



**FAKULTA
ŠTOJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Konstrukční návrh adaptéru pohonu
dopravníku BS2**

Design of the BS2 conveyor drive adapter

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Olga Gorinova

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 3901R051 Konstruování podporované počítačem

Vedoucí práce: Ing. Eliška Cézová, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Gorinova** Jméno: **Olga** Osobní číslo: **466463**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Konstrukční návrh adaptéru pohonu dopravníku BS2

Název bakalářské práce anglicky:

Design of the BS2 conveyor drive adapter

Pokyny pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši problematiky dostupných systémů řešení
2. Proveďte koncepční návrh varianty řešení.
3. Zpracujte nezbytné návrhové a kontrolní výpočty.
4. Zpracujte parametricky koncepční 3D model řešení.
5. Vytvořte 2D koncepční výkres řešení s vybranými detaily.

Seznam doporučené literatury:

Dražan, F., Kupka, L.: Transportní zařízení. SNTL Praha, 1966
Cvekl, Z., Dražan, F.: Teoretické základy transportních zařízení. SNTL Praha, 1976
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení I, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2001
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení II, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2005
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení III, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2005
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení IV, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2004
Cvekl, Z.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, VŠ skriptum, ediční středisko ČVUT Praha 1984

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Eliška Cézová, Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **12.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **04.06.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

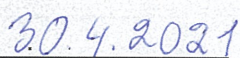

Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

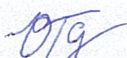

Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.


Datum převzetí zadání


Podpis studentky

Anotace

Jméno autora:	Olga Gorinova
Název práce:	Konstrukční návrh adaptéru pohonu dopravníku BS2.
Název v angličtině:	Design of the BS2 conveyor drive adapter.
Rok:	2021
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Obor studia:	3901R051 Konstruování podporované počítačem
Ústav:	Ústav konstruování a části strojů
Vedoucí práce:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran: 45 Počet obrázků: 39 Počet tabulek: 34 Počet příloh: 6
Klíčová slova:	Dopravník, pásový dopravník, ozubený řemen
Key words:	Conveyor, belt conveyor, toothed belt
Abstrakt:	Cílem této práce je návrh adaptéru pro dopravník typu BS2 od firmy Bosch Rexroth, který umožní zapojení vlastního (neoriginálního) pohonu do zařízení. Tato bakalářská práce obsahuje řešení problematiky hnacích prvků a hnacího ústrojí řemenových dopravníků. Součástí práce je výkres řešení a vybraných dílů.
Abstract:	The aim of this work is to design an adapter for the BS2 type conveyor from Bosch Rexroth, which will enable the connection of its own (non-original) drive to the device. This bachelor's thesis contains researches on the issue of drive elements and drive system of toothed belt conveyors. Practical part of the work contains calculation of the solution, design of the adapter and its parts.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem k tomu pouze zdroje uvedené na konci práce, a to v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským.

V Praze dne:

.....

Podpis

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Elišce Cézové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za trpělivost a podporu během celého studia.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Teoretická část práce.....	2
2.1 Řemenový dopravník.....	2
2.1.1 Konstrukce řemenových dopravníků.....	3
2.2 Řemenový dopravník BS 2 od firmy Bosch Rexroth.....	7
2.2.1 Technické parametry.....	8
2.2.2 Pohonné ústrojí.....	8
2.3 Adaptér Bosch Rexroth.....	9
3 Praktická část práce.....	12
3.1 Nové konstrukční řešení.....	12
3.2 Výběr pohonu.....	13
3.3 Výpočet odporu dopravníku.....	22
3.4 Návrh řemenového převodu.....	25
3.5 Návrh řemenového převodu.....	25
3.6 Silové poměry.....	28
3.7 Zatížení hřídelů.....	30
3.8 Silové účinky v podpěrách.....	32
3.9 Kontrola ložisek.....	33
3.10 Konstrukční model.....	35
4 Závěr.....	39
5 Citovaná literatura.....	40
6 Seznam obrázků.....	43
7 Seznam tabulek.....	45
8 Seznam použitých symbolů a zkratk.....	47
9 Seznam příloh.....	51

1 Úvod

Řemenový dopravník BS2 je zařízení pro přepravu kusového materiálu a má velké uplatnění, zejména v oblasti výroby. Výrobce tohoto dopravníku Bosch Rexroth nabízí k dopravníku originální převodový elektromotor, ale stává se, že zákazník chce použít i vlastní elektromotory, které už má k dispozici.

Šneková převodovka elektromotoru od tohoto výrobce se zapojuje do hnací hlavice dopravníku pomocí šestihranného výstupního hřídele. Což znamená, že klasické pohony s válcovým výstupním hřídelem nejsou vhodné pro přímé zapojení do dopravníku bez použití speciálního zařízení.

Firma Bosch pro tento případ má vlastní řešení a nabízí k dopravníku adaptér «Transmission drive». Jeho nevýhodou je poměrně vysoká cena a složení z komponentů, které jsou těžce sehnatelné pro výměnu v případě poruchy.

Cílem této práce je navrhnout zařízení, které by přenášelo moment z převodovky elektromotoru se standardním válcovým výstupním hřídelem do hnací hlavice se šestihranným vstupem a skládalo se z komponentů, které by se daly zakoupit volně na trhu. Toto zařízení by pak bylo zjednodušenou variantou originálního adaptéru.

Teoretická část bakalářské práce se věnuje konstrukcí standardních řemenových dopravníků, dopravníku typu BS2 a adaptéru od Bosch Rexroth.

V praktické části byly zvoleny z katalogů vhodné neoriginální elektromotory a pro ně pak byl zkonstruován adaptér pro další zapojení k dopravníku.

2 Teoretická část práce

V minulém století začal vývoj hromadné výroby, se kterým pak vzrostly požadavky na dopravované objemy a vzdálenosti. Proto se začaly navrhovat nové typy manipulačních zařízení. Jedním z nich je řemenový dopravník, který má velké uplatnění ve výrobě i dnes. [1]

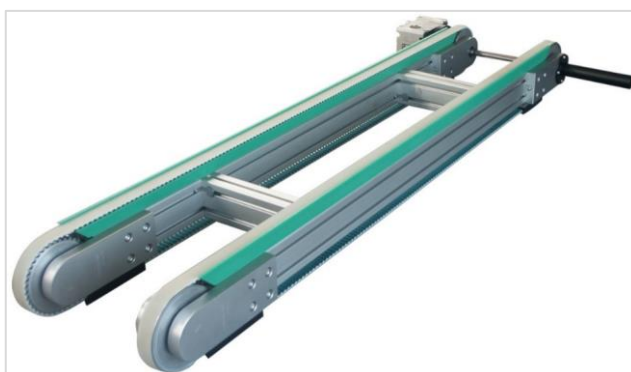
V rešerši je ve zkratce popsán princip funkce řemenových dopravníků. Dále je zde popis řemenových dopravníků série BS2 od firmy Bosch Rexroth.

2.1 Řemenový dopravník

Řemenový dopravník je strojní zařízení, které slouží k mezioperační dopravě kusového materiálu na krátké a středně dlouhé vzdálenosti. Tím přispívá ke zkrácení doby a zvýšení produktivity jednotlivých operací, k automatizaci procesu a k úspoře skladových ploch. Jeho hlavní výhody jsou jednoduchá konstrukce, provoz, vysoká únosnost a snadná údržba. [2]

Tento typ zařízení má využití v různých oblastech, jako jsou například skladování, expresní balíkové služby, automobilový a strojírenský průmysl. Jsou vhodné jak k samostatnému použití, tak pro zástavbu do větších dopravních celků nebo výrobních a montážních linek. [4]

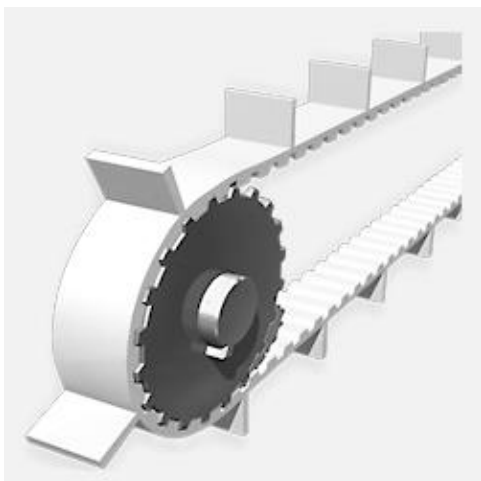
Jedním z takových dopravníků je řemenový dopravník od firmy Alváris viz Obr. 1.



Obr. 1: Řemenový dopravník Alváris [6]

2.1.1 Konstrukce řemenových dopravníků

Hlavním konstrukčním prvkem tohoto typu dopravníku je nekonečný řemen („nekonečný řemen“ znamená, že jsou jeho konce spojeny), který je poháněn hnací a hnanou řemenicí (hnaná řemenice může být i napínací) viz Obr. 2. Pohyb pásů po dané dráze může být zajištěn systémem válečků a vedením s drážkami vytvořenými podél profilu pásu viz Obr. 3.[3]

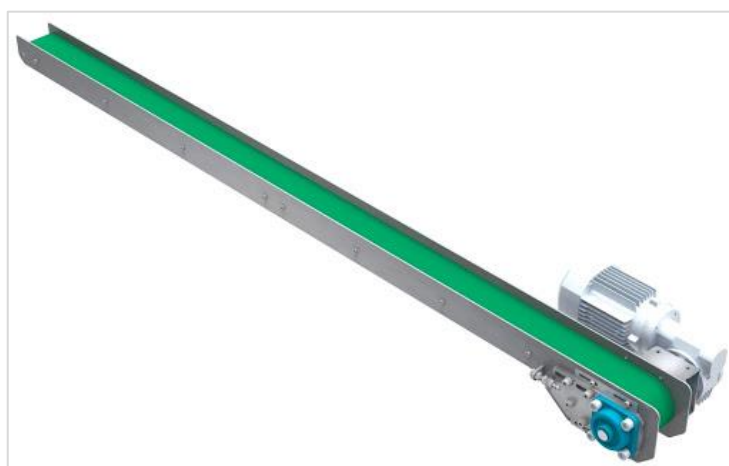


Obr. 2: Hnací řemen a řemenice [9]



Obr. 3: Dopravník s klínovým řemenem [10]

Nejčastěji má toto zařízení dva souběžné ozubené řemeny, mezi které se pak umísťují palety. Ale tyto dopravníky taky mohou mít i jednu řemenovou dráhu viz Obr. 4. [7]



Obr. 4: Řemenový dopravník s jedním ozubeným řemenem [7]

V závislosti na typu přepravovaného produktu v konstrukci dopravníku je možné použít několik typů profilů pásu jako:

- Ozubený viz Obr.2
- Klínový viz Obr.3
- Kruhový (kulatý) viz Obr.5



Obr. 5: Dopravník s kruhovým řemenem [11]

Složení řemene

Klasické klínové řemeny tohoto typu jsou vyrobeny z vysoce odolné směsi kaučuku a speciálního tažného vlákna. Vyznačují se dlouhou životností, vysokou účinností, vysokou teplotní a chemickou odolností. [8]



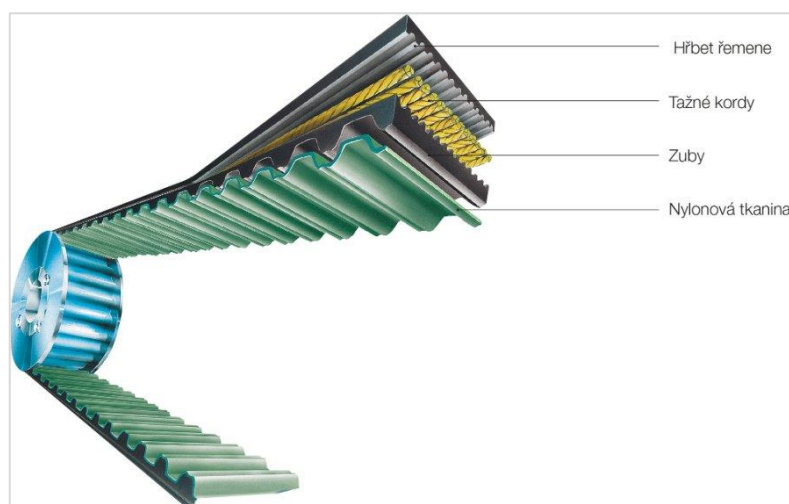
Obr. 6: Profil klasického klínového řemenu od výrobce CONTI-V, s. r. o. [8]

Klínové a kruhové řemeny na bázi polyuretanu a polyesteru mají homogenní složení, jejich tavitelnost umožňuje bezproblémové svařování. Proto jejich hlavní výhodou je jednoduchá montáž (lze spojovat do libovolné délky přímo na stroji). Na rozdíl od těchto typů řemene dopravníky s klasickým řemenem obecně potřebují části demontovat. [12]



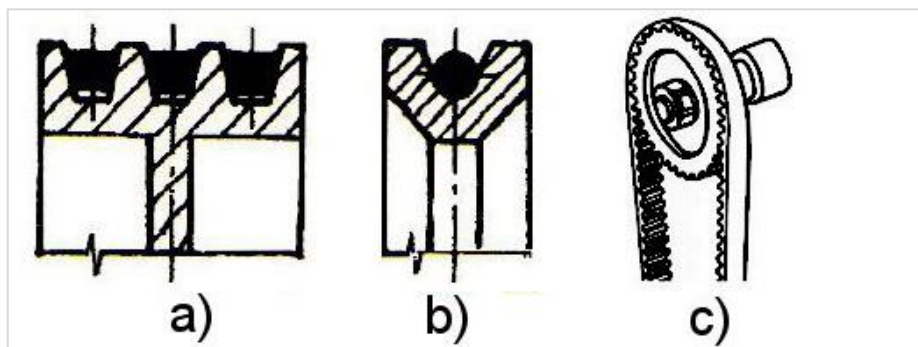
Obr. 7: Řemeny na bázi polyuretanu a polyesteru od firmy BEHAbelt [12]

Dopravní ozubený řemen je složený z několika vrstev. V závislosti na materiálu se řemeny dělí na polyuretanové řemeny (PU) a neoprenové řemeny. Bázovou vrstvou jsou tažné kordy, které definují pevnost, ohebnost a délkovou stabilitu řemene. Mohou být ocelové, aramidové nebo ze skelných vláken. Vnější vrstvy tvoří hřbet a zuby, které jsou vyrobeny ze stejného materiálu. [13]



Obr. 8: Neoprenový ozubený řemen od firmy Haberkorn [13]

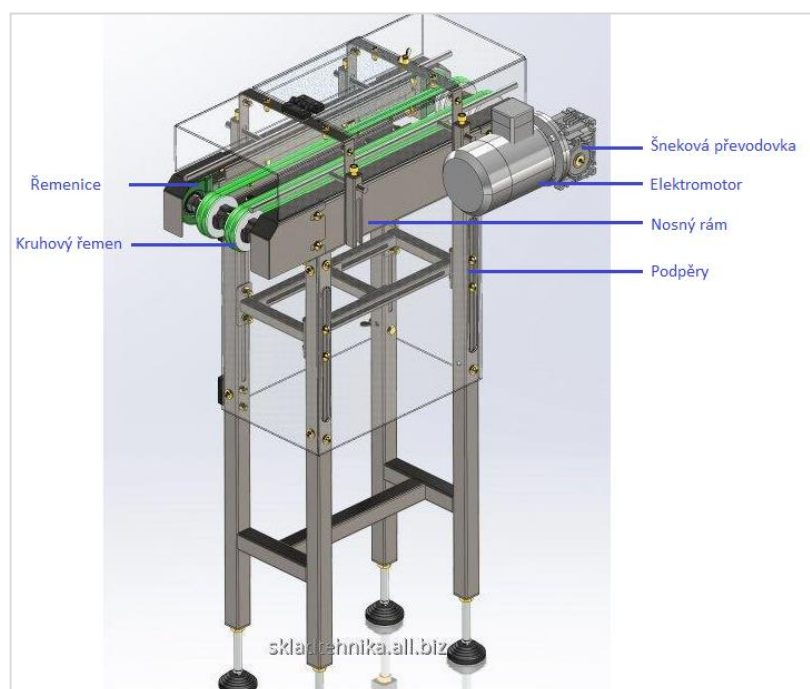
Řemenice dopravníku je určena pro přenášení krouticího momentu z hřídele motoru na řemen dopravníku. Profil kola může být s drážkami pro klínový řemen (Obr. 9 a), s kruhovými drážkami pro lanový řemen (Obr. 9 b) nebo s čelními zuby pro ozubený řemen (Obr. 9 c).



Obr. 9: Profil řemenice pro různé druhy dopravního řemene: a) klínový, b) kruhový, c) ozubený [14]

Pro pohon dopravníku se nejčastěji používá asynchronní třífázový elektromotor se šnekovou převodovkou. Všechny součásti jsou uloženy na nosném rámu. Nosná konstrukce zachycuje veškeré statické i dynamické síly od dopravovaného materiálu, pásu i samotné konstrukce.

Na Obr. 10 je zobrazen kompletní model dopravníku s kruhovým řemenem od firmy Konsort.



Obr. 10: Řemenový s kruhovým řemenem od firmy Konsort [15]

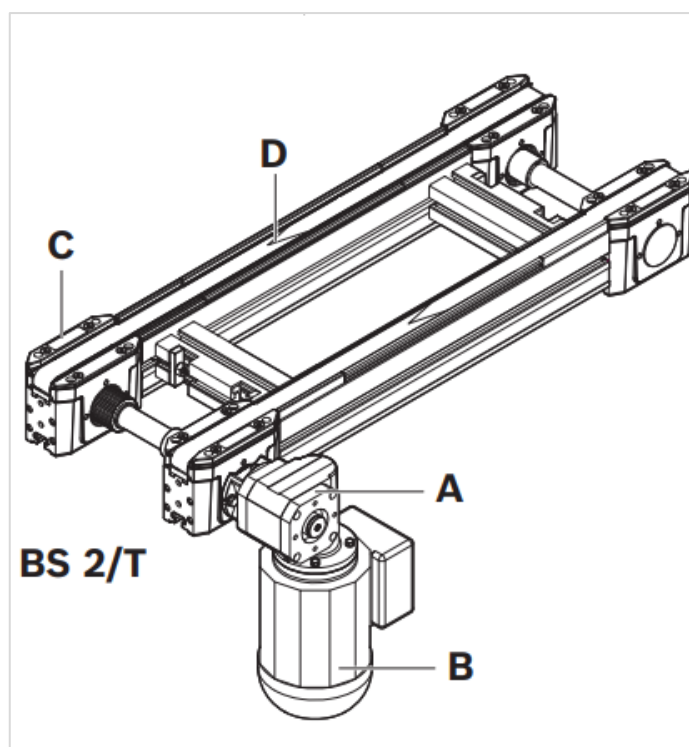
2.2 Řemenový dopravník BS 2 od firmy Bosch Rexroth

Tento typ řemenového dopravníku patří do dopravníkových paletových systémů, kde je přeprava dílu zajištěná paletami, které se pohybují po dopravníkové trati na vzdálenost do 6000 mm.

Jako u všech řemenových dopravníků je základem zařízení opěrný rám, na němž jsou upevněny řemenice. Tyto části tvoří pojezdovou dráhu pro pohyblivý řemen. Řemenice pohání třífázový asynchronní elektromotor se šnekovou převodovkou.

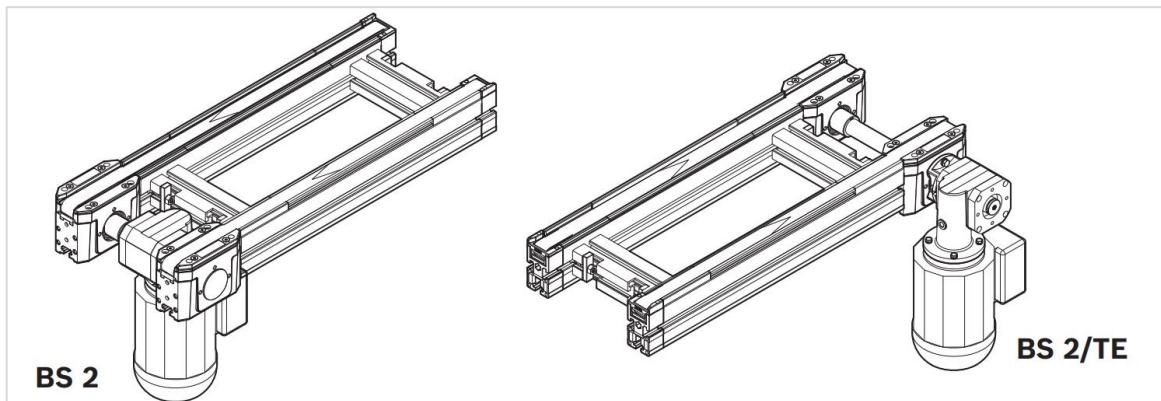
Na obrázku 11 je znázorněno schéma dopravníku BS 2/T, kde písmena označují jeho základní komponenty:

- poháněcí jednotky: elektromotor (B), převodovka (A);
- hnací hlavice (C), ve kterých jsou umístěny řemenice;
- dva ozubené řemeny s dráhovým profilem a kluznou lištou (D). [16]



Obr. 11: Hlavní komponenty dopravníku [16]

Firma Bosch Rexroth nabízí několik typů dopravníku BS2, které se dají rozdělit podle směru přepravy (podélný nebo podélný a příčný), počtu řemenic (mohou být také zapojené vratné a převáděcí řemenice), počtu úseků a způsobů připojení motoru (připojení uprostřed nebo vpravo/vlevo viz Obr. 12). [16]



Obr. 12: Dopravník BS 2 (elektromotor je připojen uprostřed) a BS 2/TE (elektromotor je připojen vpravo) [16]

2.2.1 Technické parametry

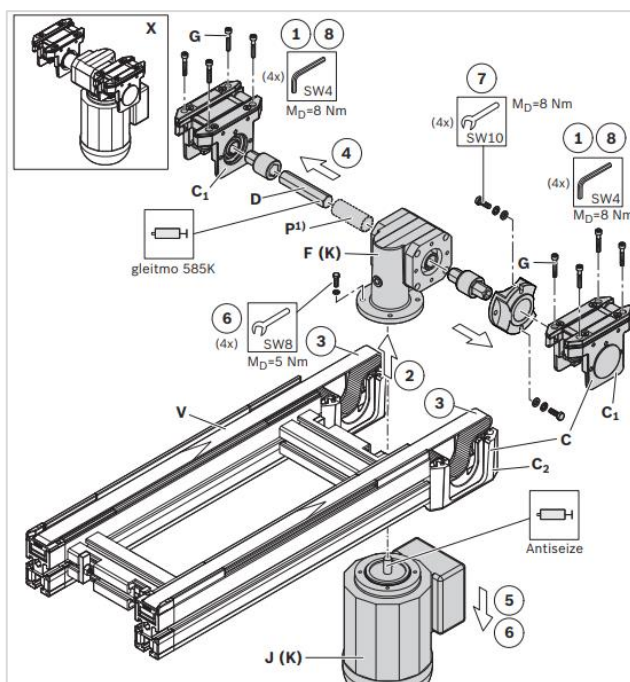
V závislosti na verzi produktů může být délka řemenové trati od 240 mm až do 6000 mm. Pro téměř všechny typy BS2 uvádí výrobce stejné maximální zatížení profilu – 1.0 kg na 1 cm délky dosedací plochy a celkovou maximální hmotnost nákladu 60 kg (jenom pro dopravník BS2 s šířkou 160 mm a s umístěním motoru uprostřed je maximální zatížení 30 kg).

V závislosti na parametrech převodovky může dopravník pracovat s 6 různými rychlostmi – 0 (bez pohonu), 6, 9, 12, 15, 18 m/min. [16]

2.2.2 Pohonné ústrojí

Na Obr. 13 je znázorněno podrobnější složení součástí pro dopravníky s umístěním motoru mezi hnacími hlavicemi, kde:

- C1, C2, C – Hnací hlavice (ze dvou částí);
- D – Hnací hřídel;
- F – Převodovka;
- G – Šrouby;
- J – Elektromotor;
- P – Krycí trubka;
- V – Ozubený řemen. [16]



Obr. 13: Pohonné součásti [16]

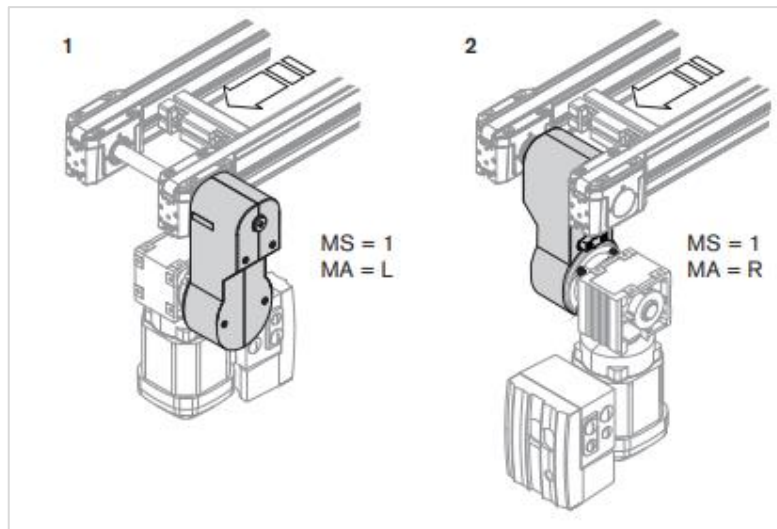
2.3 Adaptér Bosch Rexroth

Adaptér od firmy Bosch Rexroth viz Obr. 14 se používá k montáži větších externích elektromotorů pro přenos vyšších hnacích momentů (nesmí být překročeno maximální zatížení řemenové části). Do dopravníku se zapojuje mezi hnací hlavice a převodovkou viz Obr. 15, je kompatibilní s pohony typu BS 2 a BS 2/M.

Maximální zatížení je 60 kg a maximální přenášený kroutící moment je 12 Nm. [17]



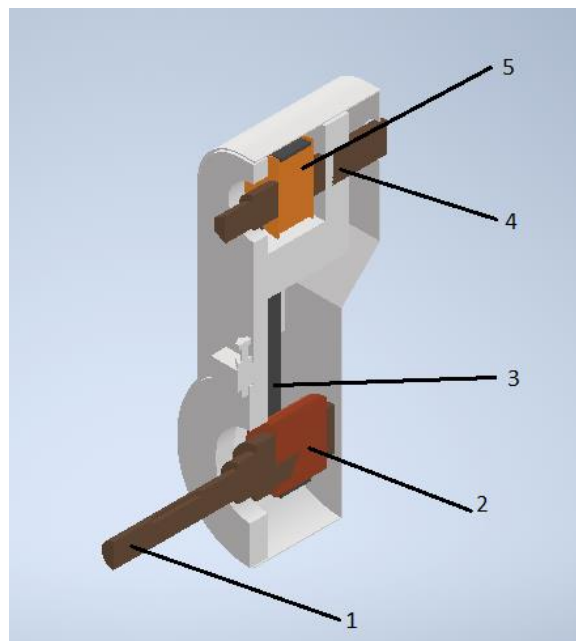
Obr. 14: Adaptér od firmy Bosch Rexroth [17]



Obr. 15: Možnosti montáže k dopravníku [17]

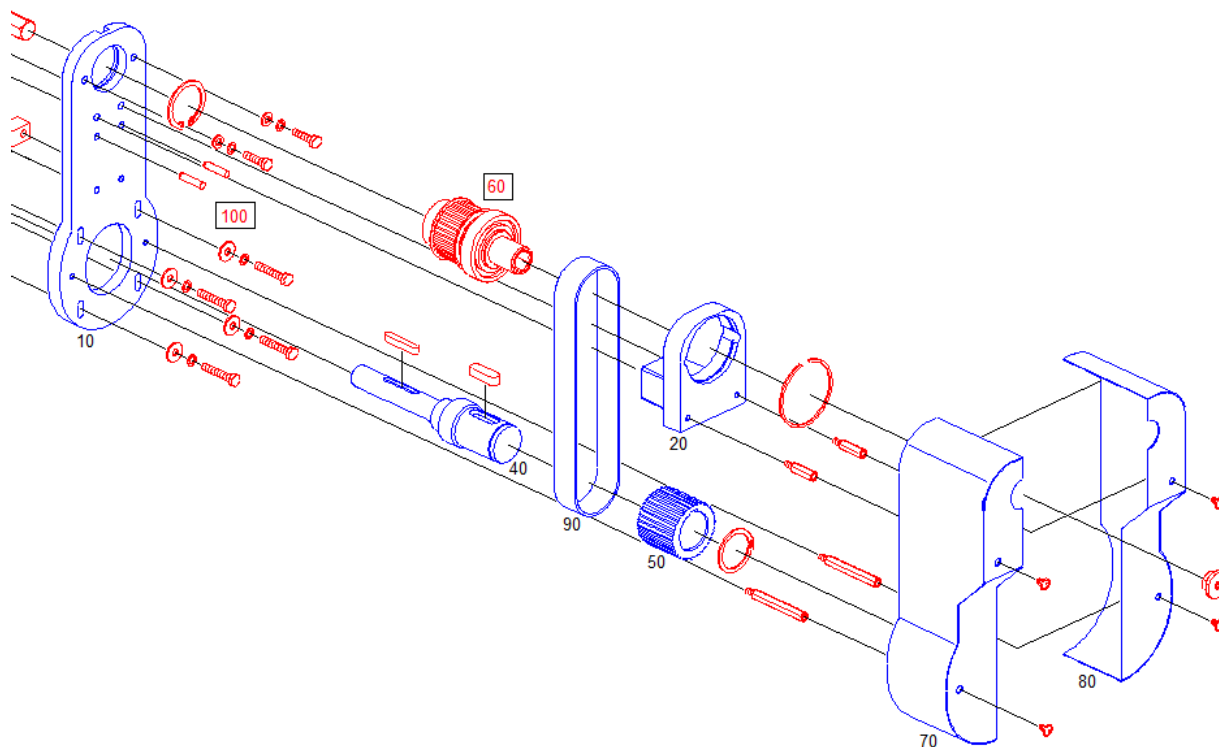
Na stránkách CAD knihovny výrobce (CAD Files and Solid Models Library Bosch Rexroth) je k dispozici zjednodušený CAD model adaptéru. V jeho řezu je vidět zjednodušené uložení hlavních součástí viz Obr. 16, kde:

- Vstupní hřídel s dvěma drážkami pro pero;
- Řemenice;
- Ozubený řemen;
- Výstupní hřídel s šestihranným koncem;
- Řemenice. [18]



Obr. 16: Schématický 3D model v řezu [18]

Níže na Obr. 17 a v Tab. 1 jsou znázorněny a popsány všechny konstrukční a montážní díly adaptéru.



Obr. 17: Konstrukční a montážní prvky adaptéru [19]

č.	Označení
10	Nosná deska
20	Ložisková pouzdra
40	Vstupní hřídel s drážkami pro pero
50	Řemenice
60	Řemenice
70	Ochranný kryt
80	Ochranný kryt
90	Ozubený řemen
100	Montážní sada

Tab. 1: Konstrukční a montážní prvky adaptéru [19]

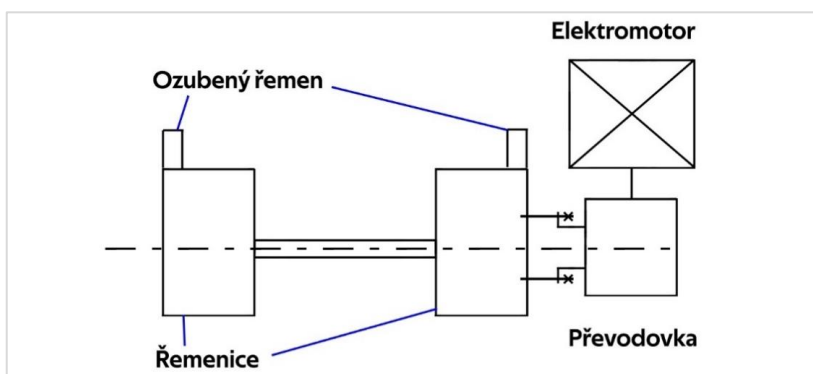
3 Praktická část práce

3.1 Nové konstrukční řešení

Kvůli tomu, že dopravník BS2 má nestandardní připojení hnacích hlavic s pohonem, připojeným šestihrannou hřídelí, není možné přímé zapojení neoriginálních převodových elektromotorů.

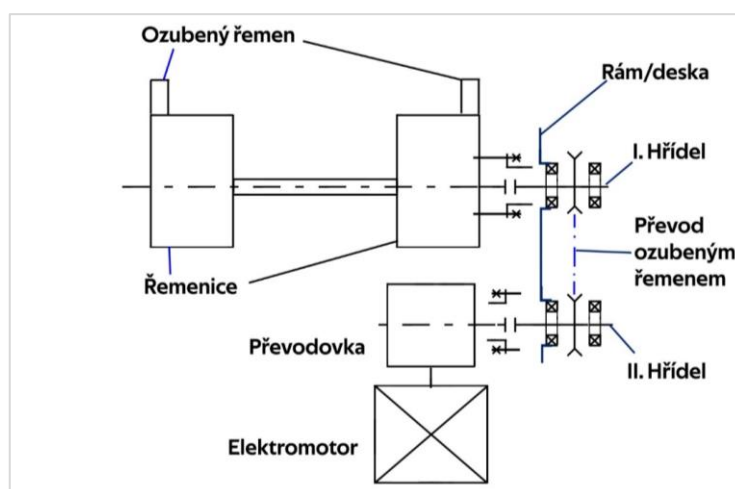
Cílem této práce navrhnout zařízení, které by přenášelo moment z převodovky elektromotoru se standardním válcovým výstupním hřídelem do hnací hlavice se šestihranným vstupem.

Na Obr. 18 je zobrazeno původní řešení připojení originálního elektromotoru Bosch s převodovkou.



Obr. 18: Původní řešení [autor]

Na Obr. 19 je zobrazeno nové řešení, kde se zapojuje budoucí adaptér.



Obr. 19: Nové řešení [autor]

3.2 Výběr pohonu

Pro výběr kompatibilního převodového elektromotoru k dopravníku je potřeba nejdříve určit výkonové parametry originálního pohonu (výkon, otáčky a krouticí moment na výstupním hřídeli převodovky).

a) Dopravník BS2 s rychlostí řemenového pásu 18 m/min.

V níže uvedené Tab. 2 jsou parametry originálního pohonu z katalogu Bosch Rexroth.

Výkon motoru [kW]	Otáčky motoru [min^{-1}]	Převodový poměr převodovky
0,25	1410	10:1

Tab. 2: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro rychlost dopravníku 18 m/min [19]

Potřebné vzorce pro výpočty:

$$P_{mot} = M_{mot} \cdot \omega \quad (1)$$

$$\omega_{mot} = \frac{\pi n_{mot}}{30} \quad (2)$$

$$i = \frac{n_{mot}}{n_{výst}} \quad (3)$$

P_{mot} – výkon elektromotoru [kW]

M_{mot} – moment elektromotoru [N.m]

ω_{mot} – úhlová rychlost elektromotoru [rad/s]

n_{mot} – otáčky elektromotoru [min^{-1}]

$n_{výst}$ – otáčky na výstupním hřídeli převodovky [min^{-1}]

i – převodový poměr převodovky [-]

Dosazení do vzorců:

$$\omega_{mot634} = \frac{\pi n_{mot634}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1410}{30} = 147,58 \frac{rad}{s} \quad (4)$$

$$\rightarrow M_{mot634} = \frac{P_{mot634}}{\omega_{mot634}} = \frac{250}{147,58} = 1,69 Nm \quad (5)$$

M_{mot634} – Krouticí moment motoru Bosch 634 [Nm]

$$n_{výstupní18} = \frac{n_{mot634}}{10} = \frac{1410}{10} = 141 min^{-1} \quad (6)$$

$$M_{vystupni18} = i \cdot M_{mot634} = 10,1,69 = 16,9 \text{ Nm} \quad (7)$$

$M_{vystupni18}$ - krouticí moment na výstupním hřídeli převodovky pro rychlost dopravníku 18 m/min.

Výstupní parametry originálního pohonu jsou uvedeny v tabulce 3 pro dopravník s rychlostí 18/min.

$P_{18} [kW]$	$n_{vystupni18} [min^{-1}]$	$M_{vystupni18} [Nm]$
0,25	141	16,9

Tab. 3: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 18 m/min [19]

Vybrané převodové elektromotory se šnekovou převodovkou pro dopravník s rychlostí 18 m/min jsou uvedeny v tabulce 4 až 7.

SEW:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{vyst} [min^{-1}]$	$M_{vystupni} [Nm]$	i
0,25	1405	137	15	10,23

Tab. 4: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]

Nord:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{vyst} [min^{-1}]$	$M_{vystupni} [Nm]$	i
0,25	1415	131	16,4	10,75

Tab. 5: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]

Lenze:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{vyst} [min^{-1}]$	$M_{vystupni} [Nm]$	i
0,25	1710	134,7	17	12,7

Tab. 6: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]

KEB:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{vyst} [min^{-1}]$	$M_{vystupni} [Nm]$	i
0,25	1410	142	15	9,94

Tab. 7: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]

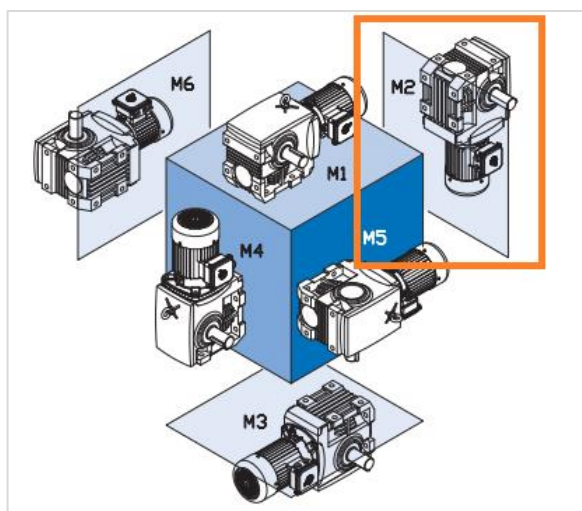
Pro všechny pohony bylo zvoleno standartní montážní provedení tvaru B5 viz Obr. 20, které má přírubu a výstupní hřídel s těmito parametry:

- Průměr příruby B5 (obvodový): $\varnothing 120$ [mm]
- Průměr výstupního hřídele: $\varnothing 20$ [mm]
- Délka drážky pro pero: 40 [mm]



Obr. 20: Přírubové provedení B5 [20]

Na obrázku 21 je zobrazena zvolená montážní pozice převodového elektromotoru M2 s vertikálním umístěním motoru dole. Stejný typ připojení byl zvolen i pro následující rychlosti 15, 12, 9 a 6 m/s.



Obr. 21: Montážní pozice elektromotoru [20]

b) Dopravník BS2 s rychlostí řemenového pásu 15 m/min.

Parametry originálního pohonu z katalogu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 15 m/min uvedeny v tabulce 8.

$P_{mot634} [kW]$	$n_{mot634} [min^{-1}]$	i_{15}
0,25	1410	12:1

Tab. 8: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro rychlost dopravníku 15 m/min [autor]

Výstupní otáčky elektromotoru pro rychlost dopravníku 15 m/min vyšly $117,5 \text{ min}^{-1}$.

$$n_{výstupní15} = \frac{n_{mot634}}{12} = \frac{1410}{12} = 117,5 \text{ min}^{-1} \quad (8)$$

$$M_{výstupní15} = i \cdot M_{mot634} = 12 \cdot 1,69 = 20,28 \text{ Nm} \quad (9)$$

Výstupní parametry originálního pohonu jsou uvedeny v tabulce 9.

$P_{15} [kW]$	$n_{výstupní15} [min^{-1}]$	$M_{výstupní15} [Nm]$
0,25	117,5	20,28

Tab. 9: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]

Vybrané převodové elektromotory se šnekovou převodovkou pro dopravník s rychlostí 15 m/min jsou uvedeny v tabulce 10 až 13.

SEW:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,25	1405	113	19	12,48

Tab. 10: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]

Nord:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,25	1415	108	19,3	13,18

Tab. 11: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]

Lenze:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,25	1710	117,1	19	14,6

Tab. 12: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]

KEB:

$P [kW]$	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,25	1415	114	19	12,4

Tab. 13: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]

c) Dopravník BS2 s rychlostí řemenového pásu 12 m/min.

Parametry originálního pohonu z katalogu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 12 m/min jsou uvedeny v tabulce 14.

P_{mot634} [kW]	n_{mot634} [min^{-1}]	i_{12}
0,25	1410	15:1

Tab. 14: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]

Výstupní otáčky elektromotoru vyšly 94 min^{-1} pro rychlost dopravníku 12 m/min:

$$n_{výstupní12} = \frac{n_{mot634}}{15} = \frac{1410}{15} = 94 \text{ min}^{-1} \quad (10)$$

$$M_{výstupní12} = i \cdot M_{mot634} = 15 \cdot 1,69 = 25,35 \text{ Nm} \quad (11)$$

Výstupní parametry originálního pohonu jsou uvedeny v tabulce 15.

P_{12} [kW]	$n_{výstupní12}$ [min^{-1}]	$M_{výstupní12}$ [Nm]
0,25	94	25,35

Tab. 15: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]

Vybrané převodové elektromotory se šnekovou převodovkou pro dopravník s rychlostí 12 m/min jsou uvedeny v tabulce 16 až 19:

SEW:

Výkon P [kW]	n_{mot} [min^{-1}]	$n_{výst}$ [min^{-1}]	$M_{výstupní}$ [Nm]	i
0,25	1405	90	25	15,53

Tab. 16: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]

Nord:

P [kW]	n_{mot} [min^{-1}]	$n_{výst}$ [min^{-1}]	$M_{výstupní}$ [Nm]	i
0,25	1415	91	23	15,57

Tab. 17: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]

Lenze:

P [kW]	n_{mot} [min^{-1}]	$n_{výst}$ [min^{-1}]	$M_{výstupní}$ [Nm]	i
0,25	1390	92,6	25	15,01

Tab. 18: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]

KEB:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,25	1410	91	24	15,5

Tab. 19: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]

d) Dopravník BS2 s rychlostí řemenového pásu 9 m/min.

Parametry originálního pohonu z katalogu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 9 m/min jsou uvedeny v tabulce 20.

$P_{mot624} [kW]$	$n_{mot624} [min^{-1}]$	i_9
0,18	1410	20:1

Tab. 20: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]

Výstupní otáčky elektromotoru vyšly $70,5 \text{ min}^{-1}$ pro rychlost dopravníku 9 m/min:

$$n_{výstupní9} = \frac{n_{mot624}}{20} = \frac{1410}{20} = 70,5 \text{ min}^{-1} \quad (12)$$

$$\omega_{mot624} = \frac{\pi n_{mot624}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1410}{30} = 147,58 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (13)$$

$$\rightarrow M_{mot624} = \frac{P_{mot624}}{\omega_{mot624}} = \frac{180}{147,58} = 1,22 \text{ Nm} \quad (14)$$

M_{mot624} - Kroutící moment motoru Bosch 624 [N.m]

$$M_{výstupní9} = i \cdot M_{mot624} = 20 \cdot 1,22 = 24,4 \text{ Nm}$$

$P_9 [kW]$	$n_{výstupní9} [min^{-1}]$	$M_{výstupní9} [N.m]$
0,18	70,5	24,4

Tab. 21: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]

Vybrané převodové elektromotory se šnekovou převodovkou pro dopravník s rychlostí 9 m/min jsou uvedeny v tabulce 22 až 25:

SEW:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní}$	i
0,25	1405	69	22	19,89

Tab. 22: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]

Nord:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,18	1385	64	22,9	21,49

Tab. 23: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]

Lenze:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,18	1715	68,5	24	25,05

Tab. 24: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]

KEB:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [N.m]$	i
0,18	1375	71	21	19,38

Tab. 25: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]

e) Dopravník BS2 s rychlostí řemenového pásu 6 m/min.

Parametry originálního pohonu z katalogu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 6 m/min jsou uvedeny v tabulce 26.

$P_{mot624} [kW]$	$n_{mot624} [min^{-1}]$	i_6
0,18	1410	30:1

Tab. 26: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]

Výstupní otáčky elektromotoru vyšly 47 min^{-1} pro rychlost dopravníku 6 m/min:

$$n_{výstupní624} = \frac{n_{mot624}}{30} = \frac{1410}{30} = 47 \text{ min}^{-1} \quad (15)$$

$$M_{výstupní6} = i \cdot M_{mot624} = 30 \cdot 1,22 = 36,6 \text{ N.m} \quad (16)$$

$P_6 [kW]$	$n_{výstupní6} [min^{-1}]$	$M_{výstupní6} [Nm]$
0,18	47	36,6

Tab. 27: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]

Vybrané převodové elektromotory se šnekovou převodovkou pro dopravník s rychlostí 6 m/min jsou uvedeny v tabulce 28 až 31.

SEW:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,18	1375	45	30	30,68

Tab. 28: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]

Nord:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,18	1385	45	31,2	30,94

Tab. 29: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]

Lenze:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,18	1715	46,7	35	36,71

Tab. 30: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]

KEB:

P [kW]	$n_{mot} [min^{-1}]$	$n_{výst} [min^{-1}]$	$M_{výstupní} [Nm]$	i
0,18	1390	46	31	30,26

Tab. 31: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]

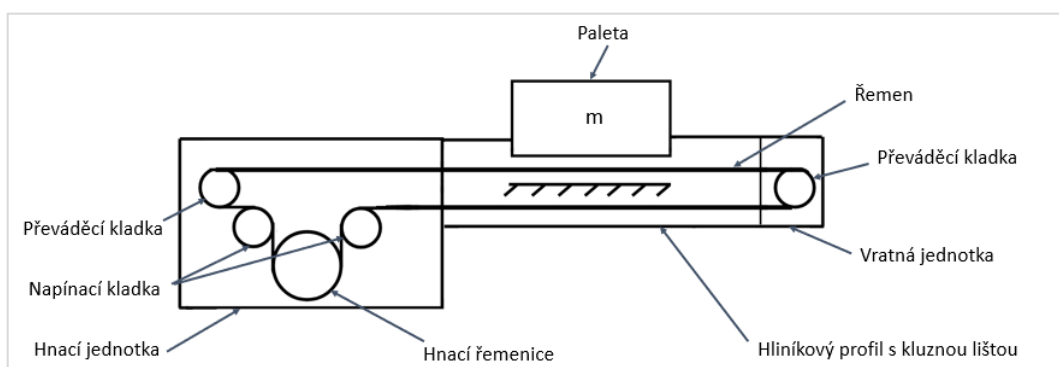
V Tab. 32 je uvedeno shrnutí všech vybraných převodových elektromotorů. Šedivou barvou jsou označeny varianty s nejvíce podobnou hodnotou výstupních otáček originálního pohonu.

Motor ↓	$v_{\text{dopravníku}}$ $P_{\text{mot}} \rightarrow$	6 m/min 0,18kW	9 m/min 0,18kW	12 m/min 0,25 kW	15 m/min 0,25 kW	18 m/min 0,25 kW
Bosch	$n_{\text{mot}} [\text{min}^{-1}]$	1410	1410	1410	1410	1410
	$n_{\text{výst}} [\text{min}^{-1}]$	47	70,5	94	117,5	141
	$M_{\text{výst}} [\text{Nm}]$	50,7	24,4	25,35	20,28	16,9
	$i [-]$	30	20	15	12	10
SEW	$n_{\text{mot}} [\text{min}^{-1}]$	1375	1405	1405	1405	1405
	$n_{\text{výst}} [\text{min}^{-1}]$	45	69	90	113	137
	$M_{\text{výst}} [\text{N.m}]$	30	22	25	19	15
	$i [-]$	30,68	19,89	15,53	12,48	10,23
Nord	$n_{\text{mot}} [\text{min}^{-1}]$	1385	1385	1415	1415	1710
	$n_{\text{výst}} [\text{min}^{-1}]$	45	64	91	108	131
	$M_{\text{výst}} [\text{Nm}]$	31,2	22,9	23	19,3	16,4
	$i [-]$	30,94	21,49	15,57	13,18	10,75
Lenze	$n_{\text{mot}} [\text{min}^{-1}]$	1715	1715	1390	1710	1710
	$n_{\text{výst}} [\text{min}^{-1}]$	46,7	68,5	92,6	117,1	134,7
	$M_{\text{výst}} [\text{Nm}]$	35	24	25	19	17
	$i [-]$	36,71	25,05	15,01	14,6	12,7
KEB	$n_{\text{mot}} [\text{min}^{-1}]$	1390	1375	1410	1415	1410
	$n_{\text{výst}} [\text{min}^{-1}]$	46	71	91	114	142
	$M_{\text{výst}} [\text{Nm}]$	31	21	24	19	15
	$i [-]$	30,26	19,38	15,5	12,4	9,94

Tab. 32: Shrnutí vybraných pohonů [autor]

3.3 Výpočet odporu dopravníku

Na obrázku 22 je znázorněno schéma provozu dopravníku. Ozubený řemen je poháněn hnací jednotkou, která je složena z hnací řemenice a několika kladek. Na řemenu jsou umístěny palety, ve kterých jsou uloženy výrobky o maximální celkové hmotnosti 60 kg.



Obr. 22: Schéma vedení řemenu BS2 [autor]

Mezi řemenem o plochou profilu při provozu dopravníku vzniká tření, což vede ke vzniku odporového krouticího momentu v řemenicích:

$$M_o = \frac{F_T \cdot D_{roz}}{2} \quad (17)$$

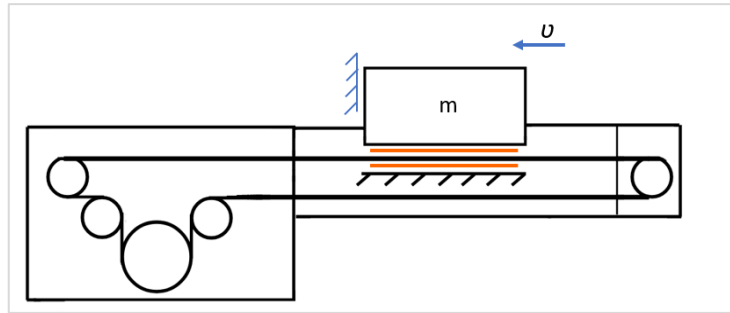
kde:

M_o – krouticí moment daný odporem dopravníku [Nm]

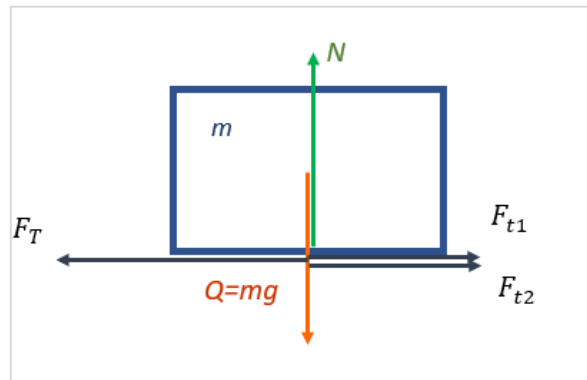
F_T – celková třecí síla [N]

D_{roz} - roztečný průměr [mm] [21]

Třecí síla nabývá maximálních hodnot při akumulčním režimu, kdy paleta o hmotnosti 60 kg (maximální dovolená hmotnost palety) je naražena na plochu ve směru pohybu řemene viz Obr 23. V tomto případě vznikají dvě třecí plochy, a to mezi paletou a řemenem a mezi řemenem a profilem dopravníku.



Obr. 23: Akumulační režim dopravníku [autor]



Obr. 24: Uvolnění palety [autor]

Uvolnění palety:

Osa x:

$$F_{t1} + F_{t2} - F_T = 0 \quad (18)$$

Osa y:

$$N - Q = 0 \quad (19)$$

Tíhová síla:

$$Q = m \cdot g = 60 \cdot 10 = 600 \text{ N} \quad (20)$$

Reakce:

$$N = Q = 600 \text{ N} \quad (21)$$

Síly tření:

$$F_{t1} = f_1 \cdot N = 0,2 \cdot 600 \text{ N} = 120 \text{ N} \quad (22)$$

$$F_{t2} = f_2 \cdot N = 0,2 \cdot 600 \text{ N} = 120 \text{ N} \quad (23)$$

Kde f_1 a f_2 jsou součinitele tření.

Velikost celkové třecí síly je určena ze vztahu (18):

$$F_T = F_{t1} + F_{t2} = 120 + 120 = 240 \text{ N} \quad (24)$$

Řemenice dopravníku BS2 má následující parametry:

Typ řemenu: T5

Šířka: 25 mm

Počet zubů: 26

Roztečný průměr řemenice dopravníku je určen podle vztahu:

$$D_{roz} = \frac{z \cdot p_{\check{r}}}{\pi} \text{ [mm]} \quad (25)$$

kde:

$p_{\check{r}}$ - rozteč zubů řemenice [mm]

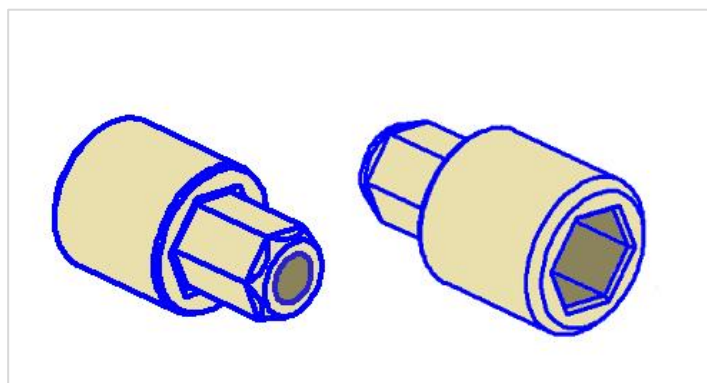
z – je počet zubů dané řemenice [-]

$$D_{roz} = \frac{z \cdot p_{\check{r}}}{\pi} = \frac{26 \cdot 5}{\pi} = 41,38 \text{ mm} \quad (26)$$

Pak maximální kroutící moment daný odporem dopravníku:

$$M_{o \max} = \frac{F_T \cdot D_{roz}}{2} = \frac{240 \cdot 41,38}{2} = 4967 \text{ Nmm} = 4,967 \text{ Nm} \quad (27)$$

Dalším kritériem je hraniční moment plastové spojky viz Obr. 25, která spojuje adaptér s dopravníkem a nachází se v přírubě. Tato spojka má hraniční moment kolem 12,5 Nm, cca 2,5 násobek jmenovitého odporu, což vyhovuje bezpečnosti. V řešení je tato plastová spojka zachována, je umístěna uvnitř příruby dopravníku Bosch a do tohoto šestihranného otvoru se pak vloží výstup adaptéru.



Obr. 25: Pojistná plastova spojka [19]

Všechny převodové elektromotory ze seznamu mají mnohem větší výstupní moment, proto jsou vybírány podle otáček převodovky, tedy podle rychlosti na výstupu tak, aby bylo dosaženo požadované rychlosti dopravníku.

Z Tab. 33 byly vybrány další převodové motory:

Rychlost řemene	Elektromotor
6 m/min	Lenze
9 m/min	KEB
12 m/min	Lenze
15 m/min	Lenze
18 m/min	KEB

Tab. 33: Vybrané motory [autor]

3.4 Návrh řemenového převodu

Otáčky řemenice nabývají maximálních hodnot při nastavení dopravníku na maximální pracovní rychlost 18 m/min s připojením převodového elektromotoru Lenze o výstupních otáčkách 67 m/min a přenášeným výkonem 0,25 kW.

$$n_{výst} = n_{výstKEB18m/min} = 141 [min^{-1}]$$

$$P_{přenášený} = 0,25 [kW]$$

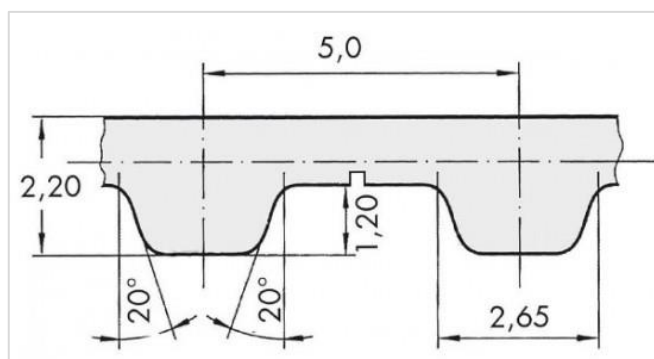
3.5 Návrh řemenového převodu.

Pro návrh adaptéru byl zvolen polyuretanový ozubený řemen typu T5 od firmy Bosch Rexroth o délce 525 mm. Tento typ byl zvolen na základě toho, že se používá pro všechny dopravníky Bosch řady TS2. Kromě toho, zvolená délka řemenu se používá pro pohon přejezdových jednotek (výhybek, zdvižných jednotek a zatáček). Proto je držen běžně skladem jako náhradní díl. Tento výběr umožní ekonomičtější provoz dopravníkových systémů a navíc nebude potřeba navyšovat skladové zásoby.

Označení ozubeného řemene: R987327744DCMX toothed belt 25T5 N.

Parametry:

- Rozteč: 5 mm
- Šířka: 25 mm
- Délka řemene: 525 mm
- Výška zubu: 1,20 mm
- Délka zubu: 2,65 mm



Obr. 26: Profil ozubeného řemene typu T5 [23]

Návrh řemenice:

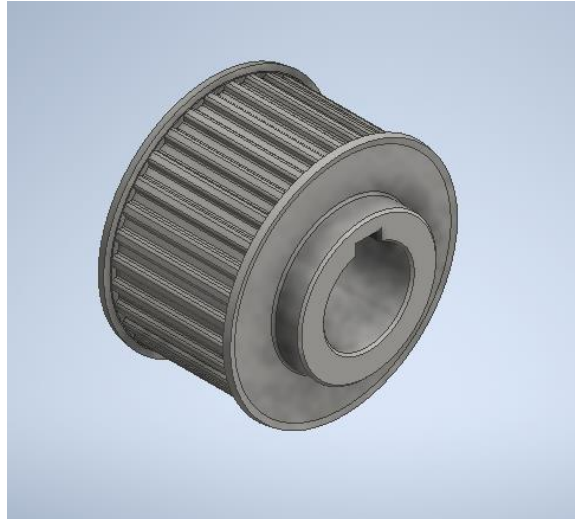
Adaptér nemění přenášený moment až na ztráty, to znamená, že převodový poměr ozubeného převodu bude $i=1$. Z tohoto důvodu pro obě řemenice byl volen stejný počet zubů $z_1 = z_2 = 32$.

Roztečný průměr řemenice adaptéru byl určen pomocí vztahu:

$$D_{p \text{ adaptér}} = D_p = \frac{z \cdot p_f}{\pi} = \frac{32 \cdot 5}{3,14159} = 50,929 \text{ mm} \quad (29)$$

V katalogu Haberkorn Ulmer jsou obdobné řemenice, byla zvolena pro vstupní a výstupní hřídel typ 36 T5/32 s parametry:

- Počet zubu: 32 zubů
- Materiál: hliník
- Roztečný průměr: 50,94 mm
- Provedení: 2F – nalisované bočnice z pozinkované oceli



Obr. 27: Hnací řemenice: typ 36 T5/32 [autor]

Řemenice a hřídel jsou spojeny pomocí těsného pera. Rozměry drážky pro pero byly voleny dle normy ČSN 02 2562:

Hřídel / díra		Pero		Drážka								
Průměr D přes	do	Šířka b	Výška h	f	v hřídeli			v náboji			b P9	R
					úchytky		úchytky		úchytky			
6	8	2	2	1,1	+0,1	0	0,9	+0,2	+0,1	2	0,2	
8	10	3	3	1,7	+0,1	0	1,3	+0,2	+0,1	3	0,2	
10	12	4	4	2,4	+0,1	0	1,6	+0,2	+0,1	4	0,4	
12	17	5	5	2,9	+0,1	0	2,1	+0,2	+0,1	5	0,4	
17	22	6	6	3,5	+0,2	0	2,5	+0,2	+0,1	6	0,4	
22	30	8	7	4,1	+0,2	0	2,9	+0,2	+0,1	8	0,4	
30	38	10	8	4,7	+0,2	0	3,3	+0,4	+0,2	10	0,4	
38	44	12	8	4,9	+0,2	0	3,1	+0,4	+0,2	12	0,6	
44	50	14	9	5,5	+0,2	0	3,5	+0,4	+0,2	14	0,6	
50	58	16	10	6,2	+0,2	0	3,8	+0,4	+0,2	16	0,6	
58	65	18	11	6,8	+0,2	0	4,2	+0,4	+0,2	18	0,6	
65	75	20	12	7,4	+0,2	0	4,6	+0,4	+0,2	20	0,6	
75	85	22	14	8,5	+0,2	0	5,5	+0,4	+0,2	22	0,6	
85	95	25	14	8,7	+0,2	0	5,3	+0,4	+0,2	25	1	
95	110	28	16	9,9	+0,2	0	6,1	+0,4	+0,2	28	1	
110	130	32	18	11,1	+0,3	0	6,9	+0,4	+0,2	32	1	
130	150	36	20	12,3	+0,3	0	7,7	+0,4	+0,2	36	1	
150	170	40	22	13,5	+0,3	0	8,5	+0,4	+0,2	40	1	
170	200	45	25	15,3	+0,3	0	9,7	+0,6	+0,3	45	1,6	
200	230	50	28	17,0	+0,3	0	11,0	+0,6	+0,3	50	1,6	
230	260	56	32	19,3	+0,3	0	12,7	+0,6	+0,3	56	1,6	
260	290	63	32	19,6	+0,3	0	12,4	+0,6	+0,3	63	1,6	
290	330	70	36	22,0	+0,3	0	14,0	+0,6	+0,3	70	2,5	
330	380	80	40	24,6	+0,3	0	15,4	+0,6	+0,3	80	2,5	
380	440	90	45	27,5	+0,3	0	17,5	+0,6	+0,3	90	2,5	
440	500	100	50	30,4	+0,3	0	19,6	+0,6	+0,3	100	2,5	

Obr. 28: Norma ČSN 02 2562 [24]

Minimální osovou vzdálenost mezi řemenicí lze určit podle vztahu:

$$a_{min} = 0,7(d_1 + d_2) [mm] \quad (30)$$

kde:

d_1 a d_2 jsou roztečné průměry řemenic [mm]

Pak po dosažení minimální osové vzdálenost:

$$a_{min}=0,7 \cdot (d_1+d_2)=0,7 \cdot (50,94+5,94)=74,316 \text{ mm}$$

Skutečná osová vzdálenost se určuje podle vztahu:

$$A = \frac{1}{4} \cdot \left(L_p - \pi \frac{d_1 + d_2}{2} \right) + \sqrt{\left(L_p - \pi \frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{d_2 - d_1}{2} \right)^2} \quad (31)$$

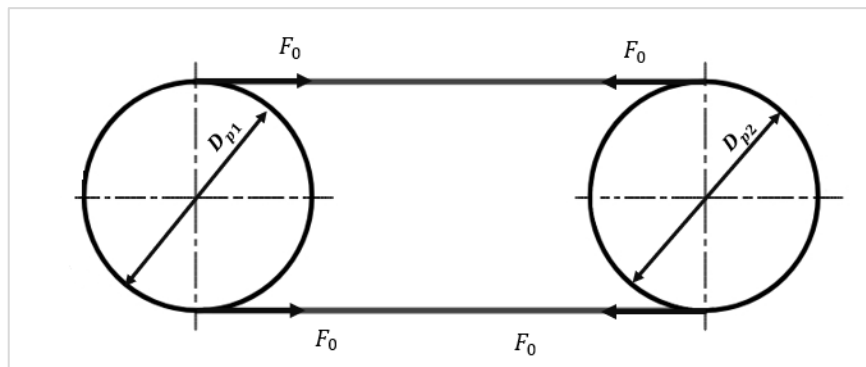
Byla volena standardizovaná délka řemene $l = 525 \text{ mm}$, pak:

$$A = \left(\left(525 - \pi \frac{50,94 + 50,94}{2} \right) + \sqrt{\left(525 - \pi \frac{50,94 + 50,94}{2} \right)^2 - 8 \frac{(50,94 - 50,94)^2}{4}} \right) =$$

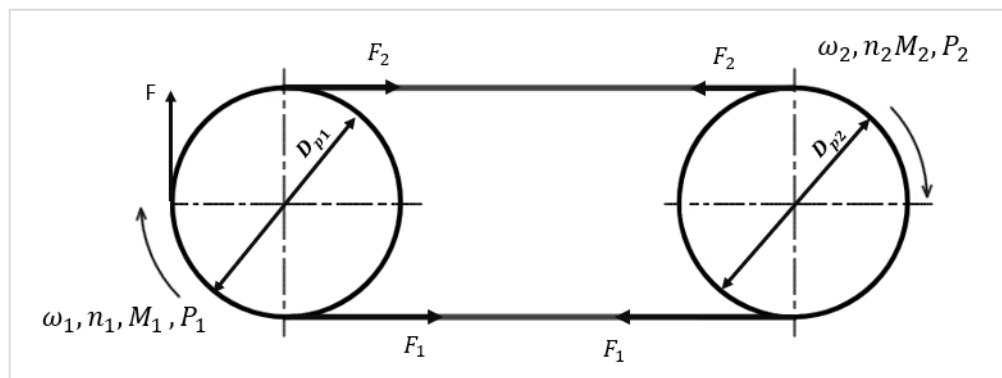
$$= \frac{1}{4} \cdot \left(525 - \frac{50,94 + 50,94}{2} \right) = 182,5 \text{ mm} \quad (32)$$

3.6 Silové poměry

Pro správnou funkci řemenového převodu je potřeba, aby za klidu řemen byl předeptnut se silou F_0 viz Obr. 29.



Obr. 29: Řemenový převod: silové poměry za klidu [autor]



Obr. 30: Řemenový převod: silové poměry [autor]

Při zapnutém elektromotoru je výkon z hnací řemenice na hnanou přenášen tahovou silou F , kterou lze určit ze vztahu:

$$F = \frac{1000 \cdot P}{v_{\dot{r}}} [N] \quad (33)$$

kde:

$v_{\dot{r}}$ - rychlost řemene [m/s]

Při přenosu výkonu se v tažné větvi síla zvětší na tahovou sílu F_1 , a ve volné větvi se zmenší na tahovou sílu F_2 :

$$F = F_1 - F_2 [N] \quad (34)$$

Výkon, který dává převodový elektromotor lze vyjádřit takto—:

$$P = F \cdot v [kW] \quad (35)$$

Z tohoto vztahu vyplývá, že největší přenášený výkon bude při největší rychlosti dopravníku. Rychlost řemene nabývá maximálních hodnot při výstupních otáčkách převodového elektromotoru KEB určeného pro dopravník s pracovní rychlostí 18 m/min, pak podle zvolených parametrů rychlost řemene vyšla 0,3759 m/s :

$$v_{\dot{r}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 50,94 \cdot 141}{1000 \cdot 60} = 0,3759 \text{ m/s} \quad (36)$$

Síla, kterou dává pohon, vzniká při rychlosti 18 m/min:

$$F = \frac{1000 \cdot 0,25}{0,3759} = 665,07 \text{ N}$$

Při správné funkci řemenového převodu je síla v odlehčené větvi rovna od 30 až 50% velikosti tahové síly. Pro určení této síly byl volen poměr 30 %:

$$F_2 = 0,3 \cdot F = 0,3 \cdot 665,07 = 199,52 \text{ N} \quad (37)$$

Síla v tažné větvi F_1 se určuje podle vztahu:

$$F_1 = F + F_2 = 665,07 + 199,52 = 864,59 \text{ N} \\ F_1 + F_2 = 2 \cdot F_0 \quad (38)$$

Velikost předepínací síly F_0 vychází ze vztahu (38):

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{864,59 + 199,52}{2} = 532,055 \text{ N} \quad (39)$$

Při plném využití síly pohonu $F=665.07$ N již dojde k poškození pojistné plastové spojky, která má maximální odporový moment 12,5Nm:

$$F_{odpor\ spojky\ max} = 2 \frac{M_{o\ krit}}{D_{roz}} = 2 \cdot \frac{12,5}{0,04138} = 604 \text{ N} \quad (40)$$

Síla odpovídající 12,5Nm odporu na řemenu adaptéru:

$$F_{odporu\ adaptér\ max} = 2 \cdot \frac{12,5 \cdot 1000}{50,94} = 496,03 \text{ N} \quad (41)$$

$$F_{odporu\ adaptér\ max} < F_{odpor\ spojky\ max}$$

$F_{odporu\ adaptér\ max}$ - maximální odporová síla v řemenu adaptéru, kterou je dopravník schopen krátkodobě využít tak, aby nedošlo k jeho poškození.

Při překročení této síly v důsledku nárůstu jakéhokoliv odporu (přetížení dopravníku, havarijní stav, zablokování atd.) dojde k poškození spojky a rozpojení pohonného řetězce. Po rozpojení klesne síla v řemenu dopravníku pouze na hodnotu danou pasivním odporem v ložiskách a převodu.

Proto pojistná spojka 12,5Nm byla v konstrukci zachována jako originální bezpečnostní prvek výrobce dopravníku Bosch. Bez této spojky by nebylo možné uplatňovat záruku na mechanické díly dopravníku.

Při provozu dopravníku maximální síla v řemenu adaptéru vzniká při jmenovitém zatížení dopravníku 60 kg při akumulacím režimu, což spojka bez problému může přenést do dopravníku:

$$F_{60\ kg} = 2 \frac{M_{o\ max}}{D_p} = 2 \frac{4.967}{0,05094} = 195 \text{ N} \quad (42)$$

3.7 Zatížení hřídelů

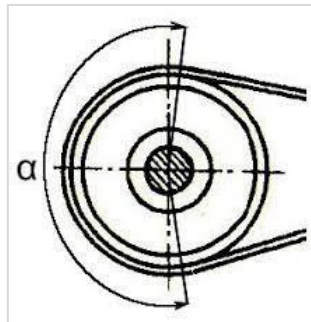
Reakční radiální síly působící na vstupní (hnací) a na výstupní (hnaný) hřídel v řemenových převodech jsou stejné a určí se podle vztahu:

$$F_{rI} = F_{rII} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha} \text{ [N]} \quad (43)$$

kde úhel α je úhel opásání řemenic a spočítá se ze vztahu:

$$\alpha = 2 \cdot \arccos \frac{(D_{p1} - D_{p2})}{2 \cdot A} \text{ [rad]} \quad (44)$$

Roztečné průměry hnací a hnané řemenice jsou stejné, to znamená, že se úhly α_1 a α_2 rovnají a velikost každého je 180° ($\alpha = 2 \cdot \arccos 0^\circ = 180^\circ$).



Obr. 31: Řemenice: úhel opásání [14]

Pak reakční síla je určena dosazením do vztahu:

$$F_{rI} = \sqrt{199,52^2 + 864,59^2 + 2 \cdot 199,52 \cdot 864,59} = \sqrt{1132330,092} = 1064,11 \text{ N} \quad (45)$$

Kontrola hřídelů

Byly voleny průměry hřídelů podle parametru převodovky elektromotoru:

$$d_I = d_{II} = 20 \text{ mm}$$

Maximální kroutící moment odpovídá momentu elektromotoru Lenze s převodovkou určenou pro rychlost dopravníku 6 m/min:

$$M_{kmax} = M_{kLenze} = 35 \text{ Nm}$$

Pevnostní podmínka v krutu:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} < \tau_D \quad (46)$$

$$\tau_D = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$d_I = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{KI}}{\pi \cdot \tau_D}} \quad (47)$$

$$\rightarrow \tau_k = \frac{16 \cdot M_{KI}}{\pi \cdot d_I^3} = \frac{16 \cdot 35000}{\pi \cdot 20^3} = 22,28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (48)$$

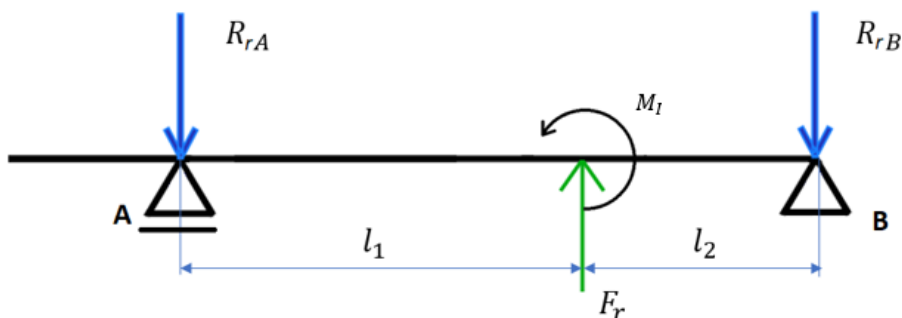
Maximální smykové napětí v krutu vyšlo menší než dovolené smykové napětí, to znamená, že podle pevnostní podmínky v krutu hřídel vyhovuje.

3.8 Silové účinky v podpěrách

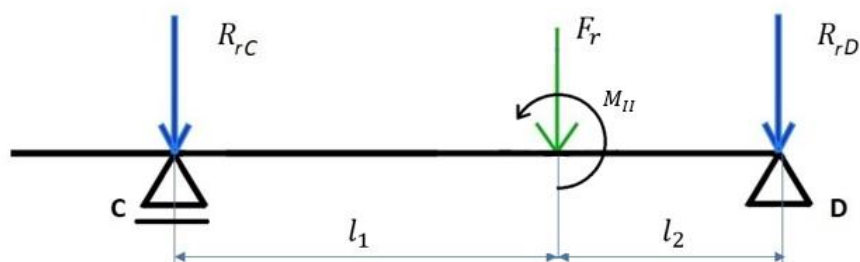
Volba ložisek:

Pro uložení hřídelů byly zvoleny ložiskové stojaté domky s kuličkovými ložisky typu P 20 TR od firmy SKF.

Pro určení reakce byly stanoveny silové účinky:



Obr. 32: Silové účinky na hřídel I [autor]



Obr. 33: Silové účinky na hřídel II [autor]

Momenty M_I a M_{II} jsou rovny nule, protože axiální složka síly převodu, působící na řemenice je nulová.

Vzdálenosti od působiště síly od podpěry pro oba hřídele:

$$l_1 = 28 \text{ mm}$$

$$l_2 = 34 \text{ mm}$$

Rovnice rovnováhy:

I hřídel, osa y:

$$F_r - R_A + R_B = 0 \quad (49)$$

Moment podpěry A:

$$F_r \cdot l_1 - R_B \cdot (l_1 + l_2) = 0 \quad (50)$$

Reakce:

$$R_B = \frac{F_r \cdot l_1}{(l_1 + l_2)} = \frac{1064,11 \cdot 28}{(28 + 34)} = 495,92 \text{ N} \quad (51)$$

$$R_A = F_r - R_B = 1064,11 - 495,92 = 568,19 \text{ N} \quad (52)$$

II hřídel, osa y:

$$F_r - R_C + R_D = 0 \quad (53)$$

Moment podpěry C:

$$F_r \cdot l_1 - R_D \cdot (l_1 + l_2) = 0 \quad (54)$$

Reakce:

$$R_D = \frac{F_r \cdot l_1}{(l_1 + l_2)} = \frac{1064,11 \cdot 28}{(28 + 34)} = 495,92 \text{ N} \quad (55)$$

$$R_C = F_r - R_D = 1064,11 - 495,92 = 568,19 \text{ N} \quad (56)$$

3.9 Kontrola ložisek

Provozní součinitel byl volen $k=1,3$.

Síla ze zatížení ložiska určí dle vztahu:

$$F_X = k \cdot R_X \quad (57)$$

Výsledné reakce:

	Ložisko 1	Ložisko 2
Hřídel I	$F_{rA}=568,19 \text{ N}$	$F_{rB}=495,92 \text{ N}$
Hřídel II	$F_{rC}=568,19 \text{ N}$	$F_{rD} = 495,92 \text{ N}$

Tab. 34 Reakce v ložiskách [autor]

Parametry ložiska SKF P 20 TR:

- Vnitřní průměr: 20 mm
- Dynamická únosnost: $C=12,7 \text{ kN}$
- Statická únosnost: $C_0=6,55 \text{ kN}$

Dynamické zatížení ložiska P lze získat z obecné rovnice:

$$P_X = X \cdot F_{rX} + Y \cdot F_{aX} \quad (58)$$

Ložiska jsou zatěžována pouze radiální silou:

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{0}{568,19} = 0 < e \rightarrow X = 1, Y = 0 \quad (59)$$

$$P_A = 1 \cdot 568,19 + 0 = 568,19 \text{ N} \quad (60)$$

Únosnost ložiska se určí dle rovnice:

$$L_N = \left(\frac{C_X}{X}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_I} \rightarrow C_X = \sqrt[3]{\frac{60 \cdot L_N \cdot n_I}{10^6}} \cdot P_X \quad (61)$$

Dosažení pro ložisko A:

$$C_A = \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 20000 \cdot 141}{10^6}} \cdot 568,19 \text{ N} = 3142,63 \text{ N} < 12\,700 \text{ N} \quad (62)$$

Z důvodu stejného zatížení ložiska C na druhém hřídeli, jeho únosnost se taky rovna $C_C=3142,63 \text{ N}$.

Trvanlivost ložiska A a C:

$$Lh = \left(\frac{C}{F_{ekv}}\right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{12700}{568,19}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 141} = 1\,319\,957 \text{ hod} \quad (63)$$

Ložisko A a C vyhovují.

Únosnost ložiska B a D:

$$C_B = \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 20000 \cdot 141}{10^6}} \cdot 495,92 \text{ N} = 2742,911 \text{ N} < 12\,700 \text{ N} \quad (64)$$

Trvanlivost ložiska B a D:

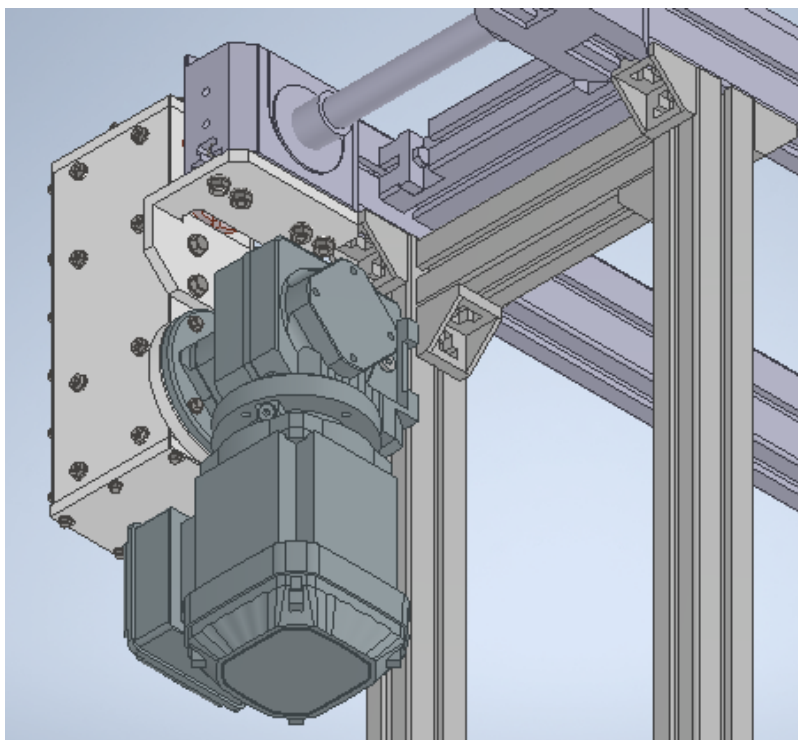
$$Lh = \left(\frac{C}{F_{ekv}}\right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{12700}{495,92}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 141} = 1\,985\,207 \text{ hod} \quad (65)$$

Ložisko B a D vyhovují.

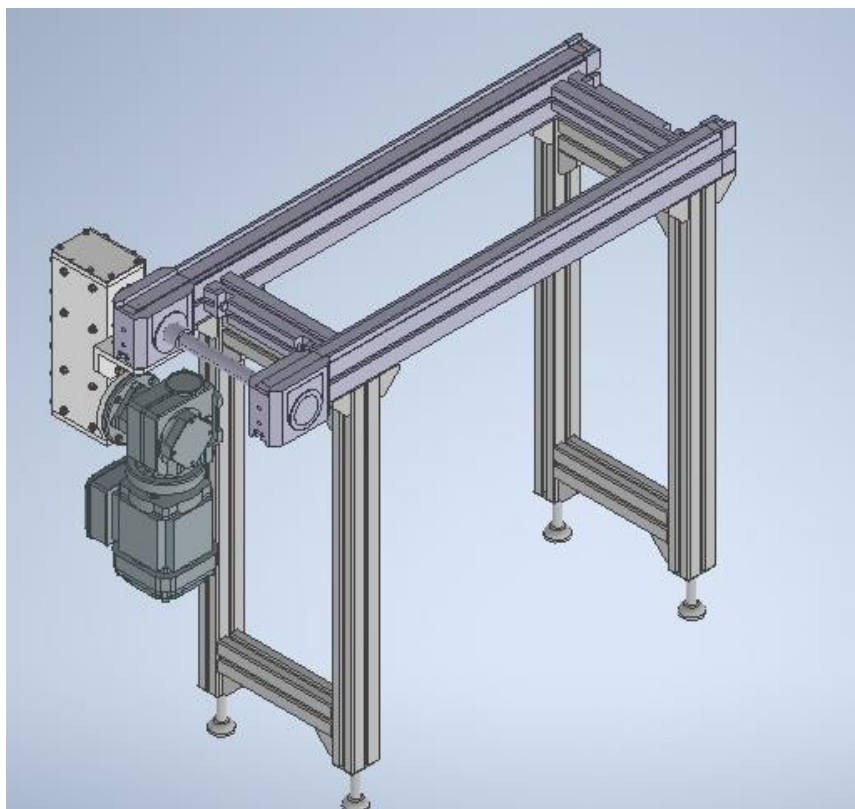
3.10 Konstrukční model

V programu Autodesk Inventor byl z vypočtených parametrů navržen 3D model adaptéru a k němu sestaven koncepční model viz Obr. 34, Obr. 35 a Obr. 36. Model dopravníku a jeho podpěry byly importovány z programu MTpro.

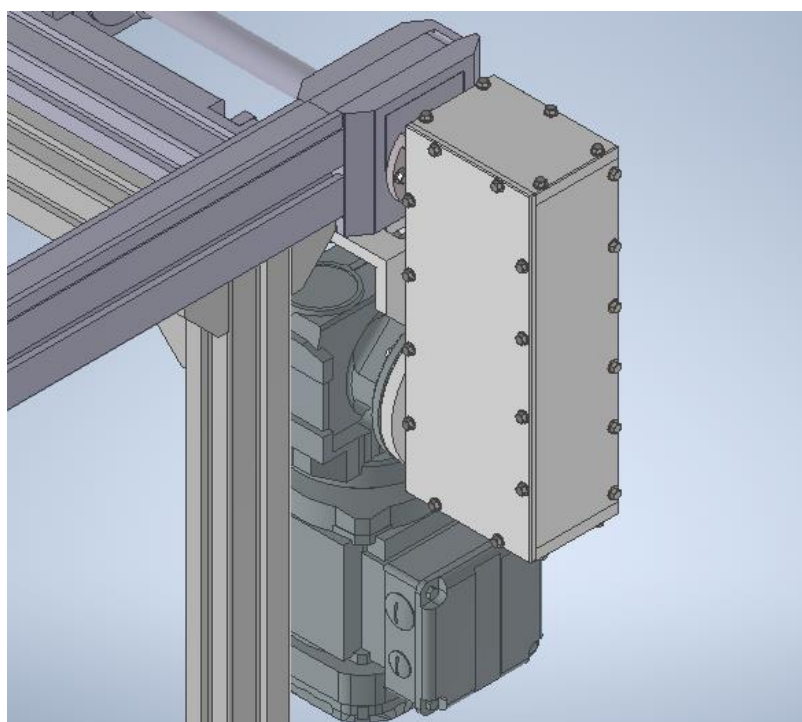
Ke konstrukci byla přidána podpěra viz Obr. 34, která přenáší váhu pohonu na těleso domku, připojení pomocí původních 2xM5 šroubů v přírubě je pro neoriginální pohon nedostatečné kvůli větším hmotnostem a vyložení pohonů způsobujících větší zatížení.



Obr. 34: Model adaptéru s podložkou [autor]



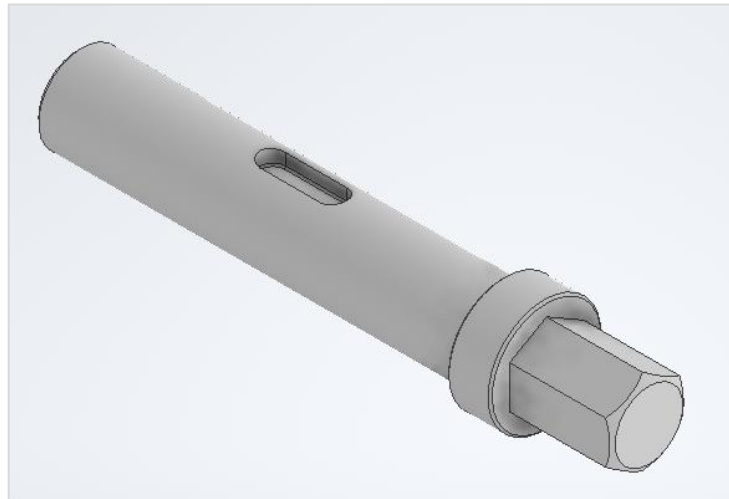
Obr. 35: Koncepční model [autor]



Obr. 36: Koncepční model [autor]

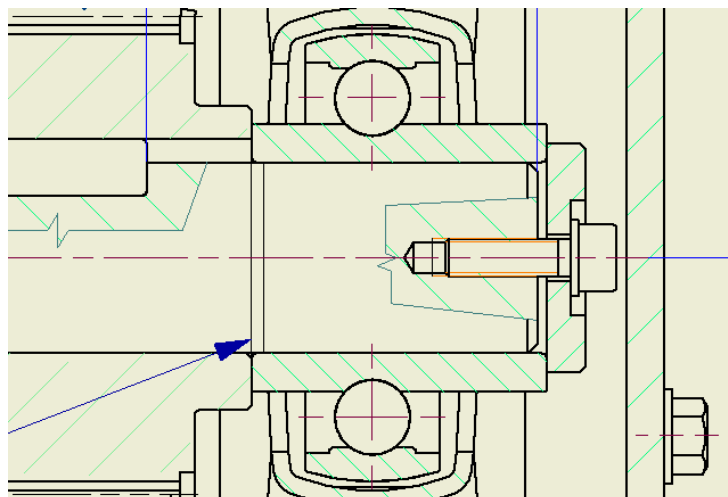
Výstupní hřídel

Pro výstupní hřídel byl zvolen materiál konstrukční ocel 11 500 ČSN EN 10027. Tento hřídel má na výstupu z adaptéru šestihranný profil určený pro zapojení k pojistné spojce, která se nachází v přírubě mezi dopravníkem a adaptérem. Pro vyrábění šestihranu o rozměru 17 mm bylo zvoleno obrábění kruhové tyče o průměru 30 mm čelní frézou viz Obr. 37 a pak následné jemné obrábění na drsnost Ra 1,6.



Obr. 37: Výstupní hřídel [autor]

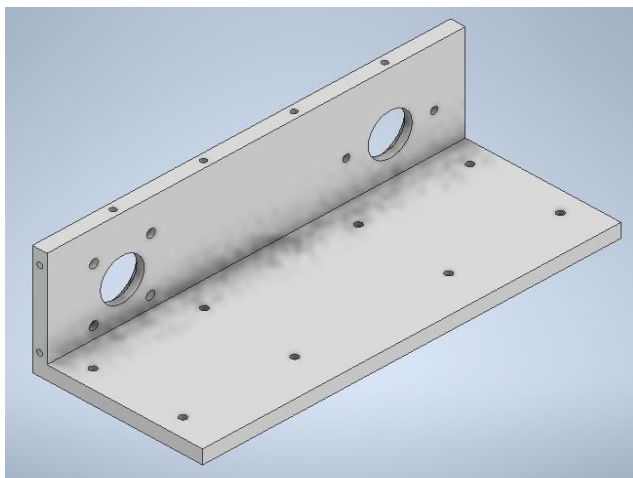
Druhá část je válcová s drážkou pro pero, je spojena s řemenicí adaptéru pomocí těsného pera a vyrobená soustružením na hrubo z průměru 26 na 20,2 mm, pak následným soustružením na čisto a jemné soustružení na toleranci $\text{Ø}20\text{k}5$ a drsnost Ra 1,6. Šestihran a válcová strana jsou rozděleny osazením, které slouží k uložení ložiskových domků na tento hřídel. Na čelní ploše z opačné strany od šestihranu je vyroben vnitřní závit. Do tohoto závitu je montován šestihranný šroub s podložku, který je určen pro zajištění proti axiálnímu posunutí hřídele.



Obr. 38: Uložení ložiskového domku [autor]

Skříň

Skříň adaptéru je složená z pěti hliníkových plechů od výrobce Alupa, které jsou mezi sebou spojeny pomocí šestihranných šroubů M5x20. Na obrázku 39 je zobrazen hlavní plech skříně a na něm jsou namontované ložiskové domky.



Obr. 39: Hlavní plech skříně adaptéru [autor]

4 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit návrh adaptéru pohonu k řemenovému dopravníku BS 2 určený pro připojení standardních převodových elektromotorů. Teoretická část práce byla věnována rešerši dopravníků tohoto typu, pak bylo probráno konstrukční řešení dopravníku BS 2 a originálního adaptéru od firmy Bosch Rexroth.

V praktické části byly navrženy varianty vhodných neoriginálních pohonů pro každou z předepsaných rychlostí dopravního řemenu a dále bylo navrženo konstrukční řešení adaptéru. Byla provedena také kontrola hřídelů a ložisek, podle které všechny jednotlivé komponenty pevnostně vyhovují. Na konci praktické části byl vypracován koncepční 3D model a zhotoven 2D výkres konceptu řešení. Všechny požadované cíle bakalářské práce byly splněny.

5 Citovaná literatura

- [1] CVEKL, Zdeněk a František Dražan. *Teoretické základy transportních zařízení*. Praha: SNTL, 1976.
- [2] Dopravníkové systémy. *Časopis Technika a Trh* [online]. [cit.2020-11-20] Dostupné z: <https://www.technikaatrh.cz/manipulacni-technika/dopravnikove-systemy-bosch-rexroth>
- [3] DRAŽAN, František a Karel JERÁBEK. *Manipulace s materiálem*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1979. Česká matice technická, č. spisu 351, roč. 84 (1979).
- [4] Dopravníky. *Automatizace-kodys.cz* [online]. [cit. 2020-12-8]. Dostupné z: <https://www.automatizace-kodys.cz/automatizacni-reseni/dopravniky>
- [5] Dopravníky [online]. [cit. 2020-12-8]. Dostupné z: <http://www.elko.mysteria.cz/downloads/STR/dopravniky.pdf>
- [6] Dopravníky, řemenové dopravníky. *Alvaris – profile systems* [online]. [cit. 2020-12-8]. Dostupné z: <https://www.alvaris.eu/cz/dopravniky/remenove-dopravniky/remenove-dopravniky>
- [7] Řemenový dopravník RD-NVM-1-T. *Verva-tech.cz* [online] . [cit. 2021-1-24]. Dostupné z: <http://www.verva-tech.cz/p-remenovy-dopravnik-rd-nvm-1-t>
- [8] Klasický klínový řemen CONTI–V. *Tyma.cz* [online]. [cit. 2021-2-14]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/32x2360-li-d-93-conti-v/>
- [9] Ozubené řemeny s unašeči. *Pikron.cz* [online]. [cit. 2021-3-20]. Dostupné z: <https://www.pikron.cz/produkty/remeny/ozubene/mechanicke-upravy/remeny-s-unaseci>
- [10] Dopravníky řemenové [online]. *Teramex.cz* [cit. 2021-4-18]. Dostupné z: <http://www.teramex.cz/dopravniky-dopravniky-remenove>
- [11] Kulaté a klínové řemeny. *Reko-sro.cz* [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.reko-sro.cz/kulate-a-klinove-remeny.htm>

- [12] Svařitelné dopravní a hnací řemeny z polyuretanu a polyesteru. *BEHA Innovation GmbH* [online katalogový list]. [cit. 21.7.2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/5853219-Svaritelne-dopravni-a-hnaci-remeny-z-polyuretanu-a-polyesteru-dodavany-sortiment-2006-07-vas-odbornik-na-profilu-kompetentni-pro-termoplasty.html>
- [13] Ozubené řemeny. *Haberkorn.cz* [online]. [cit. 21.7.2021]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/pohonne-elementy/ozubene-remeny/>
- [14] MIČKAL, Karel. Strojnictví - Části strojů pro učební a studijní obory SOU a SOŠ. 1. vydání. Praha: Sobotáles, 1995. 220 s. ISBN 80-85920-01-8.
- [15] Ременной конвейер на ремнях круглого сечения. *Konsort* [online]. [cit. 21.7.2021]. Dostupné z: <https://ua.all.biz/remennoj-konvejer-na-remnyah-kruglogo-secheniya-g17571235>
- [16] Belt section BS2/..., assembly instructions. Montážní příručka 3 842 559 102. *Bosch Rexroth AG 2019* [online]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/transfer-systems/ts-2plus-transfer-system/longitudinal-conveyor/conveyor-media-belt-and-toothed-belt/belt-section/belt-section-bs-2>
- [17] Transmission Drive, assembly instructions. Montážní příručka TS 2pv 3 842 531 095. *Bosch Rexroth AG 2020* [online]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/transfer-systems/ts-2plus-transfer-system/longitudinal-conveyor/conveyor-media-belt-and-toothed-belt/belt-section/transmission-drive>
- [18] CAD Files and Solid Models Library. *CAD Knihovna Bosch Rexroth 2021* [online].
- [19] MTpro64 5.0. *Bosch rexroth* [software]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/cs/cz/produkty/skupiny-produktu/montazni-technika/engineering-software-mtpro>
- [20] Montážní provedení B5. *SEW Eurodrive* [online]. Dostupné z: <https://www.sew-eurodrive.cz/os/catalog/products/drives/acgearmotor/>

- [21] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLIŠKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
- [22] Bosch Rexroth Toothed Belt. *Maverickindustrialsales.com* [cit. 2021-3-2]. Dostupné z: <https://maverickindustrialsales.com/products/bosch-rexroth-3842992514-toothed-belt-25t5-n-780mm>.
- [23] Řemen ozubený T5. *Proprumysl.cz* [online]. [cit. 2021-3-2]. Dostupné z: <https://www.proprumysl.cz/remen-ozubeny-t5-400-20-optibelt-alpha-torque/>
- [24] LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 2. zcela přeprac. vyd. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-123-9

6 Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Řemenový dopravník Alváris [6]</i>	2
<i>Obr. 2: Hnací řemen a řemenice [9]</i>	3
<i>Obr. 3: Dopravník s klínovým řemenem [10]</i>	3
<i>Obr. 4: Řemenový dopravník s jedním ozubeným řemenem [7]</i>	3
<i>Obr. 5: Dopravník s kruhovým řemenem [11]</i>	4
<i>Obr. 6: Profil klasického klínového řemenu od výrobce CONTI-V [8]</i>	4
<i>Obr. 7: Řemeny na bázi polyuretanu a polyesteru od firmy BEHAbelt [12]</i>	5
<i>Obr. 8: Neoprenový ozubený řemen od firmy Haberkorn [13]</i>	5
<i>Obr. 9: Profil řemenice pro různé druhy dopravního řemene: a) klínový, b) kruhový, c) ozubený [14]</i>	6
<i>Obr. 10: Řemenový s kruhovým řemenem od firmy Konsort [15]</i>	6
<i>Obr. 11: Hlavní komponenty dopravníku [16]</i>	7
<i>Obr. 12: Dopravník BS 2 (motor je připojen uprosřed) a BS 2/TE (motor je připojen vpravo) [16]</i>	8
<i>Obr. 13: Pohonné součásti [16]</i>	9
<i>Obr. 14: Adaptér od firmy Bosch Rexroth [17]</i>	9
<i>Obr. 15: Možnosti montáže k dopravníku [17]</i>	10
<i>Obr. 16: Schématický 3D model v řezu [18]</i>	10
<i>Obr. 17: Další konstrukční a montážní prvky adaptéru [19]</i>	11
<i>Obr. 18: Původní řešení [autor]</i>	12
<i>Obr. 19: Nové řešení [autor]</i>	12
<i>Obr. 20: Přírubové provedení B5 [20]</i>	15
<i>Obr. 21: Montážní pozice elektromotoru [20]</i>	15
<i>Obr. 22: Schéma vedení řemenu BS2 [autor]</i>	22
<i>Obr. 23: Akumulační režim dpravníku [autor]</i>	23
<i>Obr. 24: Uvolnění palety [autor]</i>	23
<i>Obr. 26: Pojistná plastova spojka [19]</i>	24
<i>Obr. 25: Profil ozubeného řemene typu T5 [23]</i>	26

<i>Obr. 27: Hnací řemenice: typ 36 T5/32 [autor]</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 28: Norma ČSN 02 2562 [24]</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 29: Řemenový převod: silové poměry za klidu [autor]</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 30: Řemenový převod: silové poměry [autor].....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 31: Řemenice: úhel opásání [14]</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 32: Silové účinky na hřídel I [autor]</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 33: Silové účinky na hřídel II [autor]</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 34: Model adaptéru s podložkou [autor].....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 35: Koncepční model [autor]</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 36: Koncepční model [autor]</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 37: Výstupní hřídel [autor].....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 38: Uložení ložiskového domku [autor]</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 39: Hlavní plech skříně adaptéru [autor].....</i>	<i>38</i>

7 Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Konstrukční a montážní prvky adaptéru [19]</i>	<i>11</i>
<i>Tab. 2: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro rychlost dopravníku 18 m/min [19].....</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 3: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 18 m/min [19]</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 4: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 5: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 6: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 7: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 18 m/min [autor]</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 8: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro rychlost dopravníku 15 m/min [autor].....</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 9: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor].....</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 10: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 11: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 12: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 13: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 15 m/min [autor]</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 14: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor] ...</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 15: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor].....</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 16: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 17: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 18: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 19: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 12 m/min [autor]</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 20: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 21: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor].....</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 22: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 23: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 24: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 25: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 9 m/min [autor]</i>	<i>19</i>

<i>Tab. 26: Parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 27: Výstupní parametry pohonu Bosch Rexroth pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor].....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 28: Parametry elektromotoru SEW pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 29: Parametry elektromotoru Nord pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 30: Parametry elektromotoru Lenze pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 31: Parametry elektromotoru KEB pro dopravník s rychlostí 6 m/min [autor]</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 32: Shrnutí vybraných pohonů [autor].....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 33: Vybrané motory [autor].....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 34 Reakce v ložiskách [autor]</i>	<i>33</i>

8 Seznam použitých symbolů a zkratek

P_{mot}	[kW]	Výkon elektromotoru
ω_{mot}	[rad/s]	Úhlová rychlost elektromotoru
M_{mot}	[Nm]	Výstupní moment elektromotoru
n_{mot}	[min ⁻¹]	Otáčky elektromotoru
$n_{výst}$	[min ⁻¹]	Otáčky na výstupním hřídeli převodovky
P_{mot634}	[kW]	Výkon originálního převodového elektromotoru 634 od Bosch Rexroth
n_{mot634}	[min ⁻¹]	Otáčky převodového elektromotoru 634
ω_{mot634}	[Nm]	Úhlová rychlost originálního elektromotoru 634
P_{mot624}	[kW]	Výkon originálního převodového elektromotoru 624 od Bosch Rexroth
n_{mot624}	[min ⁻¹]	Otáčky převodového elektromotoru 624
ω_{mot624}	[Nm]	Úhlová rychlost originálního převodového elektromotoru 624
P_{18}	[kW]	Výkon originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 18 m/min.
$M_{výstupní18}$	[Nm]	Krouticí moment na výstupním hřídeli originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 18 m/min.
$n_{výstupní18}$	[min ⁻¹]	Úhlová rychlost originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 18 m/min.
P_{15}	[kW]	Výkon originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 15 m/min.
$M_{výstupní15}$	[Nm]	Krouticí moment na výstupním hřídeli originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 15 m/min.
$n_{výstupní15}$	[min ⁻¹]	Úhlová rychlost originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 15 m/min.
P_{12}	[kW]	Výkon originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 12 m/min.

$M_{\text{výstupní12}}$	[Nm]	Krouticí moment na výstupním hřídeli originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 12 m/min.
$n_{\text{výstupní12}}$	$[\text{min}^{-1}]$	Úhlová rychlost originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 12 m/min.
P_9	[kW]	Výkon originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 9 m/min.
$M_{\text{výstupní9}}$	[Nm]	Krouticí moment na výstupním hřídeli originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 9 m/min.
$n_{\text{výstupní9}}$	$[\text{min}^{-1}]$	Úhlová rychlost originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 9 m/min.
P_6	[kW]	Výkon originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 6 m/min.
$M_{\text{výstupní6}}$	[Nm]	Krouticí moment na výstupním hřídeli originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 6 m/min.
$n_{\text{výstupní6}}$	$[\text{min}^{-1}]$	Úhlová rychlost originálního převodového elektromotoru pro rychlost dopravníku 6 m/min.
M_o	[Nm]	Krouticí moment daný odporem dopravníku
F_T	[N]	Celková třecí síla
D_{roz}	[mm]	Roztečný průměr řemenice dopravníku
z_1	[-]	Počet zubů řemenice adaptéru 1
z_2	[-]	Počet zubů řemenice adaptéru 2
D_p	[mm]	Roztečný průměr řemenice adaptéru
$p_{\text{ř}}$	[mm]	Rozteč zubů řemene adaptéru
a_{min}	[mm]	Minimální osová vzdálenost mezi řemenicí
d_1	[mm]	Roztečný průměr řemenice 1
d_2	[mm]	Roztečný průměr řemenice 2
A	[mm]	Skutečná osová vzdálenost
l	[mm]	Délka řemene
F	[N]	Tahová síla hnací řemenice
F_1	[N]	Tahová síla hnací řemenice v napjaté větvi
F_2	[N]	Tahová síla hnací řemenice ve volné větvi
F_0	[N]	Předepínací síla

F_{rI}	[N]	Reakční radiální síla působící na hnací hřídel
F_{rII}	[N]	Reakční radiální síla působící na hnaný hřídel
α	[rad]	Úhel opásání řemenice
d_I	[mm]	Průměr hnacího hřídele
d_{II}	[mm]	Průměr hnaného hřídele
M_{kmax}	[Nm]	Maximální kroutící moment
τ_k	[MPa]	Napětí v krutu
τ_D	[MPa]	Dovolené napětí v krutu
W_k	[mm ²]	Modul pružezu v krutu
l_1	[mm]	Vzdálenosti od působíště síly od podpěry A
l_2	[mm]	Vzdálenosti od působíště síly od podpěry B
R_A	[N]	Radiální reakce podpěry A
R_B	[N]	Radiální reakce podpěry B
R_C	[N]	Radiální reakce podpěry C
R_D	[N]	Radiální reakce podpěry D
F_r	[N]	Radiální síla zatížení
X	[-]	Koeficient radiálního zatížení
Y	[-]	Koeficient axiálního zatížení
F_{rA}	[N]	Radiální síla zatížení ložiska A
F_{rB}	[N]	Radiální síla zatížení ložiska B
F_{rC}	[N]	Radiální síla zatížení ložiska C
F_{rD}	[N]	Radiální síla zatížení ložiska D
$d_{lož}$	[mm]	Vnitřní průměr ložiska
C	[kN]	Dynamická únosnost
C_0	[kN]	Statická únosnost
P_A	[N]	Výsledná síla zatížení ložiska A
P_B	[N]	Výsledná síla zatížení ložiska B
P_C	[N]	Výsledná síla zatížení ložiska C

P_D	[N]	Výsledná síla zatížení ložiska D
L_N	[hod]	Provozní hodinová trvanlivost
C_A	[N]	Únosnost ložiska A
C_B	[N]	Únosnost ložiska B
C_C	[N]	Únosnost ložiska C
C_D	[N]	Únosnost ložiska D

9 Seznam příloh

Výkresová dokumentace:

Číslo výkresu	Název	Počet listů
<i>BP 2021-00-00</i>	DOPRAVNÍK	1
<i>BP 2021-01-00</i>	ADAPTÉR - ŘEZ	1
<i>BP 2021-01-01</i>	VÝSTUPNÍ HŘÍDEL	1

Seznamy části k výkresům:

Číslo kusovníku	Počet listů
<i>BP 2021-00-K</i>	1
<i>BP 2021-01-K</i>	1

Další přílohy:

CAD daty dopravníku a adaptéru.

Všechny uvedené přílohy byly nahrány na CD disk.