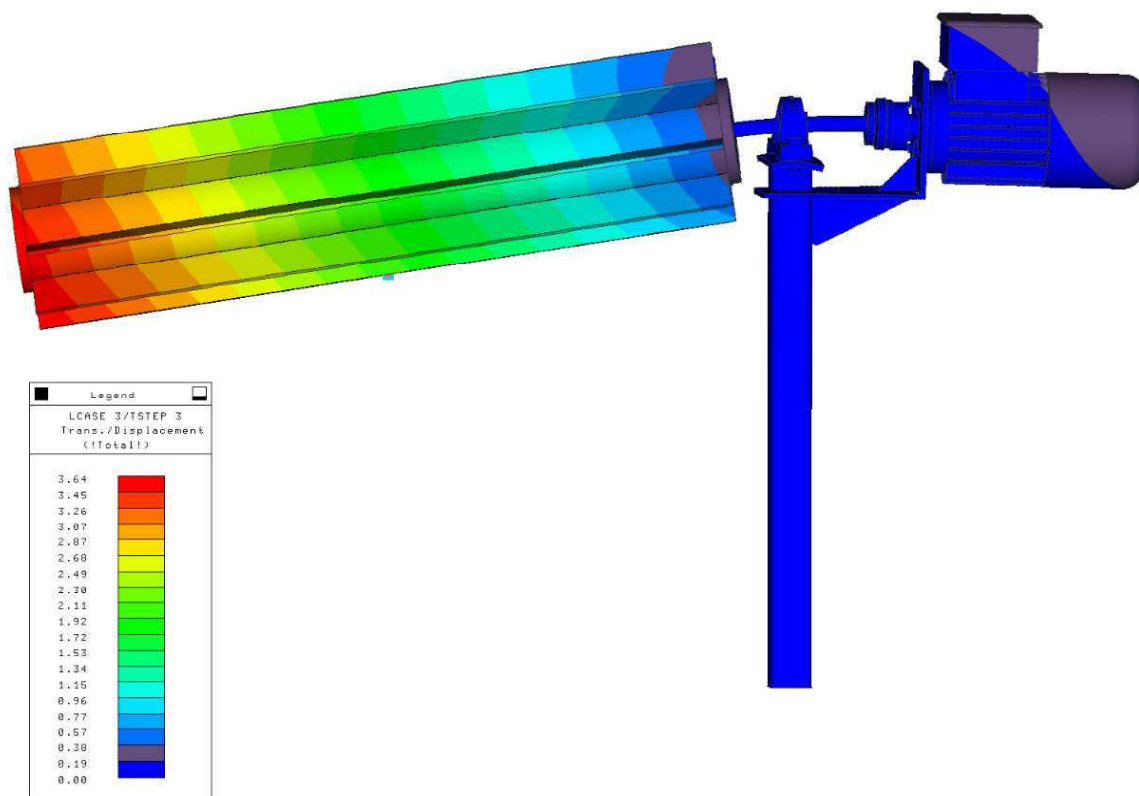


Obrázek 51 - Posunutí sestavy po zatížení gravitační silou

Z obrázků 52 a 53 je patrné, že pokud ke druhému zátěžnému stavu přidáme ještě mezní sílu, kterou nám ještě spojka dovolí přenést, tak už konstrukce není prohnutá čistě ve vertikálním směru. Je prohnutá ve směru výslednice dvou sil, a sice gravitační síly a síly aplikované na lopatku. Tato síla opět vycházela z předpokladu, že pojistná spojka je dimenzována na přenos krouťícího momentu 3Nm. Tento moment byl přepočten na sílu a aplikován na lopatku. Hodnota maximálního posunutí v tomto stavu činí 3,64 mm. Tato hodnota je extrémně velká a pro funkci limitní.

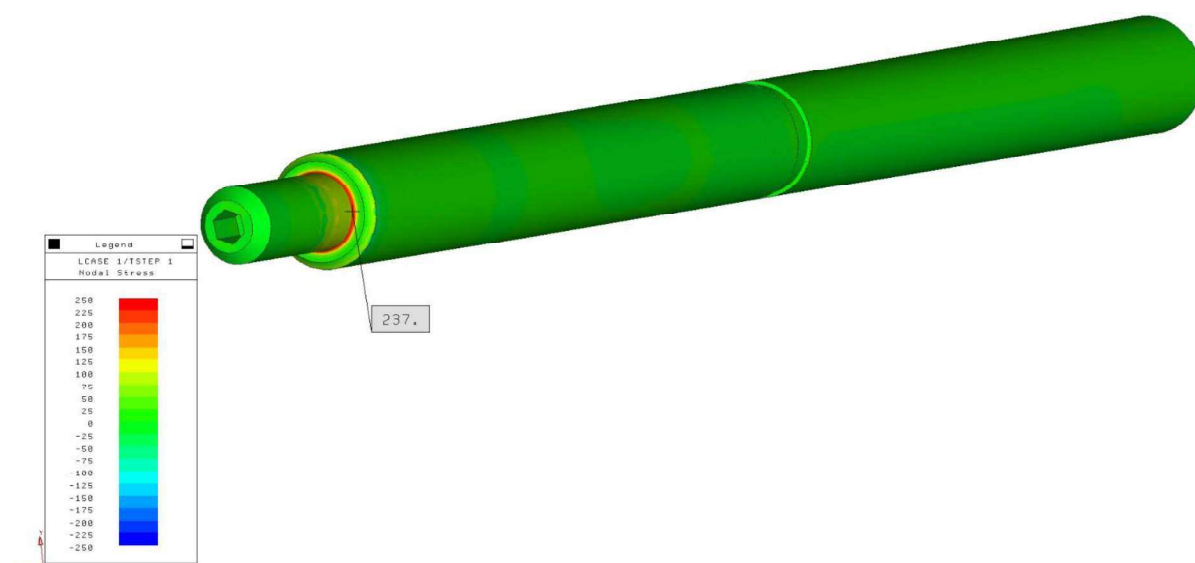


Obrázek 52 - Výsledné posunutí při maximálním zatížení lopatky 1



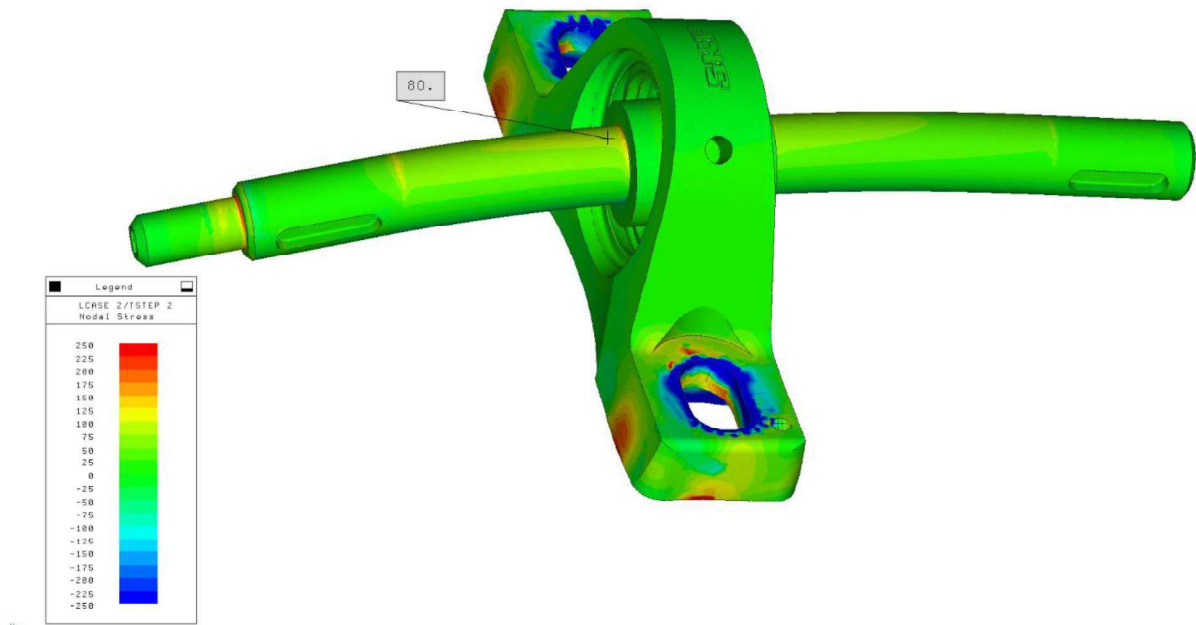
Obrázek 53 - Výsledné posunutí při maximálním zatížení lopatky 2

Ze všech výše uvedených výpočtů vyplývá, že nejslabším článkem konstrukce je tedy nosná/hnací hřídel. Tato hřídel vykazuje veliký průhyb, avšak v mezích elasticity. Toto tvrzení vyplývá z obrázků uvedených níže, kde je vyhodnocené napětí hřídele. Po montáži, kdy je hřídel axiálně pojištěna ve víčku pomocí matice M10. Předepnutím je tedy hřídel namáhána na tah s maximální hodnotou 237 MPa. Viz. Obrázek 53

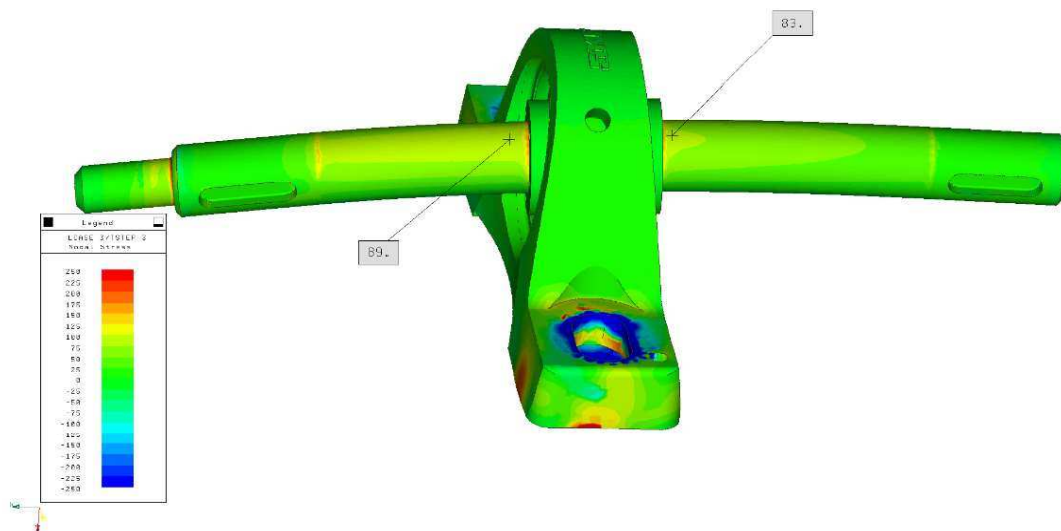


Obrázek 54 – Napětí v hřídeli po montáži

Maximální napětí v hřídeli po aplikaci pouze tíhového zrychlení dosahuje hodnoty kolem 80 MPa. Viz. obrázek 54



Obrázek 55 - Napětí v hřídeli po zatížení vlastní tíhou



Obrázek 56 - Napětí v hřídeli po kombinovaném zatížení od vlastní tíhy a síly aplikované na lopatku

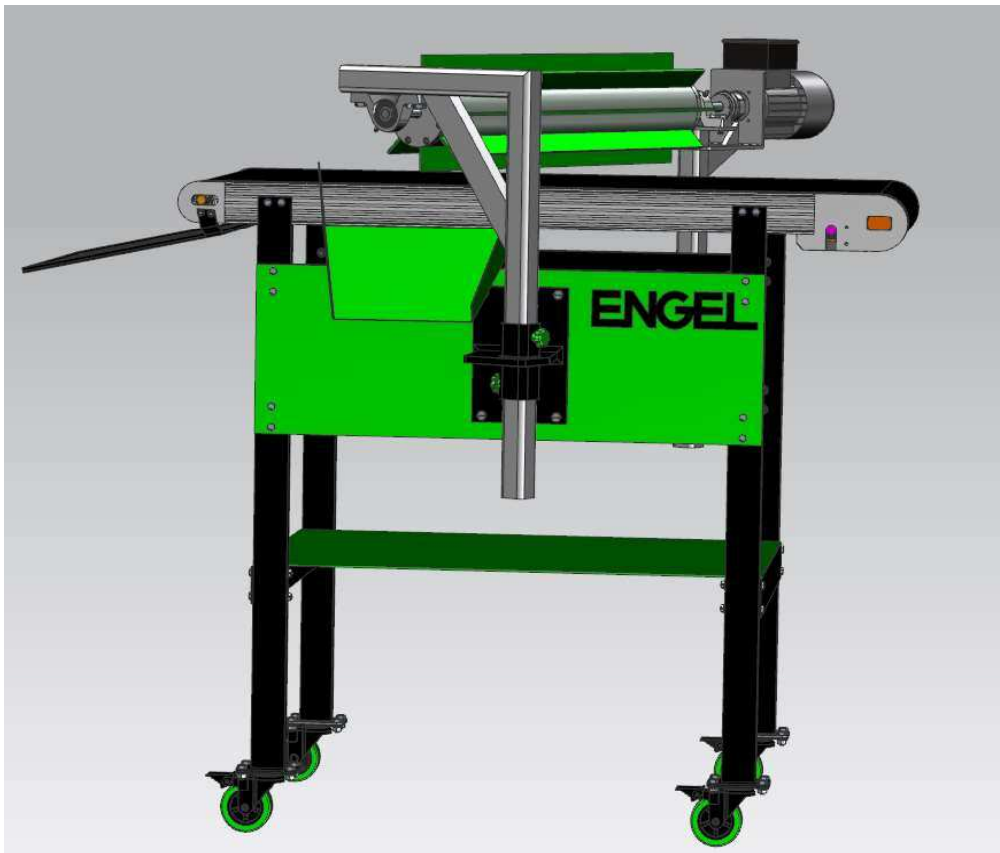
Z posledních výsledků je patrné, že dominantní zatížení je od vlastní tíhy. Síla aplikovaná na lopatku již nehraje tak markantní roli, přesto ale není zanedbatelná. Reálná situace by nejspíš vypadala tak, že hřídel by po většinu času provozu stroje s běžným zatížením byla prohnuta ve svislém směru a míra házivosti by značně záležela na provozních otáčkách.

11. Finální zpracování a design celé sestavy TS

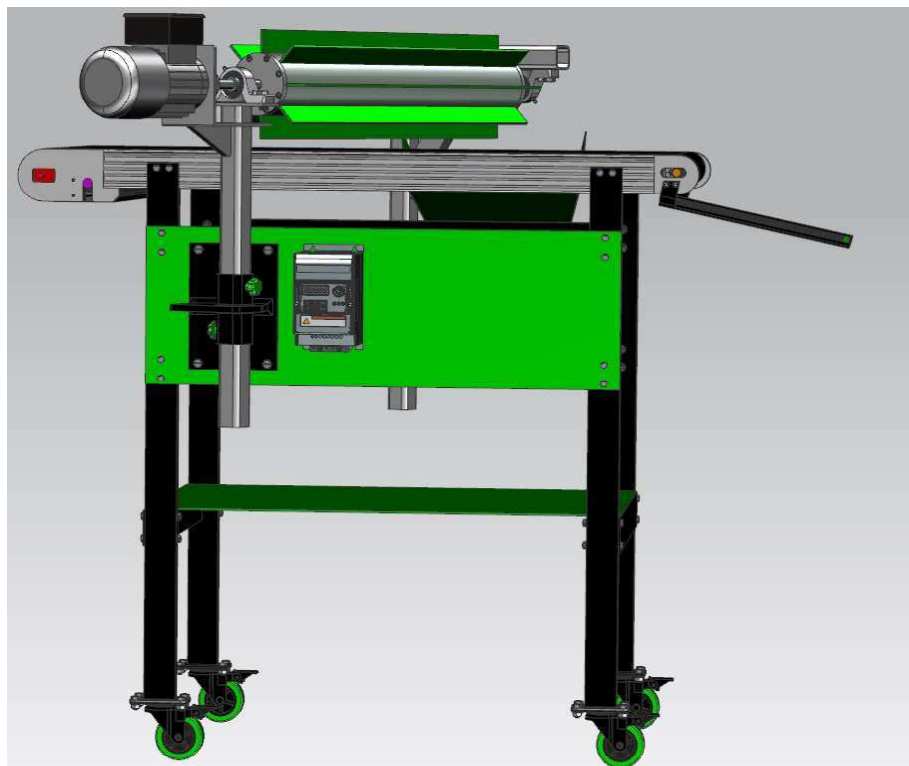
Problémy odhalené pomocí MKP je nutné eliminovat. Řešení se nabízí hned několik. Je možné zvětšit průměr hnané hřídele, která nese hliníkovou trubku s lopatkami. Toto řešení by znamenalo, zvolení většího průměru ložiska, zvolení jiného typu spojky, přemodelování víček apod. Pokud totiž zvolíme průměr vnitřní díry spojky vyšší, pak nebude spojka už nastavitelná na hodnotu 3Nm, ale minimální hodnota by byla například 5Nm. Toto řešení má samé negativa a jeho aplikování by se značně prodražilo, protože bychom nenašli v katalogu takovou spojku a bylo by nutné ji konstruovat. Ideálním, avšak ne příliš reálným řešením by bylo navrhnutí materiálu s tak malou měrnou hustotou, abychom celou konstrukci separační hřídele dostali aspoň na jednu třetinu hmotnosti původní. Dalším řešením, a dle mého názoru i efektivnějším je přidat opěrný bod i na druhý konec separační hřídele s lopatkami. Zde se objevuje problém ve smyslu toho, že konstrukce na druhém konci nesmí překážet separovaným dílům v jejich cestě na svod. V úvahu připadá pouze konstrukce ve tvaru šibenice, kdy její nosná konstrukce povede mimo osu separační hřídele. Na druhou stranu bude umístěna opět hřídel o průměru 15 mm a stejná ložisková jednotka. Kroutící moment bude přenášen opět přes těsné pero mezi hřídelí a víčkem. Víčko bude stejné na obou stranách separační trubky s lopatkami. Vzhledem k předchozím výsledkům je jisté, že tímto řešením bude průhyb eliminován do takové míry, která je vyhovující. Tuto konstrukci není nutné dále ověřovat pomocí MKP.



Obrázek 57 - Finální konstrukce TS



Obrázek 58 - Finální konstrukce TS 2



Obrázek 59 - Finální konstrukce TS 3

12. Závěr

Primárním cílem této práce bylo navrhnout konstrukci separačního zařízení pro firmu ENGEL. Předem nebylo specifikováno, o jaký typ separačního systému by mělo jít. V úvodu práce je provedena rešerše separačních zařízení, analýza konkurenčních řešení a představení funkce jednotlivých druhů separace. Byly navrženy 4 alternativy konstrukce a následně vybrána sub-optimální varianta. K řešení byla využita strategie znalostně integrovaného konstruování. Následně byla sub-optimální varianta podrobně zkonstruována. Sub-optimální varianta byla pro zvýšení kvality a úspěšnosti separace ještě doplněna o inovativní sekundární separaci. V závěru práce po validaci hodnot průhybu se ukázalo, že danou konstrukci je potřeba optimalizovat. Tato optimalizace byla vyřešena přidáním dalšího opěrného bodu a tím vyztužením celé konstrukce. Finální konstrukci již nebylo nutné dále ověřovat. Výsledkem práce je navržení zcela nové koncepce lopatkového separátoru, která splňuje všechny body dané zadáním.

Bibliografické citace použitých publikací a informační zdroje

- [1] 1. PLASTCOMPANY. *1.PLASTCOMPANY* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <http://1plastcompany.cz>
- [2] 4-PÓLOVÉ, TŘIFÁZOVÉ ASYNCHRONNÍ MOTORY S BRZDOU - RAVEO. *RAVEO* [online]. Otrokovice, 2017 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.raveo.cz/AC-motory-trifazove-4-polove-s-brzdou-RAVEO>
- [3] DELTA Holding GmbH. *DELTA* [online]. Praha, 2015 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.delta.at/cz/referenz-projekte/engel-kaplice/>
- [4] Děrované bubny. *KUBOUŠEK TECHNOLOGIES AND INSTRUMENTS* [online]. České Budějovice, 2019 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <http://www.kubousek.cz/cz/divize-periferie/mtf-technik/separacni-systemy/bubnove-separatory/derovane-bubny.html>
- [5] EAS-Compact. *Mayr* [online]. Mauerstetten: Mauerstetten, 2018 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: https://www.mayr.com/synchronisation/documentations/k_490_v16_en_24_05_2018.pdf[12]
- [6] FREKVENČNÍ MĚNIČE A VŠE O NICH. *D2Drives* [online]. Mohelnice, 2018 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.cz/frekvencni-menice-proc-a-jak>
- [7] Frekvenční měniče. *RAVEO* [online]. Otrokovice: Otrokovice, 2017 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.raveo.cz/bosch-rexroth-efc3610-efc5610>
- [8] HOSNEDL, S. *Konstrukční návrh polohovadla pro svařování - case study*. Plzeň: ZČU, FST, KKS : (Elektronická verze), 2019.
- [9] MATUŠKA, Michael. *Separátor plastových dílů*. Plzeň, 2018. Diplomová práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.
- [10] Skladové stroje a zariadenia. *KUBOUŠEK TECHNOLOGIES AND INSTRUMENTS* [online]. České Budějovice, 2018 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <http://www.kubousek.sk/sk/divizia-periferie/akcne-ponuky/skladove-stroje-a-zariadenia/snekovy-separator-vtokov-msl-600.html>
- [11] VERMOUŽEK, Michal. *Technické a ekonomické vyhodnocení činnosti separační jednotky v lisovně plastů*. Brno, 2012. Diplomová práce. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ.
- [12] VERVA tech. *VERVA* [online]. Praha, 2015 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <http://www.verva-tech.cz/produkty/separatory/>
- [13] Y-bearings and Y-bearing units. *SKF* [online]. Praha: Praha, 2015 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.skf.com/binary/151-129182/0901d196802a2b8f-13728-EN-Y-bearing-and-Y-b-units.pdf>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Výrobní závod v Kaplici [3].....	14
Obrázek 2 - Separátor vtoků [12]	15
Obrázek 3 - Bubnový separátor vtoků (otloukací) [1].....	16
Obrázek 4 - Bubnový separátor (děrovaný) [4]	17
Obrázek 5 - Šnekový separátor vtoků [10]	18
Obrázek 6 - Lopatkový separátor [11].....	19
Obrázek 7 - Vibrační separátor	20
Obrázek 8 - Lopatkový separátor ENGEL - model.....	28
Obrázek 9 - Lopatkový separátor ENGEL – fotografie.....	29
Obrázek 10 – Štěrbínový separátor firmy ENGEL - model	29
Obrázek 11 - Mřížkový separátor ENGEL - model.....	30
Obrázek 12 - Černá skříňka transformačního procesu navrhovaného TS.....	32
Obrázek 13 - Technologický princip provozního technického transformačního procesu navrhovaného technického systému	33
Obrázek 14 - Provozní technický transformační proces navrhovaného TS.....	34
Obrázek 15 - Funkční struktura TS.....	36
Obrázek 16 - Funkční schéma Varianty A.....	39
Obrázek 17 - Funkční schéma Varianty B [Engel]	40
Obrázek 18 - Funkční schéma Varianty C.....	41
Obrázek 19 - Funkční schéma Varianty D [Engel]	42
Obrázek 20 - Pohled na dopravník HLI od firmy ENGEL [Engel]	48
Obrázek 21 - Model dopravníku	48
Obrázek 22 - Řešení lopatek firmy ENGEL.....	49
Obrázek 23 - Pohled na drážky pro lopatky v hřídeli	50
Obrázek 24 - Lopatka separátoru	51
Obrázek 25 - Sestava hřídele s lopatkami	51
Obrázek 26 - Náčrt pro výpočet motoru	52
Obrázek 27 - Model motoru	54
Obrázek 28 - Vztah mezi frekvencí napětí a otáčkami pro asynchronní motory [9]	55
Obrázek 29 - Přehled parametrů frekvenčního měniče [7].....	55
Obrázek 30 - Model frekvenčního měniče BOSCH	55
Obrázek 31 - Zvolený typ spojky [5].....	57
Obrázek 32 - Vzorce pro výpočet ložiskové jednotky [13]	61
Obrázek 33 - Model ložiskové jednotky [13]	62
Obrázek 34 - Sestava hnacího ústrojí 1.....	63
Obrázek 35 - Sestava hnacího ústrojí 2.....	64
Obrázek 36 - Detail příruby motoru v řezu	65
Obrázek 37 - Detail držáku hnacího ústrojí	65
Obrázek 38 - Sestava rámu s dopravníkem	66
Obrázek 39 - Usměrňovač separovaných dílů	67
Obrázek 40 - Držák sekundární separace	68

Obrázek 41 - Sestava sekundární separace	68
Obrázek 42 - Sestava TS	69
Obrázek 43 - Sestava TS 2	70
Obrázek 44 - Síť MKP 1.....	71
Obrázek 45 - Síť MKP 2.....	71
Obrázek 46 - Detail nasítovaného ložiska, hřídele a víčka se šrouby.....	72
Obrázek 47 - Definované zatížení lopatky.....	72
Obrázek 48 - Fixace nosné konstrukce.....	73
Obrázek 49 - Výsledky posunutí po montáži	74
Obrázek 50 - Detail na deformaci členu po definování předpětí ve šroubech.....	75
Obrázek 51 - Posunutí sestavy po zatížení gravitační silou	75
Obrázek 52 - Výsledné posunutí při maximálním zatížení lopatky 1	76
Obrázek 53 - Výsledné posunutí při maximálním zatížení lopatky 2	77
Obrázek 54 – Napětí v hřídeli po montáži.....	77
Obrázek 55 - Napětí v hřídeli po zatížení vlastní tíhou	78
Obrázek 56 - Napětí v hřídeli po kombinovaném zatížení od vlastní tíhy a síly aplikované na lopatku	78
Obrázek 57 - Finální konstrukce TS.....	79
Obrázek 58 - Finální konstrukce TS 2	80
Obrázek 59 - Finální konstrukce TS 3	80

Seznam Tabulek

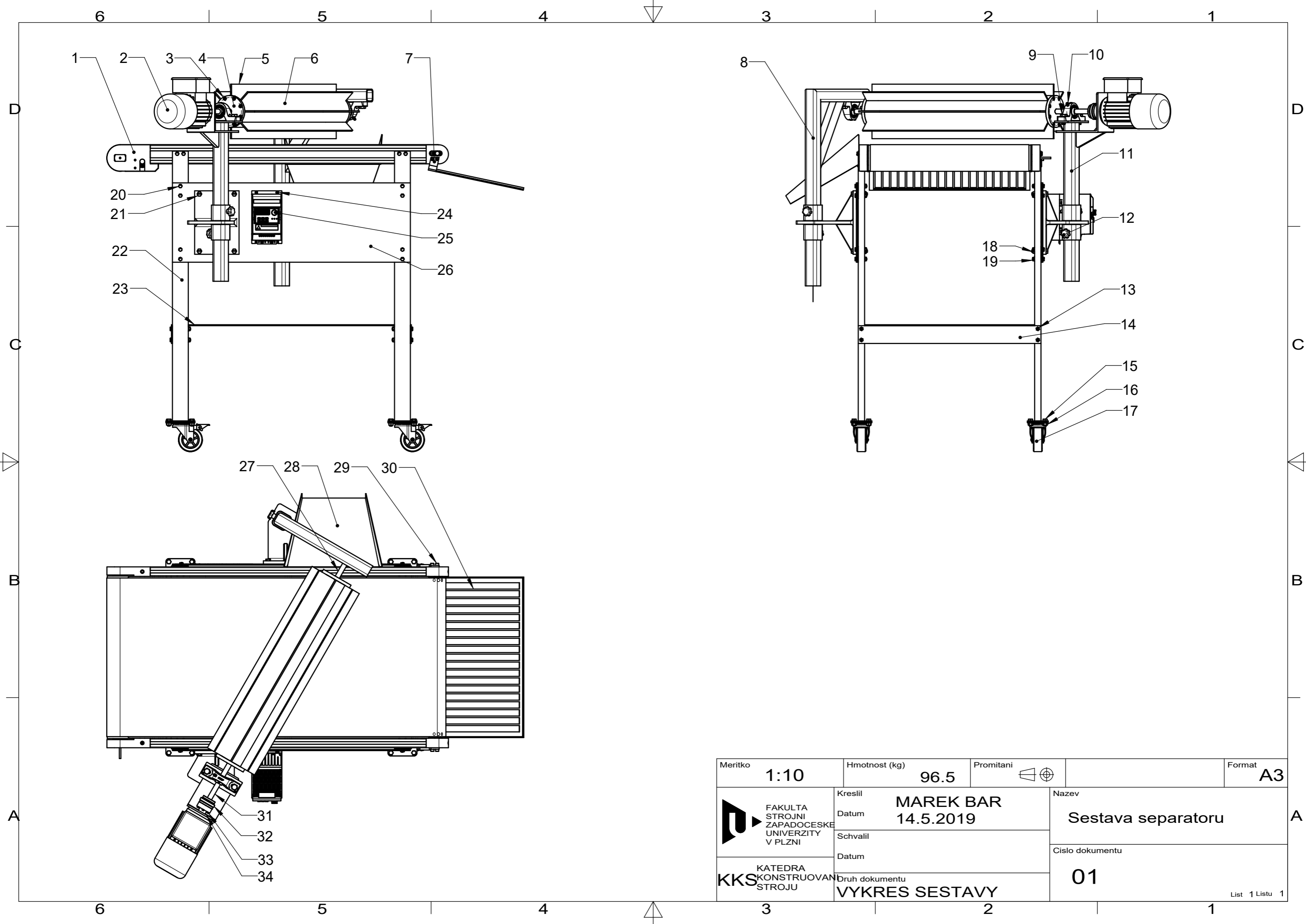
Tabulka 1 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 1	21
Tabulka 2 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 2	22
Tabulka 3 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 3	23
Tabulka 4 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 4	24
Tabulka 5 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 5	25
Tabulka 6 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 6	26
Tabulka 7 - Specifikace požadavků na vlastnosti TS - část 7	27
Tabulka 8 - Časový harmonogram řešení projektu.....	31
Tabulka 9 - Morfologická matice s navrženými orgány navrhovaného TS.....	37
Tabulka 10 - Varianty orgánové struktury TS	38
Tabulka 11 - Výhody a nevýhody varianty A	39
Tabulka 12 - Výhody a nevýhody varianty B	40
Tabulka 13 - Výhody a nevýhody varianty C	41
Tabulka 14 - Výhody a nevýhody varianty D	42
Tabulka 15 - Tabulka hodnocení jednotlivých variant	43
Tabulka 16 - Vstupní parametry separátoru	46
Tabulka 17 - Technická data dopravníku.....	47
Tabulka 18 - Parametry zvoleného motoru [2]	53
Tabulka 19 - Tabulka z katalogu spojek [5]	57
Tabulka 20 - Tabulka parametrů ložiskové jednotky	62

Seznam Grafů

Graf 1 - Q-T-C diagram s hodnocením navržených variant	44
--	----

Seznam příloh

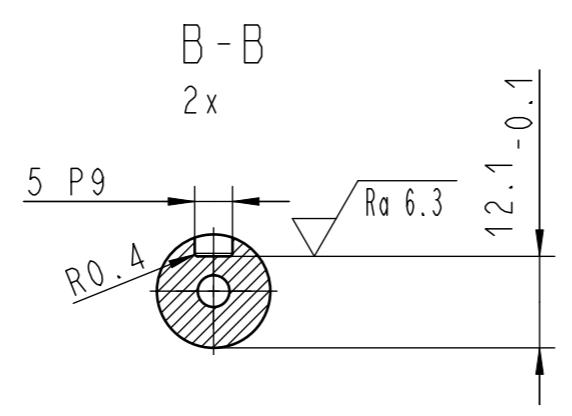
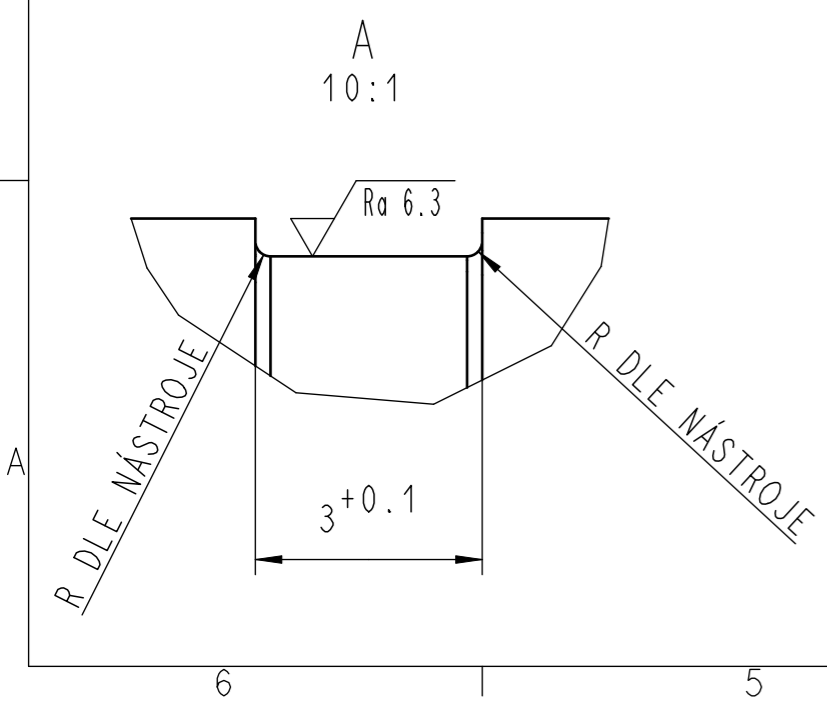
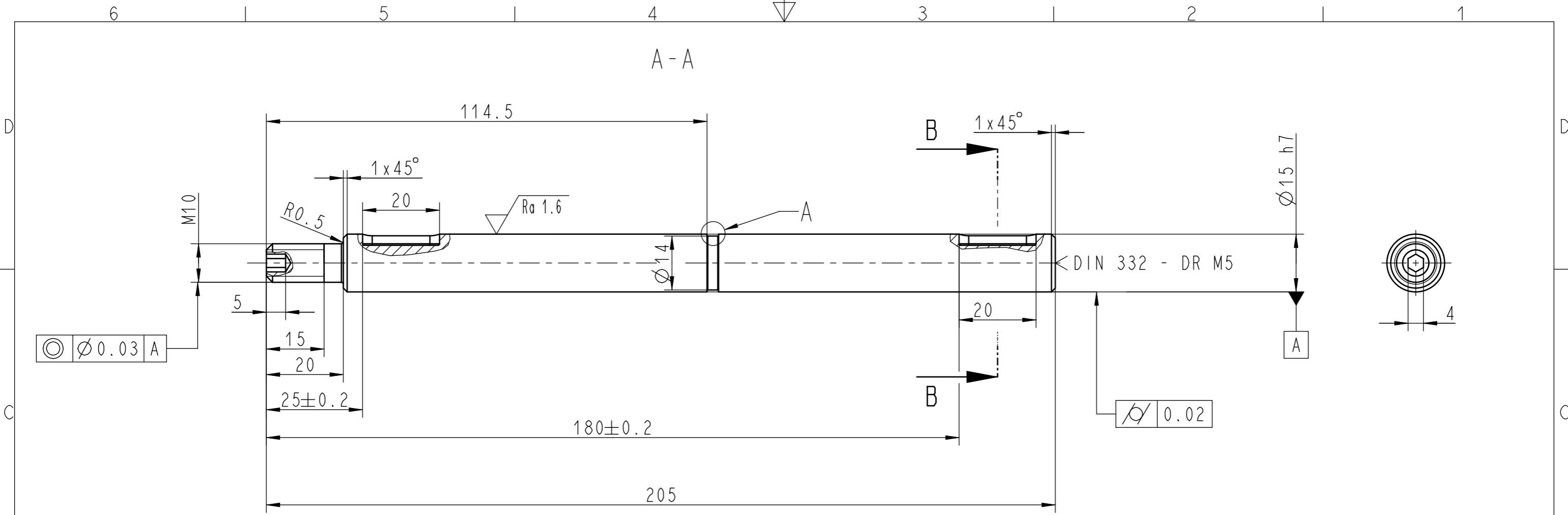
1. Výkres sestavy separátoru
2. Kusovník
3. Výrobní výkres hřídele separátoru
4. Výrobní výkres víčka

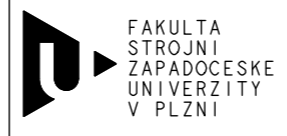


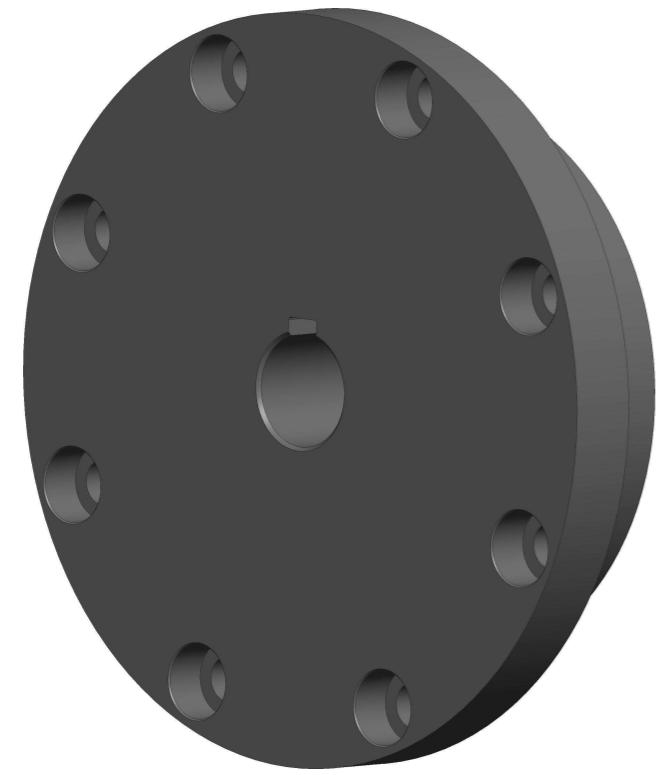
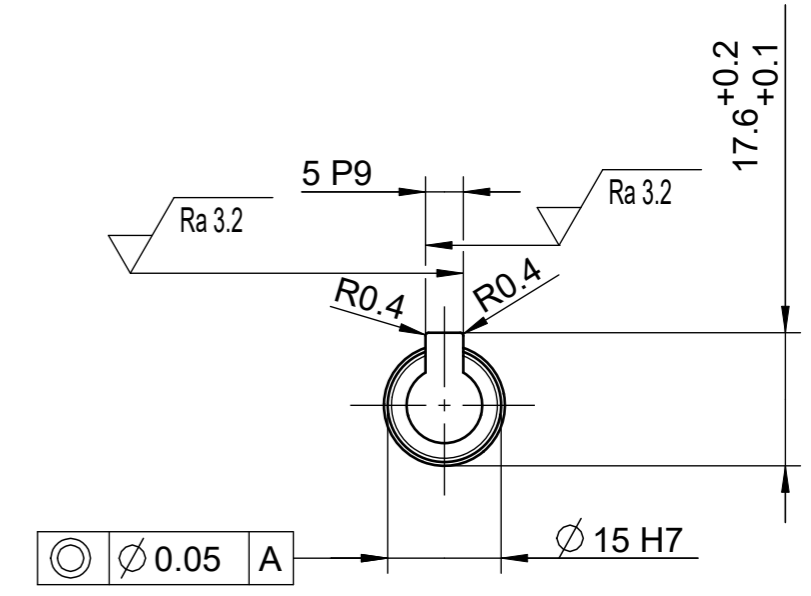
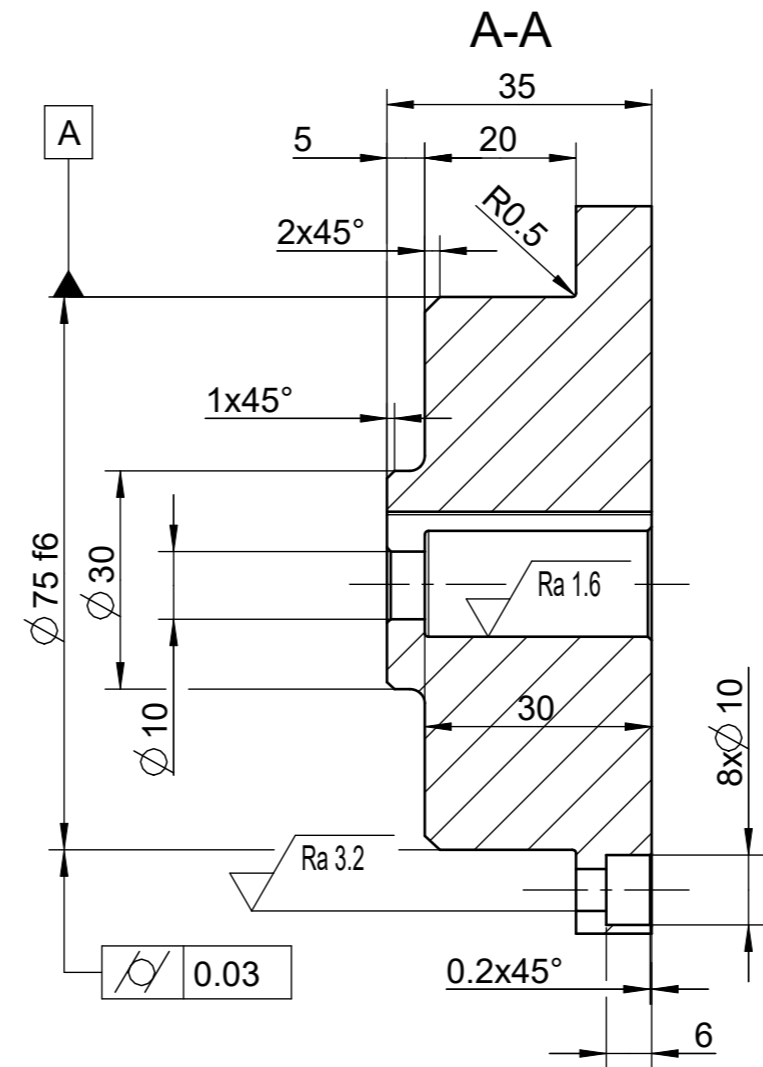
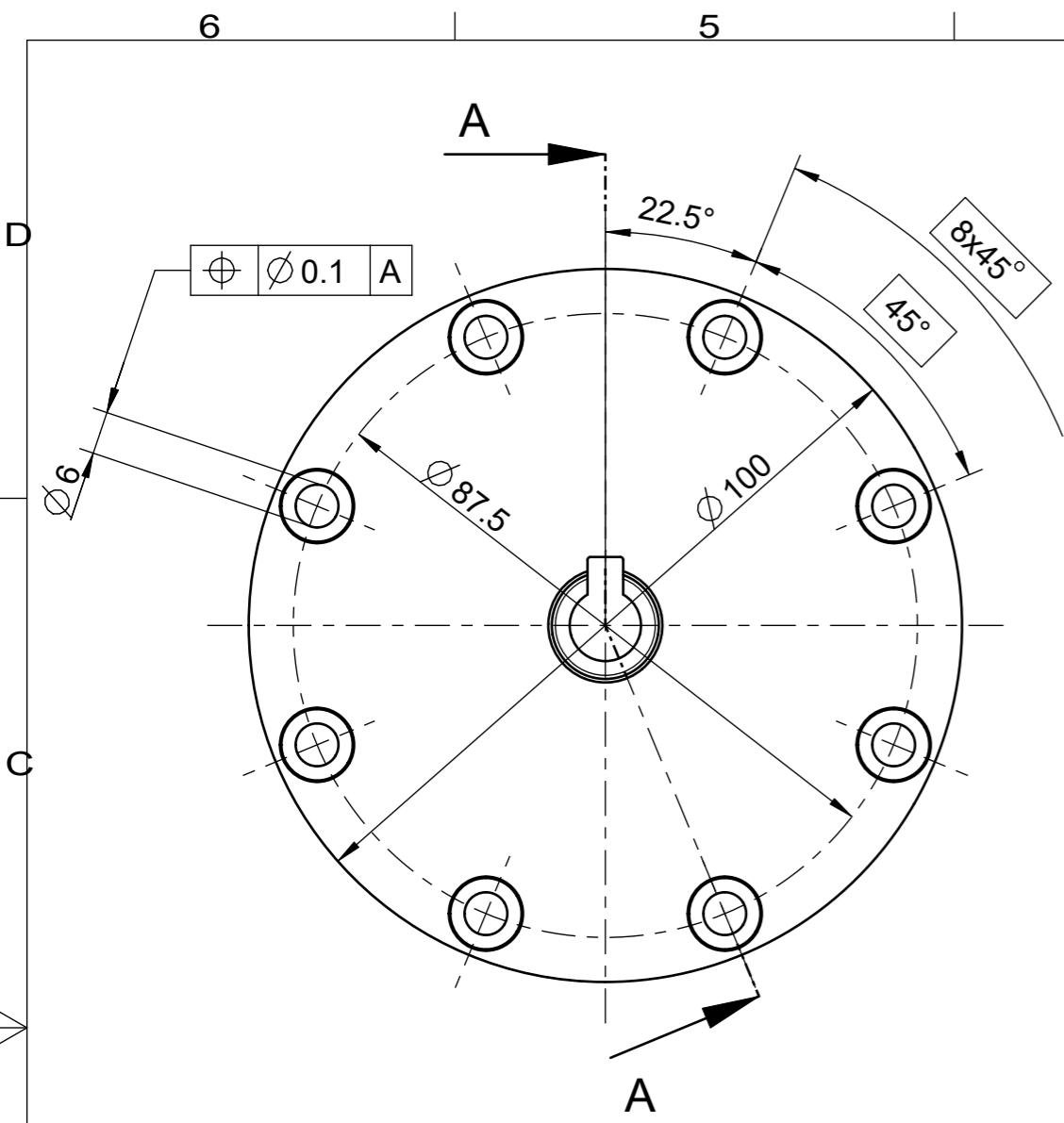
Meritko 1:10	Hmotnost (kg) 96.5	Promítání 	Format A3
 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil MAREK BAR	Název Sestava separatoru	
	Datum 14.5.2019	Číslo dokumentu 01	
KATEDRA KONSTRUOVANÝCH STROJŮ KKS	Schválil	Druh dokumentu VYKRES SESTAVY	
	Datum	List 1 Listu 1	

Pozice	Popis	Číslo součásti	Mn.	Kg
34	Šroub	DIN 912 - M5x16	4	0,006
33	Šroub	DIN 912 - M3x20	6	0,005
32	Pojistná vysmekávací spojka	EAS compact - 450.52	14	0,25
31	Vodící hřídel primární	DP - 1015	1	0,3
30	Deska sekundární separace	DP - 1014	1	0,15
29	Šroub	DIN 912 - M6x25	4	0,01
28	Svod separovaných dílů	DP - 1013	1	0,2
27	Vodící hřídel sekundární	DP - 1012	1	0,2
26	Oplechování	DP - 1011	2	4,3
25	Frekvenční měnič	BOSH REXROTH EFC	1	1,5
24	Šroub	DIN 912 - M4x8	4	0,007
23	Odkládací deska	DP-1010	1	9
22	Noha rámu	DP - 1009	4	2,45
21	Šroub	DIN 931-M8x45	8	0,02
20	Šroub	DIN 931 - M6x30	16	0,015
19	Maticе	ISO 4032 - M6	24	0,08
18	Maticе	ISO 4032 - M8	8	0,01
17	Brzděné kolečko	DP-1009	4	0,6
16	Šestihranná matice	ISO 4032-M8	16	0,01
15	Šroub	DIN 931 - M8x16	16	0,015
14	Příčník rámu	DP-1008	2	1,97
13	Šroub	DIN 931 - M6x60	2	0,015
12	Aretace	DP-1007	4	0,03
11	Primární nosná konstrukce	DP-1006	1	6,2
10	Ložisková jednotka	SKF- SY 15 TF	2	0,5
9	Šroub	DIN 931-M10x25	4	0,023
8	Sekundární nosná konstrukce	DP-1006	1	4,9
7	Rám sekundární separace	DP-1005	1	0,3
6	Trubka separátoru	DP-1004	1	5,2
5	Lopatka	DP-1003	8	0,15
4	Víčko	DP-1002	2	0,33
3	Šroub	DIN 931-M6x25	16	0,01
2	Hnací elektromotor	RMS56A4 BRAKE	1	4
1	Dopravník	DP-1001	1	30

Index _____	Změna _____	Datum _____	Podpis _____	List 1	
				ZČU V PLZNI	
Zn. Mat.	T. O.		Hmotnost kg 96,5	Měř.	
Rozm. Polot.	ČSN				
P. Zař.	Č. SN		TR. Č.		
Vypr. Marek Bár	Norm. ref.		Poznámka	Č. Kusovníku	
Přezk.					
Techn.	Schválil		Starý v.	Č. v.	
Název	Kusovník TS		Listů 1	List 1	



Textura povrchu $Ra 3.2$ (✓)	Hrany ISO 13715 -0,4 / +0,4	Meritko 1:1	Presnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost(kg) 0.3	Tolerovani ISO 8015
			Primitani
Material - Polotovár 11600 - 220x20			Format A3
 FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJNÍ	Kreslil MAREK BĀR	Název Hrideľ	
	Datum 7.5.2019	Cislo dokumentu 01	
	Schválil	Druh dokumentu VYROBNÍ VYKRES	
	Datum	List 1 Listu 1	



NEKOTOVANE UKOSY 0.5x45°

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 1:1	Presnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost(kg) 0.33	Tolerovani ISO 8015
Material - Polotovar EN AW 6060 - Ø 100x40		Format A3	
FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI KATEDRA KONSTRUOVANI STROJNI KKS	Kreslil MAREK BÁR	Nazev Vicko	
	Datum 7.5.2019	Schválil Datum Druh dokumentu VYROBNI VYKRES	Cislo dokumentu 02