

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kluzná podložka pod pás dopravníku

Autor: **Jan Skála**
Vedoucí práce: **Prof. Ing. Stanislav HOSNEDL, CSc.**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan SKÁLA**
Osobní číslo: **S16B0140P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Kluzná podložka pod pás dopravníku**
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:

Úkolem je provést analýzu vlastností současného konstrukčního provedení kluzné podložky pod pás dopravníku a rešerše nového řešení, z hledisek funkčního principu, materiálu, výrobní technologie, rozměrů či tvaru. Dalším úkolem bude navrhnout konstrukční úpravy pro nové řešení a následné zhodnocení inovovaného konstrukčního řešení, zejména z hlediska nákladů, ale také z pohledu montáže a nosnosti.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše, specifikace požadavků.
2. Návrh koncepčních alternativ řešení.
3. Hodnocení alternativ a výběr optimální alternativy.
4. Konstrukční návrh vybrané alternativy.
5. Komplexní hodnocení a závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S. *Systémové konstrukční navrhování technických produktů. Podklady k přednáškám a projektům KKS/ZKM..*
<https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kks/zkm/studijni-materialy.html>, Plzeň: ZČU, FST, KKS,
2018

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 bakalářské práce: **Prof. Ing. Stanislav Hosnedl, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Tomáš Faltus**
ENGEL s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**
Termín odevzdání bakalářské 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 bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu Prof. Ing. Stanislavu Hosnedlovi, Csc., za jeho čas, ochotu, odborné rady a přístup během vypracování této kvalifikační práce.

Další poděkování náleží také spolupracovníkům ze společnosti ENGEL strojírenská s.r.o., především panu Tomáši Faltusovi, za spolupráci, ochotu a poskytnutí potřebných informací a materiálů k mojí práci.

Nemenší poděkování patří celé mé rodině, přátelům a spolužákům za trpělivost a podporu po celou dobu studia.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Skála	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	„Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Prof. Ing. Hosnedl, CSc.	Jméno Stanislav	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Kluzná deska pod pás dopravníku		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	55	TEXTOVÁ ČÁST	55	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje analýzu vlastností současného konstrukčního provedení kluzné podložky pod pás dopravníku a řeší nové řešení, z hledisek funkčního principu, materiálu, výrobní technologie, rozměrů či tvaru. Dále se v ní nachází zhodnocení inovovaného konstrukčního řešení, zejména z hlediska nákladů, montáže a nosnosti
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Dopravníky, kluzná podložka

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Skála	Name Jan	
FIELD OF STUDY	“Transport 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	Sliding pad under the conveyor belt		

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	55	TEXT PART	55	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis dissert on the analysis of the properties of the current construction of the sliding pad under the conveyor belt and it is focused on the new solution of material, manufacturing technology, dimensions and shape. Furthermore it contains an evaluations of the innovative design solution of sliding pads.
KEY WORDS	Conveyors, sliding pad

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Historie dopravníků	11
3. Dopravníkové systémy	13
3.1. Třídění dopravníků	13
3.2. Řetězové dopravníky	14
3.3. Šnekové dopravníky	15
3.4. Spirálové dopravníky	16
3.5. Vibrační dopravníky	16
3.6. Pásové dopravníky	17
3.7. Konstrukce pásového dopravníku	18
4. Společnost ENGEL.....	20
4.1. O společnosti ENGEL	20
4.2. Dopravníky ENGEL	21
5. Vyjasnění zadání	22
6. Analýza současného konstrukčního provedení a specifikace požadavků	23
6.1. Materiál	23
6.2. Tvar a uchycení	24
6.3. Rozměry	26
7. Síly působící na podložku	27
7.1. Výpočet sil působících na podložky	27
7.2. FEM analýza	28
8. Navržení koncepčních variant.....	31
8.1. Materiál	32
8.2. Tvar a rozměry	36
8.3. Uchycení k rámu	39
9. Konstrukční návrh kluzné podložky	42
9.1. Varianta A – konstrukční návrh podložky	42
9.2. Varianta B – konstrukční návrh podložky.....	46
9.3. Volba suboptimálních konstrukčních variant.....	50
9.4. Hodnocení	51
10. Závěr.....	53
Zdroje	54
Seznam příloh	55

Seznam Obrázků

Obrázek 1 - Doprava kamenů při stavbě pyramid [1].....	11
Obrázek 2 - Výroba Ford T [4]	12
Obrázek 3 - Dopravník na Sahaře [18].....	12
Obrázek 4 - Pneumatický dopravník [6]	13
Obrázek 5 - Článkový dopravník [8].....	14
Obrázek 6 - Korečkový dopravník [1]	15
Obrázek 7 - Schéma šnekového dopravníku [8]	16
Obrázek 8 - Vibrační dopravník [16]	17
Obrázek 9 - Princip pásového dopravníku [8]	17
Obrázek 10 - Lomený dopravník [10].....	18
Obrázek 11 - Skladba dopravního pásu [8].....	19
Obrázek 12 - Nosné stolice a hnací buben [2]	20
Obrázek 13 - Výrobní závod pro velké stroje, Šanghaj, Čína [9]	21
Obrázek 14 - Podložka bez klínu pro dopravník FB60	22
Obrázek 15 - Podložka s klínem pro dopravník FB60	22
Obrázek 16 - Podložka s klínem pro dopravník F100.....	22
Obrázek 17 - Podložka bez klínu pro dopravník FB100	22
Obrázek 18 - Kluzná podložka bez klínu pro dopravník FB60 bez klínu.....	24
Obrázek 19 - Kluzná podložka s klínem pro dopravník FB60 s klínem	25
Obrázek 20 - Kluzná podložka s klínem pro dopravník FB100.....	26
Obrázek 21 - FEM analýza podložky 310x200 s klínem	29
Obrázek 22 - FEM analýza podložky 1000x470 bez klínu	30
Obrázek 23 - FEM analýza podložky 310x200 s klínem	30
Obrázek 24 - FEM analýza 600x1500 s klínem	31
Obrázek 25 - Polypropylenové desky [13].....	32
Obrázek 26 - Součástky z POM [12]	34
Obrázek 27 - Koncepční návrh modulární podložky	37
Obrázek 28 - Průmyslový suchý zip [14].....	39
Obrázek 29 - Původní uchycení podložky	40
Obrázek 30 - Dopravník společnosti ENGEL FB100	42
Obrázek 31 - Varianta A (bez klínu).....	43

Obrázek 32 - Varianta A (bez klínu) - FEM	43
Obrázek 33 - Varianta A (s klínem)	44
Obrázek 34 - Varianta A (s klínem) - FEM	45
Obrázek 35 - Varianta B (bez klínu)	46
Obrázek 36 - Varianta B (bez klínu) - FEM.....	47
Obrázek 37 - Varianta B (s klínem)	48
Obrázek 38 - Varianta B (s klínem) - FEM.....	49

Seznam Tabulek

Tabulka 1 – Polypropylen [3].....	32
Tabulka 2 – Polyethylen [3]	33
Tabulka 3 – Polyvinylchlorid [3]	33
Tabulka 4 – Polyoxymethylen [3]	34
Tabulka 5 – Dřevo [3]	35
Tabulka 6 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (materiál).....	35
Tabulka 7 - Párová srovnání variant (materiál).....	35
Tabulka 8 - Vyhodnocení párového srovnání variant (materiál)	36
Tabulka 9 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (tvar a rozměry)	37
Tabulka 10 - Párová srovnání variant (tvar a rozměry)	38
Tabulka 11 - Vyhodnocení párového srovnání variant (tvar a rozměry)	38
Tabulka 12 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (uchycení)	41
Tabulka 13 - Párová srovnání variant (uchycení)	41
Tabulka 14 - Vyhodnocení párového srovnání variant (uchycení)	41
Tabulka 16 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (bez klínu).....	50
Tabulka 17 - Párová srovnání koncepčních variant (bez klínu).....	50
Tabulka 18 - Vyhodnocení párového srovnání variant (bez klínu).....	50
Tabulka 19 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (s klínem).....	51
Tabulka 20 - Párová srovnání koncepčních variant (s klínem)	51
Tabulka 21 - Vyhodnocení párového srovnání koncepčních variant	51

Seznam použitých veličin

Název veličiny	Značka veličiny [Jednotky]	
Délka	L	[mm]
Hustota	ρ	[kg/m ³]
Koeficient tření	f	[N/mm ²]
Kvadratický moment v průřezu	J	[mm ⁴]
Ohybový moment	M	[Nm]
Průhyb	w	[mm]
Průměr	\varnothing	[mm]
Síla	F	[N]
Spojité síla	q	[N/m ²]
Teplota	t	[°C]
Úhel	α, β	[°]
Youngův modul pružnosti	E	[MPa]

1. Úvod

Tato práce se věnuje návrhu kluzné podložky pod dopravníkový pás.

Dopravníky jsou v dnešní době nepostradatelná součást v různých odvětvích průmyslu a patří mezi nejrozšířenější dopravní prostředky. Díky tomuto faktu se velice rychle rozvíjí po konstrukční stránce a nacházejí uplatnění v různých pracovních podmínkách. Jejich výhodou je především ve vysokém dopravním výkonu a plynulé dopravě.

Následující práce je zaměřena na návrh konstrukce kluzné podložky pod dopravníkový pás společnosti ENGEL, která je jednou z předních firem ve výrobě vstřikovacích strojů.

V první části se zabývá především historií a problematikou dopravníků obecně. Současně je představena společnost ENGEL.

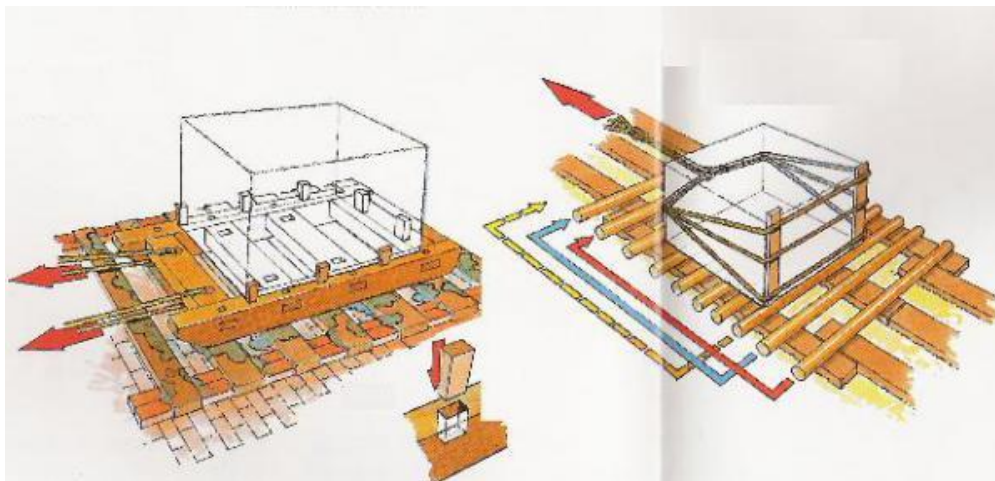
Druhá část práce je zaměřena na analýzu současného konstrukčního řešení z hlediska materiálu, tvaru a rozměrů a také na ověření silových poměrů působících na podložku.

Ve třetí části se jedná o návrh koncepčních řešení z různých hledisek a následné zkonstruování jednotlivých variant podle zvolených koncepčních parametrů.

Závěrem se bakalářská práce zabývá hodnocením jednotlivých konstrukčních variant a volbou lepší z nich. Výsledkem práce je návrh nového řešení kluzné podložky pod dopravníkový pás.

2. Historie dopravníků

První prostředky připomínající dopravníky existovaly již v antice, středověku a renesanci, většinou nepoháněné, nebo poháněné lidskou, zvířecí, větrnou nebo vodní silou. Lze zmínit například posun plátna tkalcovských stavů, hornické vozíky, výtahy a podobně. I přeprava velkých kvádrů pomocí podkládání dřevěnými válečky při stavbě pyramid ve starém Egyptě by se mohla považovat jako příklad tzv. nepoháněného válečkového dopravníku. [5]



Obrázek 1 - Doprava kamenů při stavbě pyramid [1]

Dopravníky jako takové byly vyvinuty ke konci osmnáctého století, přičemž nejvíce zdrojů hovoří o roce 1795. Skládaly se především z kožených pásů a dřevěných podložek, byly krátké a k pohonu využívali především lidskou sílu a soustavu kladek. Primárně se využívaly k transportu zboží farmářů na loď v přístavu. I přes to, že uplynulo více než 200 let, stále existují spojení s prvotními dopravníky, jako je použití dřeva jako podkladu pro moderní plastové řetězové pásy.

Parní stroj byl vynalezen nedlouho předtím, a proto spojení těchto dvou technologií netrvalo dlouho. První dopravník poháněný párou byl použit Britským námořnictvem v roce 1804 k výrobě sušenek pro námořníky.

Se začátkem 20. století přišlo mnoho vylepšení v dopravě materiálu. V roce 1901 byl poprvé ve Švédsku použit ocelový pás pro přepravu sypkých materiálů, například šterku a dřevěného uhlí. V Irsku byl v roce 1905 použit první podzemní dopravník, který značně zvýšil efektivitu těžby. První patent pro válečkové dopravníky byl udělen v roce 1908.

Pravděpodobně nejznámějším využitím dopravníků jsou první montážní linky Henri Forda inspirované jatkami, kde se vyráběl vůz Ford T. Pohybem automobilu po dopravníkovém pásu byli pracovníci ušetřeni potíží s nutností přemístění jejich nástrojů k dalšímu vozu, čímž se

zkrátil čas výroby automobilu na 93 minut, což znamenalo revoluci v automobilovém průmyslu. Od roku 1919 se v továrnách stala linka poháněná dopravníkem standardem.



Obrázek 2 - Výroba Ford T [4]

Během druhé světové války došlo k vývoji mnoha nových syntetických materiálů kvůli omezené dostupnosti materiálů přírodních, jako například bavlny či pryže. Uretan a syntetický kaučuk spolu s dalšími technologiemi, jako jsou válcovací systémy a soustava klínových řemenů, činí dopravníky efektivnější. V roce 1957 společnost B. F. Goodrich patentovala první oboustranný pásový dopravník, který prodloužil životnost pásu tím, že se opotřebovával z obou stran.

V 70. letech vznikly první modulární plastové pásy, dopravníky začaly být tišší díky vylepšování ložisek a válečků a komponenty vydržely delší dobu.

Nyní jsou dopravníky používány převážně v moderních průmyslových výrobních závodech a nákupních centrech, ale nejedná se už pouze o čistě mechanická zařízení, ale o různé snímače, pohony, písty či výhybky, které zefektivňují dopravu materiálu. Nejdelší dopravník je v současné době na Západní Saharě, který měří 96 km a slouží k přepravě fosfátů z těžby na pobřeží kontinentu. [17]



Obrázek 3 - Dopravník na Saharě [18]

3. Dopravníkové systémy

Dopravníky jsou jednou ze základních věcí, bez kterých se moderní průmysl neobejde. Jak už napovídá název, jedná se o zařízení pro snadnou přepravu libovolného objektu z místa na místo. Bez dopravníkových systémů by nikdy nemohla vzniknout automatizovaná výroba, bez které by stále byla výroba velmi drahá a pomalá.

3.1. Třídění dopravníků

Z hlediska manipulovaného materiálu: [7]

- a) kusový materiál
- b) kapaliny a plyny
- c) sypké hmoty

Podle silového působení na přepravovaný materiál: [7]

- a) s mechanickým přenosem sil
- b) s dopravou v pomocném médiu
- c) gravitační

Dopravníky lze rozdělit podle toku materiálu: [9]

- a) taktovaný
- b) plynulý

Dále dopravníky dělíme podle tažného elementu: [8]

- a) s tažným elementem
- b) bez tažného elementu

Rozdělení dopravníků podle typu: [8]

- a) Řetězové dopravníky
- b) Šnekové dopravníky
- c) Spirálové dopravníky
- d) Válečkové dopravníky a tratě
- e) Vibrační dopravníky
- f) Pásové dopravníky
- g) Spádové dopravníky
- h) Pneumatické dopravníky



Obrázek 4 - Pneumatický dopravník [6]

3.2.Řetězové dopravníky

Řetězové dopravníky jsou zařízení, kterých tažným prvkem je jeden, dva nebo více uzavřených paralelních řetězů, které obíhají kolem řetězových kol. Dohromady tak tvoří plastický pás, který je ohebný a umožňuje vytváření oblouků. Dopravníky mohou přepravovat materiál vodorovně, svisle, anebo v šikmém směru. Výhodou řetězových dopravníků je jejich odolnost a mohutnost, proto můžou pracovat v náročnějším prostředí. Záporem je především nižší rychlost a vyšší energetická náročnost.

Dále je dělíme na:

a) Podélné řetězové dopravníky

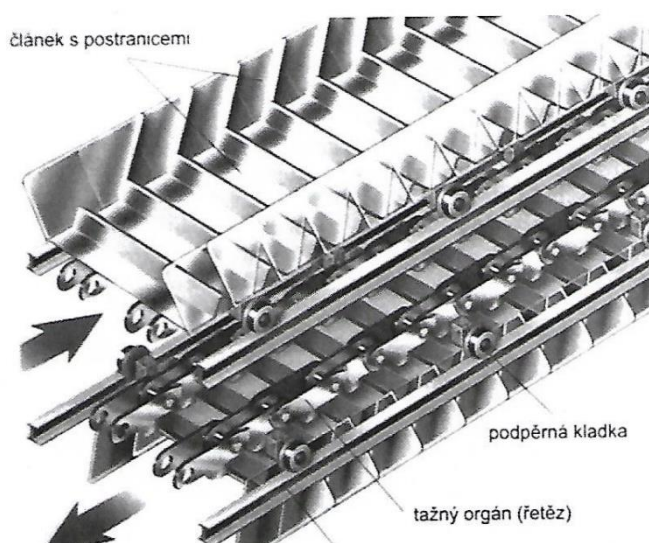
Tyto dopravníky mají jako pracovní prvek horizontálně tvarované unášeče připevněné k jednomu, nebo více řetězům. Slouží hlavně k přepravě kmenů, výřezů, nebo větších kusů dřeva.

b) Příčné řetězové dopravníky

Přepravovaný materiál leží na řetězech a je posouván unášeči připevněnými na tažných řetězech. Tyto dopravníky se pak dále dělí na různé typy podle přepravovaného materiálu a podle polohy.

Příčné elevátory na přepravu kmenů slouží k manipulaci s kmeny, výřezy, většími kusy dřeva, deskami a hranoly. Používají se například k nakládání a vykládání vagonů, nebo v pilnicích při dopravě kmenů k pile a následnému uložení rozřezaného dřeva.

Článekové dopravníky jsou charakteristické dvojicí řetězů, které jsou navzájem propojeny články, které vytváří spojené článkové pásmo. Článekový pás je umístěn mezi napínacím a poháněcím řetězovým kolem a jeho uspořádání závisí na použití dopravníku. Může být tvořen dřevěnými laťkami, nebo kovovými či plastovými články. Článekové dopravníky se používají tam, kde by došlo k poškození pásového dopravníku, takže k přepravě horkých, agresivních a žhavých materiálů, nebo předmětů s ostrými hranami. Vzhledem ke konstrukci mají nižší dopravní rychlosti.



Obrázek 5 - Článekový dopravník [8]

Korečkové elevátory jsou prachotěsné uzavřené dopravníky sloužící k přepravě sypkých materiálů do výšky cca 40 metrů. Materiál je přepravován v nádobkách, tzv. korečkách, které jsou pevně přichyceny k tažnému elementu. Tím může být dopravní pás z gumy, z kombinace gumy a textilie, nebo řetěz. Korečky při svém pohybu ve spodní části nabírají materiál a v horní části ho vysypou. Pohon je zpravidla zprostředkován elektromotorem se spojkou a převodovkou, umístěným v horní části dopravníku.



Obrázek 6 - Korečkový dopravník [1]

Žlabové dopravníky mají uzavřenou šachtu nebo žlab. Jsou určeny pro transport sypkých materiálů ve vodorovném a mírně nakloněném směru. Většinou využívají k přesunu materiálů jeden řetěz. Dělí se na hřeblové dopravníky, které hrnou materiál po dávkách a redlery, které přemísťují materiál ve spojitě vrstvě.

c) Závěsné řetězové dopravníky

Tažným elementem závěsných dopravníků je řetěz se závěsy, na kterých jsou přepravovány především kusová břemena, nebo přepravní jednotky s materiálem. Nosné závěsy nejčastěji tvoří závěsné háky nebo vidlice. Slouží primárně na mezioperační dopravu, nebo pro skladové, výrobní a montážní operace. [8]

3.3. Šnekové dopravníky

Šnekové dopravníky patří k nejstarším typům dopravníků a jsou v praxi oblíbené pro jejich jednoduchost. Skládají se ze dvou základních částí. Dopravní žlab je nosným prvkem, obvykle kruhového či U průřezu. Delší dopravníky jsou většinou složeny z více dílů a stěny bývají vyztužené žebrováním. Další částí je šnek, který je hlavním dopravním prvkem dopravníku, a jeho otáčením je materiál posouván v žlabu. Skládá se ze šnekovice a hřídele, který je spojen se žlabem pomocí ložisek. Šnekovice může být plná, obvodová, kuželová či lopatková. Předpoklad pohybu je fakt, že tření materiálu o žlab je větší, než tření materiálu o povrch šneku. Používají se především pro přepravu sypkého materiálu ve vodorovném a šikmém směru. Nehodí se pro lepkavé a abrazivní materiály. Výhodou je možnost použití více násypných a výsypných míst na jednom dopravníku, který tak může přepravovat materiál

na více míst. Speciální skupinu šnekových dopravníků tvoří dvoušnekové dopravníky, které lépe promíchávají sypké směsné materiály. [7]

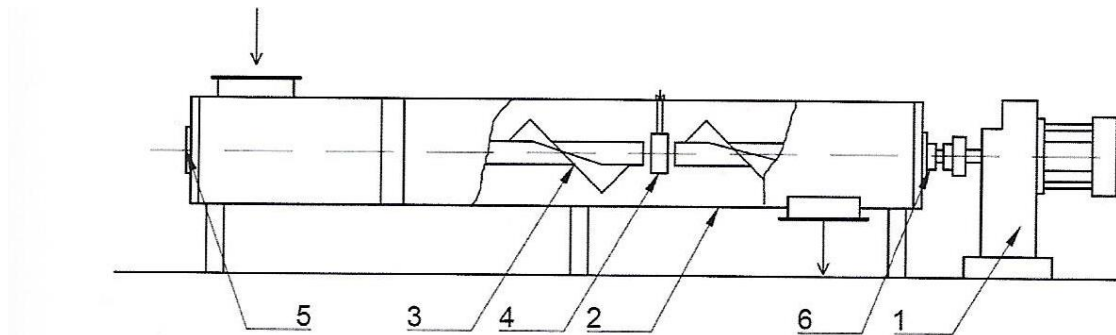


Schéma šnekového dopravníku

(1 – elektromotor, 2 – žlab, 3 – šnekový hřídel, 4 – závěsné ložisko, 5 – koncové ložisko, 6 – ložisko pohonu)

Obrázek 7 - Schéma šnekového dopravníku [8]

3.4. Spirálové dopravníky

Spirálové dopravníky jsou zvláštní bezosé šnekové dopravníky, kde je materiál dopravován ocelovou plochou spirálou šroubovitě se otáčející uvnitř ocelové nebo plastové trubky.

Dělí se na 2 základní typy:

- a) Klasické spirálové dopravníky
- b) Trubkové spirálové dopravníky

Spirálové dopravníky jsou určené pro dopravu suchých, sypkých, práškovitých nebo granulovaných materiálů. Konstrukce dopravníku umožňuje přepravovat materiál horizontálně, vertikálně, nebo v libovolném sklonu na kratší a středně dlouhé vzdálenosti. Výhodou jsou především minimální požadavky na prostor a nízké náklady na provoz. Umožňují snadné a účinné vyprazdňování a plnění. [8]

3.5. Vibrační dopravníky

Vibrační dopravníky jsou mechanické dopravníky bez tažného elementu pracující na principu působení setrvačných sil na přepravovaný materiál, který je většinou sypký, nebo kusový.

Skládají se ze žlabu nejčastěji ve tvaru U nebo O, který je uložen na pružném základu a pomocí pohonu koná kmitavý pohyb.

Dělí se na:

- a) Impulsní vibrační dopravníky
- b) Dopravníky s mikrovřhem

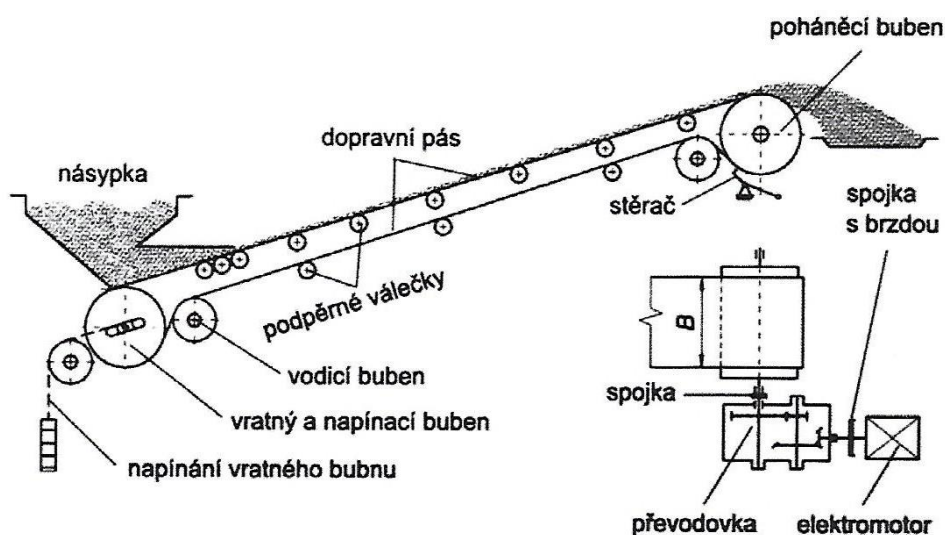
Používají se na přepravu, třídění a separaci částic především v potravinářském, chemickém, farmaceutickém a dřevopracujícím průmyslu. [8]



Obrázek 8 - Vibrační dopravník [16]

3.6. Pásové dopravníky

Pásové dopravníky tvoří rozsáhlou skupinu dopravníků, které se používají ve všech průmyslových odvětvích. Nejrozšířenější skupinu tvoří klasické pásové dopravníky díky jejich univerzálnosti, jednoduché konstrukci a poměrně lehké údržbě. Dále se v menší míře vyskytují speciální typy pásových dopravníků, jako jsou trubkové, magnetické, nebo magnetické separační.



Obrázek 9 - Princip pásového dopravníku [8]

Klasické pásové dopravníky se skládají z tažného dopravního pásu, který je vedený mezi hnacím a napínacím bubnem. Zespolu pás podpírají válečky, které jsou umístěny v nosné stolici nebo pevná kluzná podložka. Přeprava materiálu probíhá v horní větvi stolice, spodní větev

je prázdná. Tento typ dopravníků jsou oblíbené pro jejich jednoduchou konstrukci, vysoké dopravní rychlosti, velkou přepravní kapacitu a možnost přepravy na dlouhé vzdálenosti.

V dřevozpracujícím průmyslu se používají hlavně na dopravu sypkých materiálů pro výrobu, přepravu kusových výrobků při montáži a expedici, ve skladech, a také k odvádění odpadu od strojů. Dále se používají v průmyslu stavebním, důlním a zemědělském. [8]

3.6.1. Rozdělení klasických pásových dopravníků

Podle tažného elementu: [8]

- Dopravníky s gumovým nebo PVC pásem
- Dopravníky s ocelovým pásem
- Dopravníky s gumoocelovým pásem
- Dopravníky s pásem z drátěného pletiva

Podle směru dopravy: [8]

- Vodorovné dopravníky
- Šikmé dopravníky
- Konvexní dopravníky
- Konkávni dopravníky
- Kombinované dopravníky

Podle nosné konstrukce a mobility: [8]

- Dopravníky stabilní
- Dopravníky mobilní
- Dopravníky přestavitelné



Obrázek 10 - Lomený dopravník [10]

3.7. Konstrukce pásového dopravníku

Pásový dopravník sestává z rámu dopravníku, pohonu, dopravního pásu, hnacího a napínacího bubnu, kluzné podložky a pomocné podpěrné konstrukce pro uložení dopravníku. [8]

3.7.1. Dopravní pás

Základní „nekonečný“ prvek obíhající okolo koncových bubnů. Plní nosnou funkci pro materiál a břemena a zároveň tažnou funkci. Pás je podepřen skupinou válečků nebo deskou, které jsou umístěné v horní větvi.

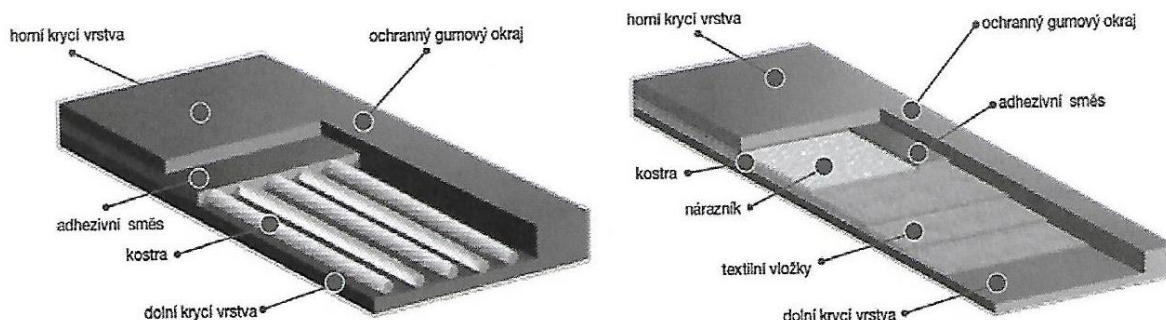
Rozdělení dopravních pásů podle sklonu dopravy:

- Dopravní pásy hladké (do sklonu 20°)
- Dopravní pásy žebrované (do sklonu 45°)
- Dopravní pásy s příčkami nebo vysokými žebry a bočnicemi (do sklonu 60°)

Nejpoužívanější standartní gumové a gumotextilní pásy se skládají ze čtyř základních vrstev:

- Horní nosná vrstva – zajišťuje polohu materiálu na páse, chrání kostru pásu. Nejčastěji je vyrobena z gumy nebo PVC, které musí být odolné vůči přepravovaným materiálům nebo břemenům, vůči mechanickému poškození, nebo vnějším vlivům.
- Střední tažná vrstva – tvoří kostru pásu a přenáší tažnou sílu. Skládá se z gumy a svazků polyamidových a polyesterových textilií. Často bývá zpevněna ocelovými lanky.
- Spodní oběžná vrstva – zprostředkovává přenos síly z hnacího bubnu na pás. Musí odolávat opotřebení způsobené bubny, válečky a kluznou podložkou.
- Boční krycí vrstva – chrání kostru pásu před odíráním vodícími lištami. Řezané a nekryté typy pásů tuto vrstvu nemají.

Pásy se vyrábějí předem spojené nebo nespojené v přesném rozměru na daný dopravník. Spojení je provedeno buď lepením za studena, vulkanizací za tepla, nebo pomocí kloubových nebo pevných mechanických prvků. [8]



Obrázek 11 - Skladba dopravního pásu [8]

3.7.2. Nosná stolice

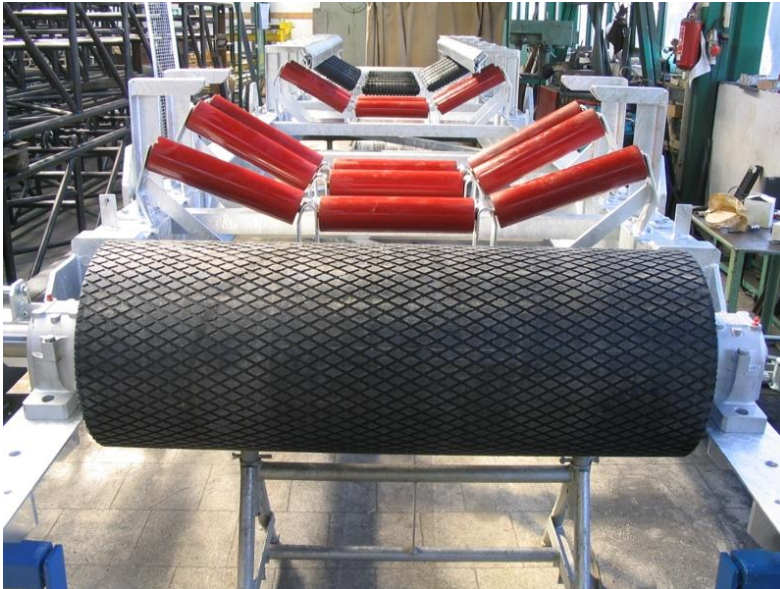
Nosné stolice jsou odnímatelně spojené s konstrukcí dopravníku a nesou a podepírají dopravní pás. Většinou jsou tvořeny soustavou válečků ve tvaru ložného profilu pásu, který udává maximální dopravní množství a je přizpůsobený přepravovanému materiálu. Rovný ložný profil je charakteristický pro kusová břemena nebo obaly. Jeho nevýhodou je, že může vybočovat do stran, a proto musí být usměrněný z boku. Korýtkový ložný profil je vhodný hlavně pro sypké materiály, a je složen ze dvou, tří, nebo více válečků. [8]

3.7.3. Buben

Dopravní pás je natažen mezi dvěma bubny, které tvoří základ pro pracovní šířku pásu. Šířka bubnu je závislá na šířce dopravního pásu, průměr bubnu závisí na přenášeném výkonu a typu dopravního pásu. Většinou se používají soudkovité nebo lichoběžníkové bubny, aby dopravní pás nesjížděl. Většinou jsou lité nebo svařované a jejich povrch je potažený gumou, která může být rýhovaná k zajištění dobré přilnavosti díky zvýšení součinitele smykového tření. [8]

Podle funkce se bubny dělí na dva základní typy:

- a) Hnací buben – přenáší hnací moment z elektromotoru na pás
- b) Vratný buben – vrací dopravní pás přes spodní větev k hnacímu bubnu, většinou plní také napínací funkci



Obrázek 12 - Nosné stolice a hnací bubna [2]

3.7.4. Pohon

Existuje mnoho provedení pohonu pásových dopravníků. Nejjednodušší variantou je jednobubnový systém, který obsahuje elektromotor s jednoduchým hnacím bubnem a používá se pro menší dopravní vzdálenosti a nižší výkony. Dvou nebo více bubnový systém slouží pro větší zátěž a dlouhé dopravní vzdálenosti. [8]

4. Společnost ENGEL

4.1.0 společnosti ENGEL

Strojírenská společnost ENGEL je světovou jedničkou v produkci vstřikovacích lisů. Stroje vyráběné touto společností umí zpracovat plast - vyrábí zubní kartáčky, obaly chytrých telefonů, hračky a řadu dalšího.

Společnost ENGEL je zastoupena devíti výrobními závody na strategických místech v Evropě, Severní Americe a Asii, nejnovější z nich se otevřel v roce 2007 v Šanghaji v Číně. Každý z těchto závodů se specializuje na špičkovou výrobu vybraných produktů společnosti ENGEL a může rychle reagovat na požadavky příslušného trhu.

Společnost byla založena v roce 1945 panem Ludwigem Engelem. Již od založení se věnuje výrobě vstřikovacích strojů a zpracování plastů. V roce 1977 vybuodovala první výrobní závod mimo Rakousko a v následujících desetiletích expandovala po celém světě. V roce 2013 společnost ENGEL disponovala 29 obchodními pobočkami a výrobními pobočkami v 5 zemích. [15]



Obrázek 13 - Výrobní závod pro velké stroje, Šanghaj, Čína [9]

4.2. Dopravníky ENGEL

4.2.1. Pásové dopravníky

Pásové dopravníky této společnosti dokážou přepravit velké množství kusů poměrně rychle. Dále se dají rozdělit:

Dle hmotnosti přepravovaného materiálu:

- 15 kg na běžný metr
- 25 kg na běžný metr
- 50 kg na běžný metr

Podle prostředí:

- Průmyslové
- Potravinářské
- Medicínské

Dále dle funkce:

- na dopravník odkládá robot – volně stojící nebo integrovaný
- na dopravník padají volně díly z formy

Dopravníky lze také rozdělit například podle teploty přepravovaného materiálu.

5. Vyjasnění zadání

Úkolem bakalářské práce je zhodnotit současný stav technologie kluzné podložky pod pás dopravníku především s ohledem na náklady a navrhnout nové, inovativní řešení, které by mohlo nahradit současný šroubovaný plech. Změny se mohou týkat materiálu, výrobní technologie, ale zároveň třeba i rozměrů či tvaru. Dále se práce zabývá působením sil na podložku a novým konstrukčním řešením především z hlediska montáže. Závěrem nové řešení vyhodnotím především z hlediska nákladů a úspor proti původnímu.

Na doporučení mého konzultanta z firmy Engel strojírenská s.r.o. byla úloha řešena pro dva typy dopravníků, tedy pro dopravníky typu FB60 a FB100 v provedení podložky s klínem a bez klínu.



Obrázek 16 - Podložka bez klínu pro dopravník FB60



Obrázek 17 - Podložka s klínem pro dopravník FB60



Obrázek 15 - Podložka bez klínu pro dopravník FB100



Obrázek 14 - Podložka s klínem pro dopravník FB100

6. Analýza současného konstrukčního provedení a specifikace požadavků

Kluzná podložka slouží především jako podpora proti prohýbání pásu pod přepravovanými produkty. Analýzu budeme provádět u dopravníků typu FB60 (podložky o rozměrech 310x200 s klínem i bez klínu) a FB100 (podložky o rozměrech 1000x470 bez klínu a 600x1500 s klínem). U menších dopravníků může kluzná podložka také fungovat jako spojovací součást hliníkových rámců, kde kromě podpírání zajišťuje zvýšení tuhosti a drží konstrukci pásu u sebe. Analýza se bude týkat 4 konkrétních podložek z pozinkovaného plechu o rozměrech 310x200 mm a 1000x470 mm pro součásti bez klínu, u kluzných podložek s klínem se pak bude jednat o rozměry 310x200 mm a 600x1500 mm. Plech o rozměrech 1000x470 mm má tloušťku 2 mm, u všech ostatních se jedná o 1,5 mm.

Co se týče specifikace požadavků, nové konstrukční varianty podložky pod dopravníkový pás by měly mít především nižší hmotnost a cenu při zachování dostatečné tuhosti. Dále by měly brát v úvahu vyšší ekologičnost. Měly by také být ořezuvzdorné. Dalším cílem by mělo být snížení množství podložek s různými rozměry, tudíž zajistit modularitu pro jednotlivé dopravníky. Dále by se měly snížit rozměry a hmotnost z důvodu lepší skladovatelnosti a manipulovatelnosti. Budu se zabývat i jinou možností uchycení, která by mohla zrychlit montáž dopravníků.

6.1. Materiál

Stávající šroubované plechy se vyrábějí především z pozinkovaného plechu a jsou dodávány od externího dodavatele. Jejich tloušťka je standardně 1,5 nebo 2 mm.

Další možností je hliníkový plech o tloušťce 3 mm, který se používá k vyrovnání distance mezi rámem a hnacími rolnami dopravníku. Tato podložka je dražší, používá se především z důvodu hmotnosti, například u rozměru 1000x470 mm pozinkovaný plech váží 11,1 kg, hliníkový pouze 3,8 kg, hmotnostní úspora tedy činí 6,3 kg.

6.2. Tvar a uchycení

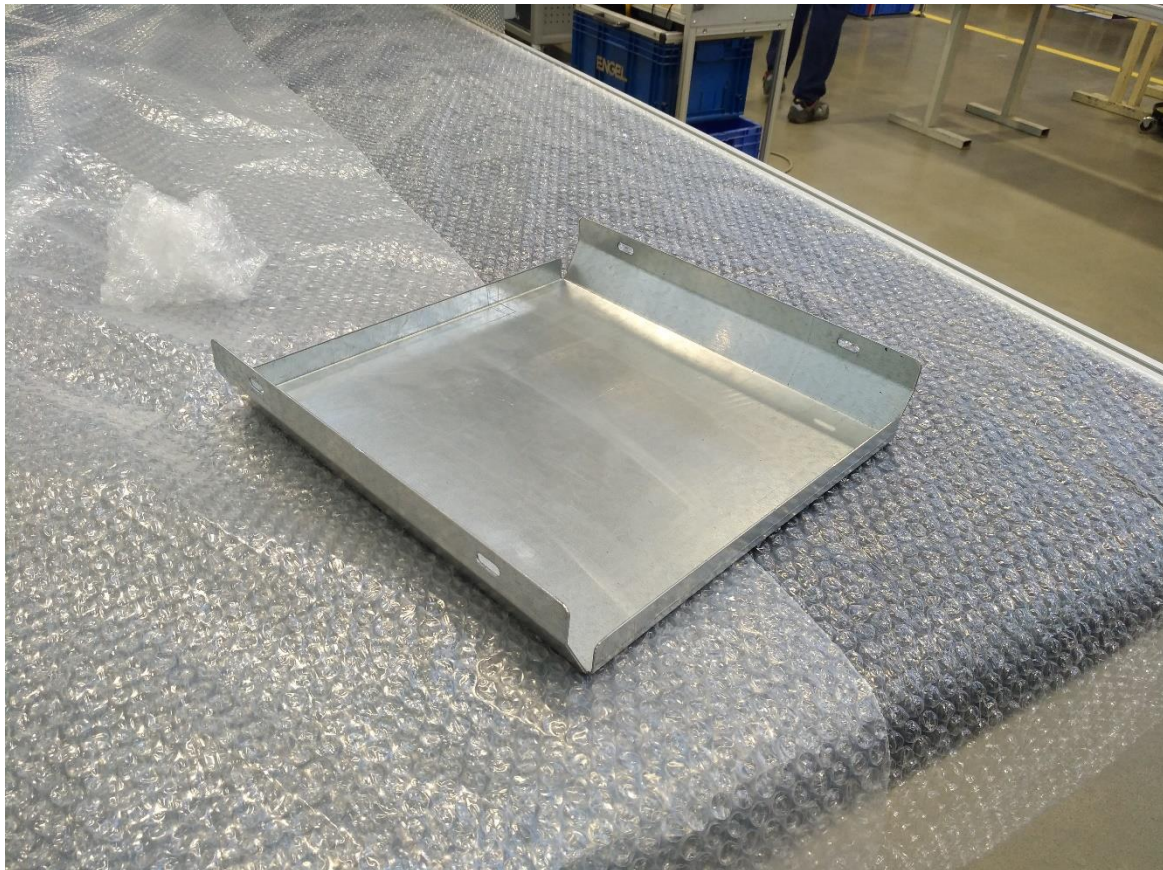
Z hlediska tvaru existují 3 možná konstrukční řešení kluzné podložky, která se vždy přichycuje k rámu. Jednotlivé plechy jsou k sobě pouze doraženy, nikoliv přimontovány.



Obrázek 18 - Kluzná podložka bez klínu pro dopravník FB60

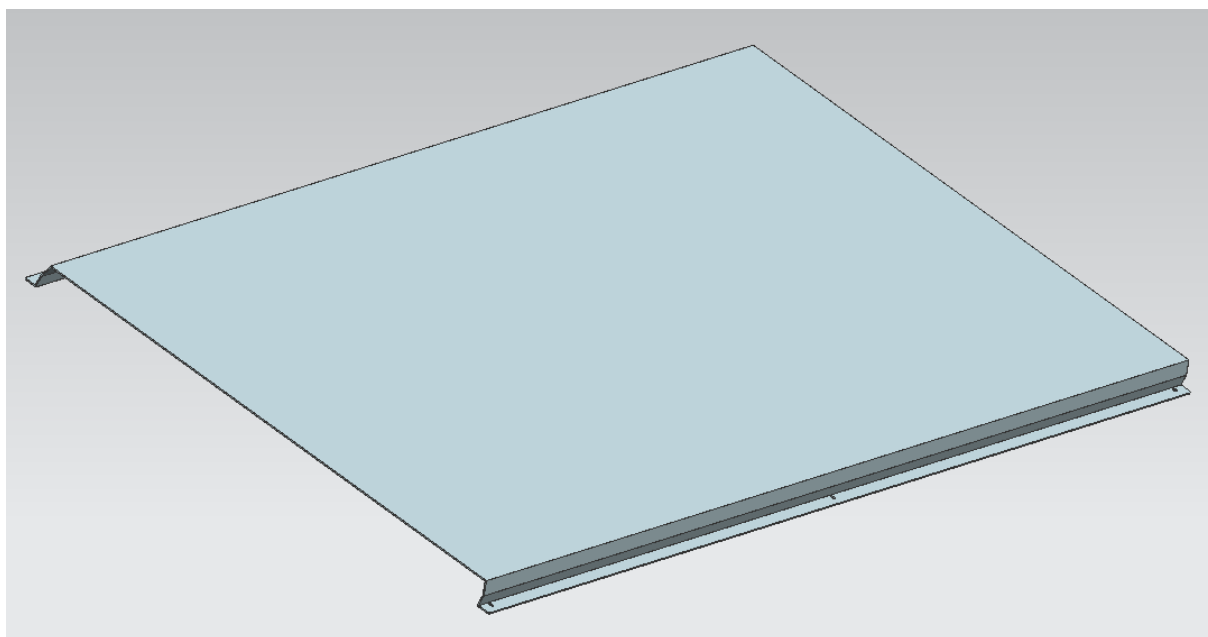
Pro malé dopravníkové pásy se především používá rovná podložka, která je z boku uchycena do hliníkového profilu pomocí šroubu M5, na kterém je našroubovaný plíšek, zasouvající se do drážky v profilu. (obr. 18).

Pokud je požadováno lepší boční vedení pásu, aplikuje se do konstrukce šroubovaný plech s tzv. klínem (obr. 19), který tuto vlastnost zlepší. U dopravníků s malou šířkou, které se upotřebí například ve vstřikolisech, zároveň slouží jako spojovací součást 2 bočních hliníkových profilů, do jejichž drážek se plíšek na šroubu M5 nasune.



Obrázek 19 - Kluzná podložka s klínem pro dopravník FB60

Poslední varianta se užívá u širokých dopravníkových systémů. Jedná se zde o nijak neohýbaný pozinkovaný plech, do kterého je vyvrtáno 6 nebo 9 děr (podle velikosti) a je přišroubován k příčným hliníkovým profilům. Jedná se o montážně nejhorší řešení, protože u větších dopravníků musí s podložkou manipulovat i 2 lidé, a přišroubování k rámu je časově náročnou činností. Tento plech se dodává i ve variantě s klínem, kdy se montuje šrouby k příčnému profilu pouze po stranách. (obr. 20)



Obrázek 20 - Kluzná podložka s klínem pro dopravník FB100

6.3. Rozměry

Co se týče rozměrů šroubovaných plechů, existuje velké množství šířek i délek plechů, jelikož každá podložka je vyráběna na konkrétní dopravníkový pás, a tudíž je zde velmi nízká modularita. Orientačně se můžou rozměry pohybovat v rozmezí od 200 mm do 1600 mm do šířky a od 200 mm do 1800 mm do délky.

7. Síly působící na podložku

Síly působící na podložku vyvolávají především výrobky a jejich tíhová síla. Vzhledem k tomu, že jejich rozložení na podložce není rovnoměrné, a že požadavek na nosnost podložky je 15 kg/m^2 , budeme při výpočtu uvažovat spojitě konstantní zatížení na celém povrchu, čímž podchytíme veškeré rozmístění materiálu, a tudíž provedeme výpočet nosníku na 2 podporách. Z důvodu zjednodušení provedeme matematický výpočet pouze u rovných plechů bez klínu, k analýze podložek s klínem použijeme pouze FEM analýzu v programu NX 11.0.

7.1. Výpočet sil působících na podložky

7.1.1. Podložka 310x200 mm bez klínu

$$L = 310 \text{ mm}; q = 150 \text{ N/m}^2$$

Výpočet reakcí z rovnic rovnováhy k bodu A:

$$y: R_A + R_B - q \cdot L = 0$$

$$M_A: q \cdot \frac{L^2}{2} - R_B \cdot L = 0$$

$$R_A = q \cdot L - \frac{q \cdot L}{2}$$

$$R_A = 150 \cdot 0,31 - \frac{150 \cdot 0,31}{2}$$

$$R_A = 23,25 \text{ N}$$

$$R_B = q \cdot L - q \cdot \frac{L}{2}$$

$$R_B = 150 \cdot 0,31 - \frac{150 \cdot 0,31}{2}$$

$$R_B = 23,25 \text{ N}$$

Výpočet momentu M v obecné poloze x:

$$M(x) = R_A \cdot x - q \cdot \frac{x^2}{2}$$

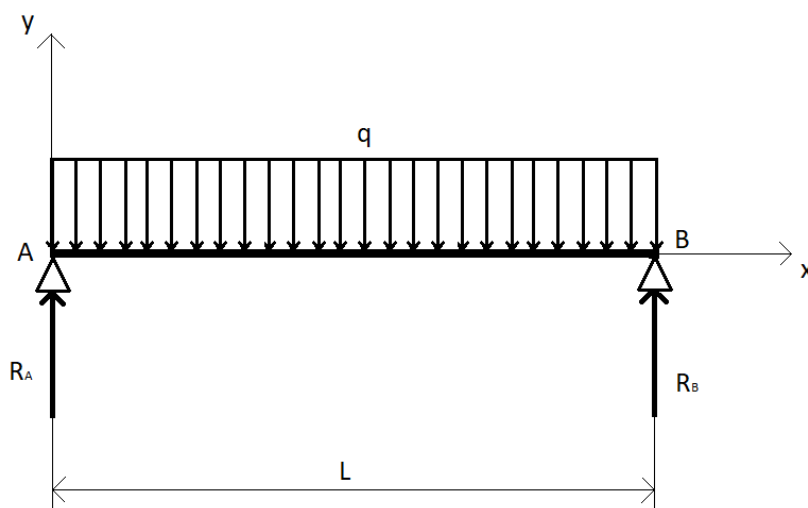
Výpočet maximálního momentu M_{\max} v bodě $\frac{L}{2}$, kde se předpokládá největší průhyb:

$$M\left(\frac{L}{2}\right) = 23,25 \cdot 0,155 - 150 \cdot \frac{0,155^2}{2} = 1,8 \text{ Nm}$$

$$M_{\max} = 1,8 \text{ Nm}; J = \frac{b \cdot h^3}{12} = 0,000001 \text{ m}^4; E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

Při zadaných parametrech vypočteme výsledný průhyb ve směru y:

$$w_y = -\frac{M_{\max}}{E \cdot J} = -\frac{1,8}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,000001} = -0,00857 \text{ mm}$$



7.1.2. Podložka 1000x470 mm bez klínu

$$L = 470 \text{ mm}; q = 150 \text{ N/m}^2$$

Výpočet reakcí z rovnic rovnováhy k bodu A:

$$y: R_A + R_B - q \cdot L = 0$$

$$M_A: q \cdot \frac{L^2}{2} - R_B \cdot L = 0$$

$$R_A = q \cdot L - \frac{q \cdot L}{2}$$

$$R_A = 150 \cdot 0,47 - \frac{150 \cdot 0,47}{2}$$

$$R_A = 35,25 \text{ N}$$

$$R_B = q \cdot L - q \cdot \frac{L}{2}$$

$$R_B = 150 \cdot 0,31 - \frac{150 \cdot 0,31}{2}$$

$$R_B = 35,25 \text{ N}$$

Výpočet momentu M v obecné poloze x:

$$M(x) = R_A \cdot x - q \cdot \frac{x^2}{2}$$

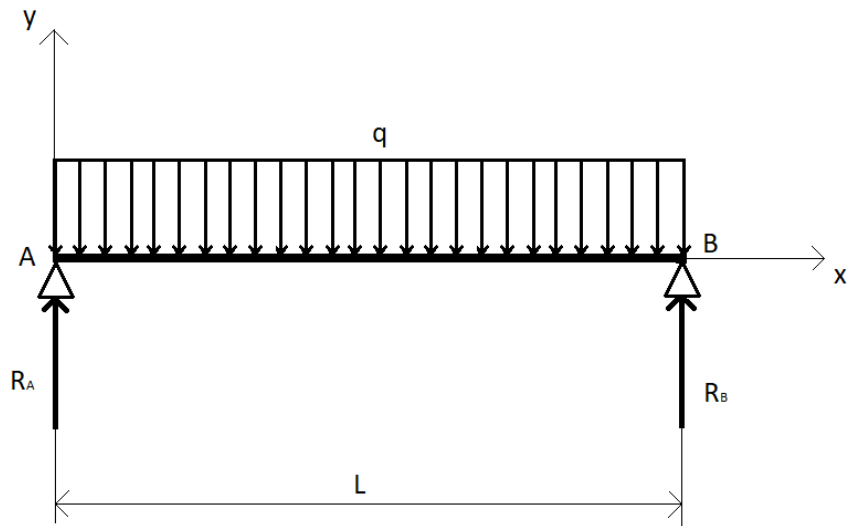
Výpočet maximálního momentu M_{max} v bodě $\frac{L}{2}$, kde se předpokládá největší průhyb:

$$M\left(\frac{L}{2}\right) = 75 \cdot 0,235 - 150 \cdot \frac{0,235^2}{2} = 13,48 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 13,48 \text{ Nm}; J = \frac{b \cdot h^3}{12} = 0,0000125 \text{ m}^4; E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

Při zadaných parametrech vypočteme výsledný průhyb ve směru y:

$$w_y = -\frac{M_{max}}{E \cdot J} = -\frac{13,48}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,0000125} = -0,00514 \text{ mm}$$



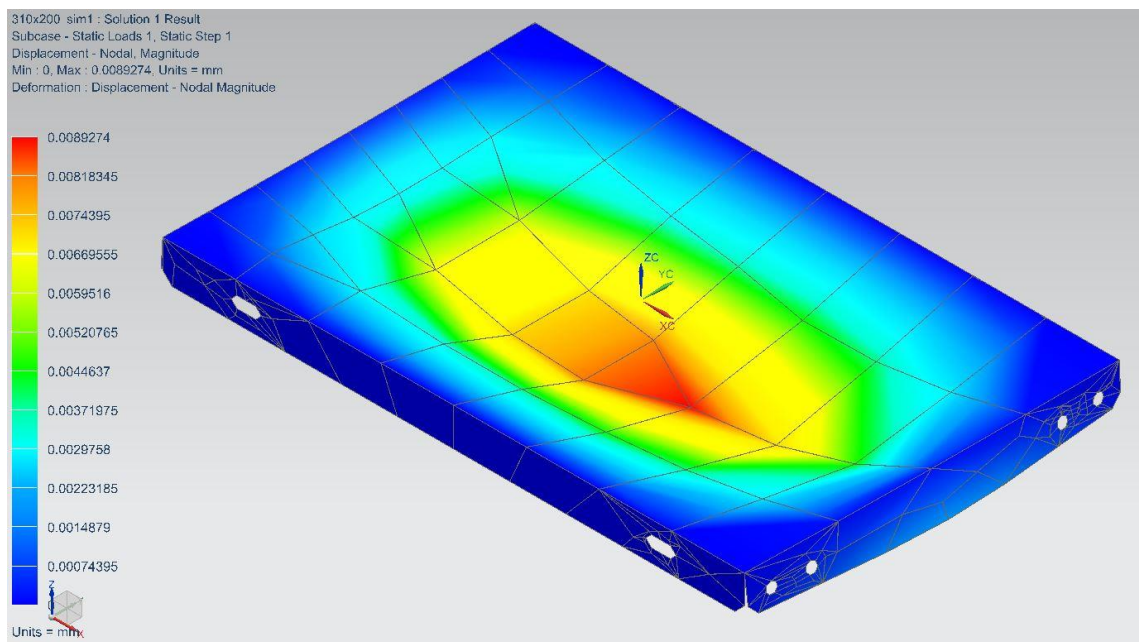
7.2.FEM analýza

FEM (Finite Element Method), neboli metoda konečných prvků (MKP) je počítačová metoda pro výpočtáře a konstruktéry, kterou se dají vypočítat deformace a rozložení napětí v namodelované součásti. Používá se především k výpočtu tvarově složitějších součástí, kde by se výpočet musel značně zjednodušit, případně slouží k ověření výpočtů. Další využití této analýzy spočívá například ve výpočtech proudění kapaliny, rozložení teplotního pole či stability konstrukcí.

FEM analýza jednotlivých plechů byla provedena v již zmíněném programu NX 11.0. Výsledné hodnoty průhybu nelze brát jako závazné výsledky a slouží především pro představu, kde se nalézají nejkritičtější místa podložky. Všechny podložky byly uchyceny příkazem „Fixed constrain“ v místě rámu a zatíženy spojitým zatížením 15 kg/m^2 . Vzhledem k tomu, že hodnoty maximálního napětí jsou nejvýše v jednotkách MPa, uvádím raději průhyb jednotlivých kluzných desek v milimetrech.

7.2.1. FEM analýza podložky 310x200 mm bez klínu

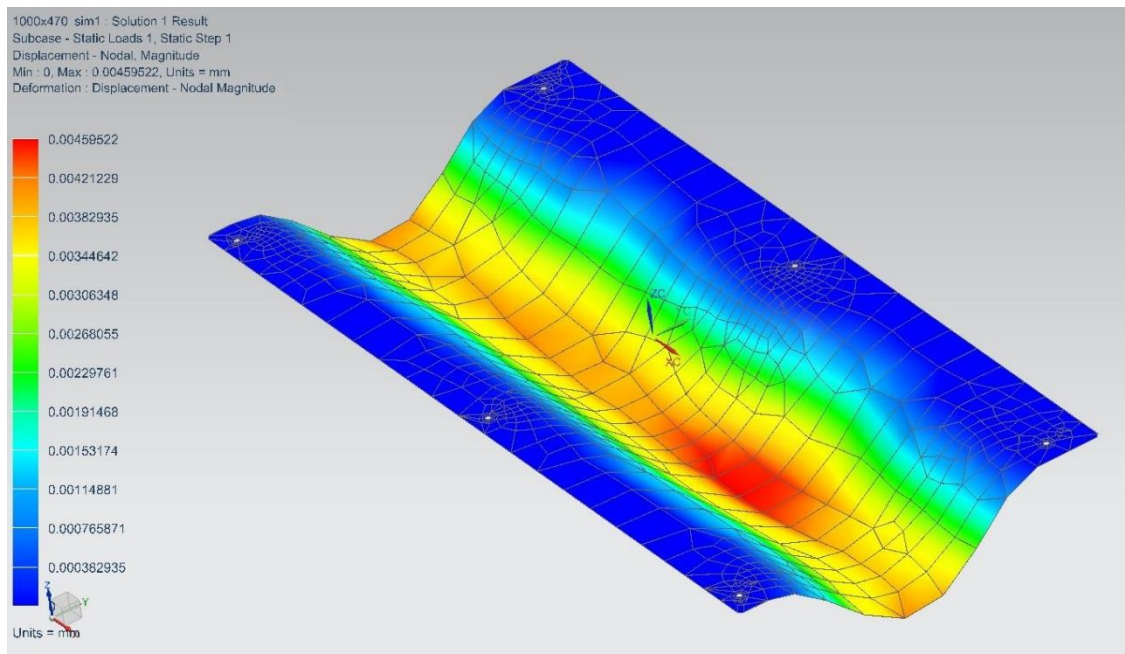
Maximální průhyb tohoto plechu je pouhých $0,0089 \text{ mm}$, což je opravdu zanedbatelná hodnota, která ale koresponduje s výpočtem v 8.1.1. Bočnice v tomto případě dobře zamezují průhybu a snižují napětí v součásti. Pro přesnější výpočet by se musel uvažovat i hliníkový profil z boku, jelikož podložka celý dopravník drží pohromadě.



Obrázek 21 - FEM analýza podložky 310x200 s klínem

7.2.2. FEM analýza podložky 1000x470 mm s klínem

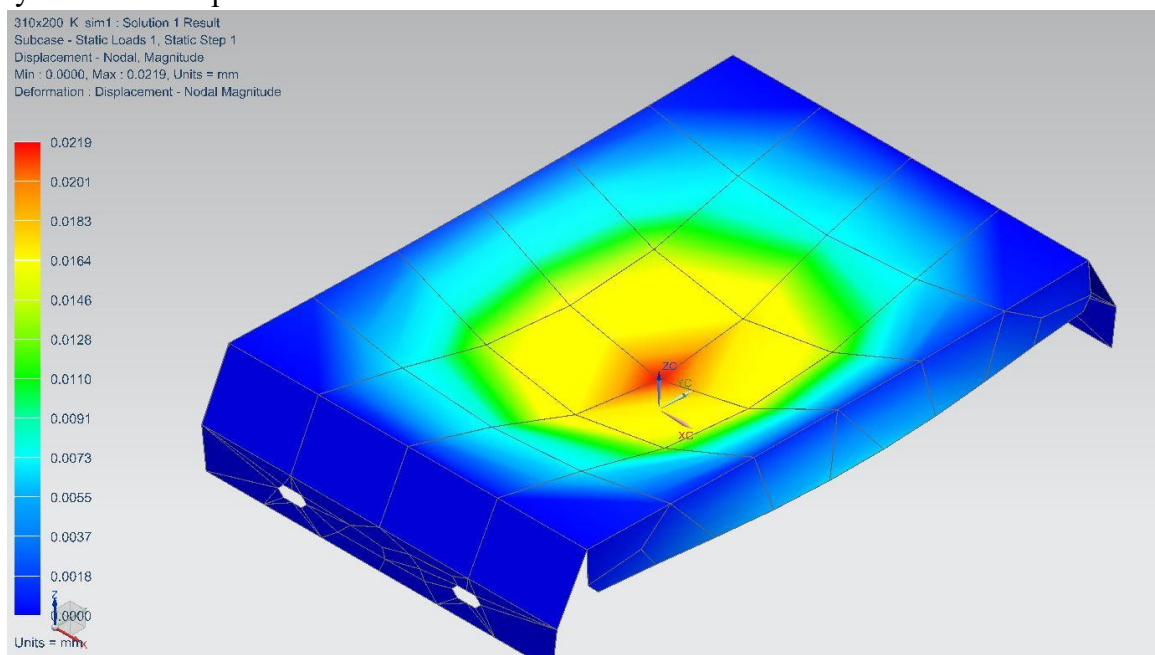
U této kluzné podložky může být maximální hodnota průhybu 0,0046 mm zkrusena nepravidelností zesíťování, lze ji tedy spíše brát pouze jako orientační hodnotu. Od výpočtů výše se ale tolik neliší, pravděpodobně tedy odpovídá skutečnosti.



Obrázek 22 - FEM analýza podložky 1000x470 bez klínu

7.2.3. FEM analýza podložky 310x200 mm s klínem

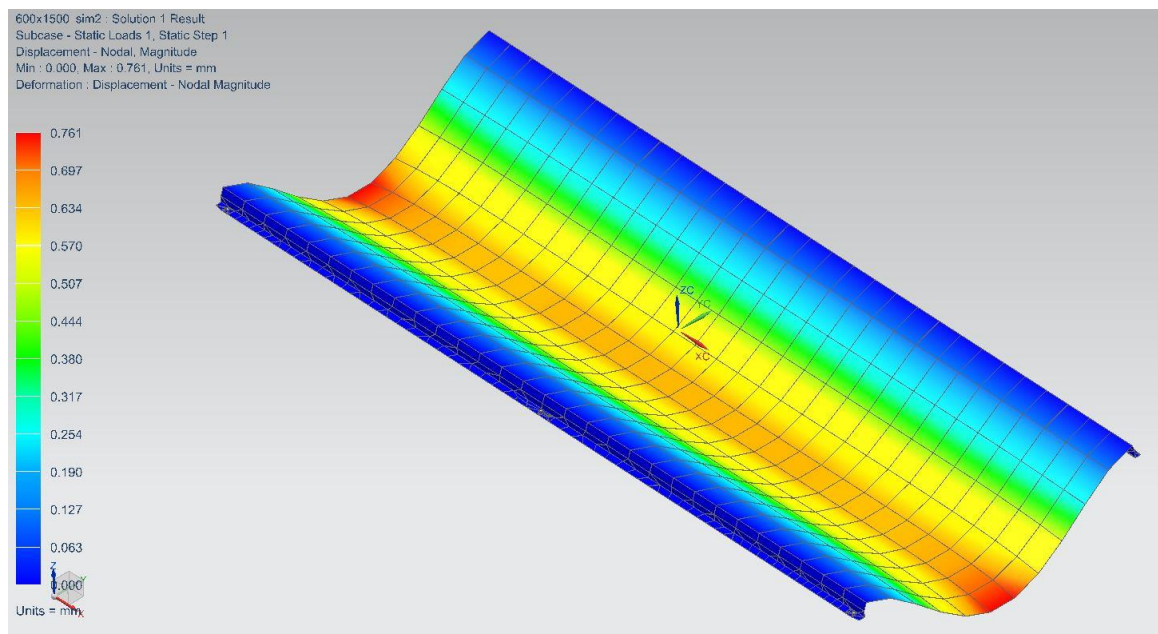
U menší podložky s klínem hodnota průhybu vzrostla o jeden řád na setiny milimetrů, konkrétně na číslo 0,0219 mm. Plechová deska však drží konstrukci dopravníku u sebe, proto by bylo vhodné pro přesnější výpočet uvažovat vnější vlivy, tj. hmotnost hliníkových profilů a jiných součástí dopravníku.



Obrázek 23 - FEM analýza podložky 310x200 s klínem

7.2.4. FEM analýza podložky 600x1500 mm s klínem

U největší podložky s klínem se logicky objevil největší průhyb 0,761 mm, který je situován na krajích podložky, jinak je průměrná hodnota uprostřed cca 0,65 mm.



Obrázek 24 - FEM analýza 600x1500 s klínem

7.2.5. Shrnutí analýzy současného řešení kluzné podložky

Z výpočtů a FEM analýz výše je patrné, že všechna stávající řešení kluzných podložek pod dopravníkový pás jsou předimenzována a vydržely by mnohem větší zatížení, než na která se používají. Při návrhu nového řešení podložek budeme vycházet i z tohoto zjištění.

8. Navržení koncepčních variant

Tato část práce se zabývá volbou suboptimální varianty z hlediska materiálu, tvaru a rozměrů a uchycení k rámu. Použijí k tomu metodu párového porovnávání.

Metoda párového porovnání

Základním principem této metody je porovnání dvojic kritérií. V případě preference kritéria v řádku se volí hodnota 1, v opačném případě hodnota 0. Pro každé kritérium je následně stanovena počet jeho preferencí, který je roven součtu jednotek v řádku uvažovaného kritéria. Na základě součtu preferencí se jejich váhy určí podle vztahu: $V_i = \frac{k_i}{\sum_j^n k_j} = \frac{k_i}{\frac{n \cdot (n-1)}{2}}$, kdy součet vah je vždy roven 1 (Tabulka Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání). Určitou nevýhodou této metody je, že pokud je počet preferencí určitého kritéria nulový, rovná se i jeho váha nule, i když nemusí jít o bezvýznamné kritérium. Následně se u všech kritérií určí hodnocení pro jednotlivé varianty v rozmezí 1-3, kdy 1 je nejhorší a 3 je nejlepší (Tabulka Párové srovnání variant). V posledním kroku se vynásobí váha a hodnocení jednotlivých kritérií a sečtou se hodnoty u všech variant, čímž získáme výsledné hodnocení (Tabulka Vyhodnocení párového srovnání variant).

8.1. Materiál

Nové koncepční varianty podložky pod dopravníkový pás z hlediska materiálu by měly mít především nižší hmotnost a cenu, ale stále by se neměli deformovat při větším zatížení. Budeme se také snažit uvažovat vyšší ekologičnost. Materiál by měl být také otěruvzdorný. Pokud budeme uvažovat maximální možný průhyb cca 2 mm při zachování původních rozměrů podložky, měl by mít materiál Youngův modul pružnosti alespoň 1 GPa.

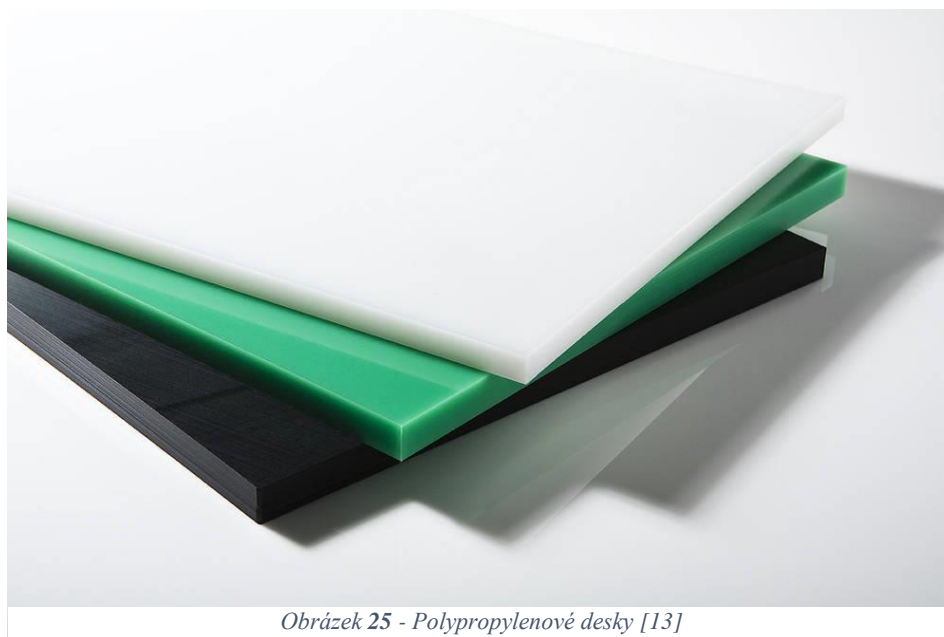
8.1.1. Polypropylen (PP)

Polypropylen je termoplast používaný k různým účelům napříč různými odvětvími. Z vybraných plastů je nejlehčí, při běžné teplotě odolává skoro všem druhům chemických látek, proto se používá hlavně v chemickém průmyslu. Má také dobrou odolnost proti opotřebení. [11]

Technické parametry

Vlastnost	Hodnota
Modul pružnosti	1,5 GPa
Tvrdost (HV)	10
Koeficient tření - ocel	0,1 N/mm ²
Dlouhodobá pracovní teplota	100 °C
Hustota	920 kg/m ³
Cena	35 Kč/kg

Tabulka 1 – Polypropylen [3]



Obrázek 25 - Polypropylenové desky [13]

8.1.2. Polyethylen (HDPE)

Polyethylen s vysokou hustotou je díky výbornému koeficientu tření a snadné zpracovatelnosti jedním z nejoblíbenějších průmyslových plastů. Je vhodný pro výrobu vodících lišt, nebo kluzných dílů. Kromě dobrých mechanických vlastností vyniká i v odolnosti vůči chemikáliím. Navíc má dobrou odolnost vůči opotřebení. [11]

Technické parametry

Vlastnost	Hodnota
Modul pružnosti	1,08 GPa
Tvrdość (HV)	9
Koeficient tření - ocel	0,25 N/mm ²
Dlouhodobá pracovní teplota	85 °C
Hustota	960 kg/m ³
Cena	37 Kč/kg

Tabulka 2 – Polyethylen [3]

8.1.3. Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid je třetím nejpoužívanějším plastem. Je snadno zpracovatelný, má poměrně vysokou chemickou i mechanickou odolnost. Více než polovina vyráběného množství PVC se používá ve stavebnictví, především díky téměř ideálním stavebním vlastnostem. [11]

Technické parametry

Vlastnost	Hodnota
Modul pružnosti	2,3 GPa
Tvrdość (HV)	12
Koeficient tření - ocel	0,5 N/mm ²
Dlouhodobá pracovní teplota	90 °C
Hustota	1390 kg/m ³
Cena	43 Kč/kg

Tabulka 3 – Polyvinylchlorid [3]

8.1.4. Polyoxymethylen (POM)

Polyoxymethylen zvaný také polyacetal je vysoce krystalický termoplast, který se využívá především tam, kde potřebujeme vysokou mechanickou pevnost, tuhost a rázovou houževnatost. Vykazuje výbornou rozměrovou stabilitu, vyrábí se z něj proto mechanické díly s přesnou tolerancí. [11]

Technické parametry

Vlastnost	Hodnota
Modul pružnosti	3,25 GPa
Tvrdość (HV)	22
Koeficient tření - ocel	0,21 N/mm ²
Dlouhodobá pracovní teplota	160 °C
Hustota	1420 kg/m ³
Cena	73 Kč/kg

Tabulka 4 – Polyoxymethylen [3]



Obrázek 26 - Součástky z POM [12]

8.1.5. Dřevo (Buk)

Dřevo je důležitá průmyslová surovina patřící mezi nejpoužívanější materiály spolu s kovy a plasty. Uplatňuje se v nejrůznějších průmyslových odvětvích, jeho výhodou je především měrná hmotnost dřeva. Navíc je snadno dostupné. V dnešní době je vytlačováno modernějšími a kvalitnějšími materiály. V tomto konstrukčním řešení by se pravděpodobně jednalo o dřevěné desky s nízkou tloušťkou.

Technické parametry

Vlastnost	Hodnota
Modul pružnosti	15 GPa
Tvrdość (HV)	8,5
Koeficient tření - ocel	0,55 N/mm ²
Dlouhodobá pracovní teplota	70 °C
Hustota	750 kg/m ³
Cena	55 Kč/kg

Tabulka 5 – Dřevo [3]

8.1.6. Volba suboptimálního konstrukčního materiálu

Všechny materiály splňují požadovanou funkci, tj. sloužit jako podložka pod dopravníkový pás a tím zamezit průhybu. V dnešní době se přikláníme především k plastům, protože jsou levnější a lépe zpracovatelné. Nejdůležitější kritéria byla zanesena do Tab. 6.

Kritéria	Funkce	Hmotnost	Cena	Tvárnost	Součet	Váha
Funkce	X	1	1	1	3	0,5
Hmotnost	0	X	0	1	1	0,167
Cena	0	1	X	0	1	0,167
Tvárnost	0	0	1	X	1	0,167

Tabulka 6 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (materiál)

Materiál	Funkce	Hmotnost	Cena	Tvárnost
PP	1	2	3	3
HDPE	1	2	3	3
PVC	1	1	2	3
POM	1	1	1	3
Dřevo	1	3	1	1
Váha [%]	0,3	0,167	0,167	0,167

Tabulka 7 - Párová srovnání variant (materiál)

Materiál	Funkce	Hmotnost	Cena	Tvárnost	Součet	Pořadí
PP	0,3	0,334	0,5	0,5	1,634	1
HDPE	0,3	0,334	0,5	0,5	1,634	1
PVC	0,3	0,167	0,334	0,5	1,468	3
POM	0,3	0,167	0,167	0,5	1,134	4
Dřevo	0,3	0,5	0,167	0,167	1,134	4

Tabulka 8 - Vyhodnocení párového srovnání variant (materiál)

Z párového porovnání materiálů vychází nejlépe polypropylen a polyethylen. Z rozhodující tabulky není možné určit, který z těchto dvou plastů by byl vhodnější. Oba mají podobné mechanické i chemické vlastnosti, rozhodla by tudíž například lepší nabídka, ekologičnost, či cena.

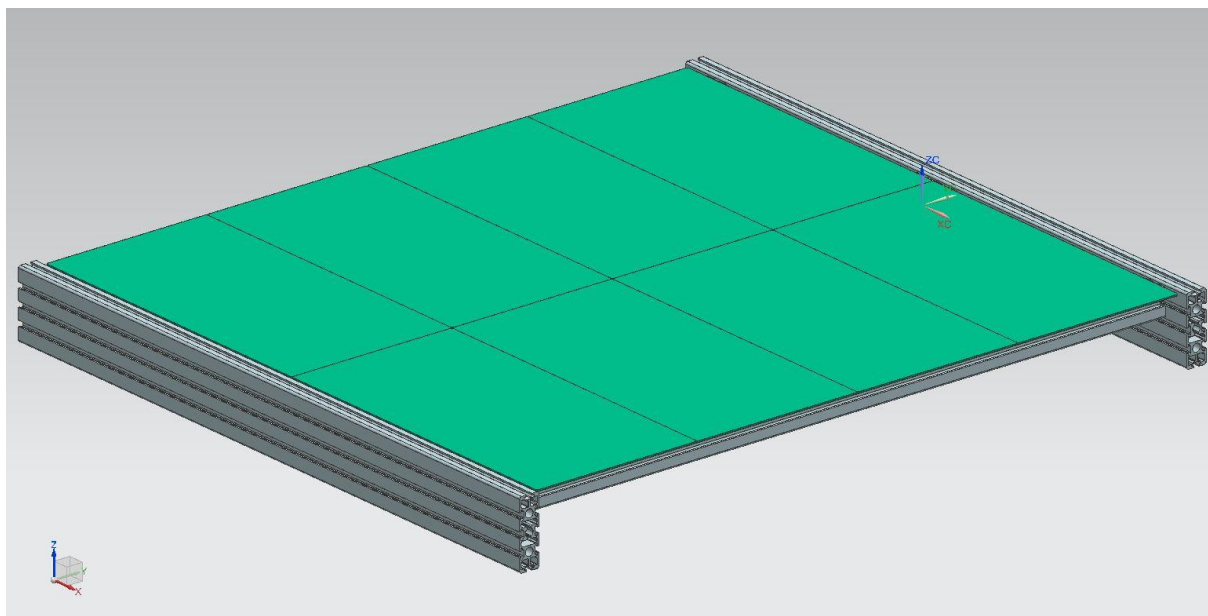
8.2. Tvar a rozměry

Co se týče tvaru a rozměrů, lze vymyslet velké množství možných variant, horší je však jejich realizace. Hlavním cílem v této oblasti by mělo být snížení množství podložek s různými rozměry. Výroba velkého počtu takových podložek totiž zvyšuje náklady na jejich výrobu a snižuje modularitu. Dále by se měly snížit rozměry a hmotnost z důvodu lepší skladovatelnosti a manipulovatelnosti. Budeme uvažovat i zachování současných tvarů, protože při změně materiálu by se mohla některá výše zmíněná problematika vyřešit.

8.2.1. Varianta I

První variantou by mohlo být skládání jednotlivých podložek menších rozměrů vedle sebe. Největší výhodou této koncepční varianty by bylo především modularita, kdy by se používalo 6 různých variant s délkou 470 mm a šířkami 250, 300, 350, 400, 450 a 500 mm. Například plech s rozměry 470x1000 mm a tloušťkou 2 mm o hmotnosti cca 7,4 kg by se dal nahradit 4 plastovými deskami o rozměrech 470x250 mm a stejné tloušťce o jednotkové hmotnosti cca 0,22 kg, výsledná hmotnost by tedy byla cca 0,88 kg.

V případě požadavku na podložku například o rozměrech 470x1150 mm by se podložka dala sestavit ze dvou podložek o rozměru 470x400 mm a jedné podložky o rozměru 470x350 mm. Místo současného množství 26 různých šíří podložek by stačilo pouhých 6 podložek o výše zmíněných rozměrech. Největším problémem tohoto řešení by zde bylo montování takového počtu kusů šroubů, ale tento problém se pokusím vyřešit níže. Dále by se pak muselo upravit konstrukční řešení především u dopravníků s klínem.



Obrázek 27 - Koncepční návrh modulární podložky

8.2.2. Varianta II.

Druhou variantou je zachování původních tvarů a rozměrů již vyráběných podložek. V tomto případě se jedná o léty osvědčené konstrukční řešení, které funguje. V případě změny materiálu na plast by mohl zmizet problém s obtížnou manipulací u velkých součástí, tloušťka podložek by však musela vzrůst minimálně na 3 mm.

Velkou nevýhodou tohoto řešení je nutnost vyrábět podložky ve velkém množství rozličných rozměrů jako doposud a tudíž snížení ekonomičnosti. Naopak oproti variantě I zde pravděpodobně nebude problém s montováním podložek s klínem a nebude nutné měnit konstrukční řešení.

8.2.3. Volba suboptimálního tvaru a rozměrů

Obě varianty zde splňují účel podložky pod dopravníkový pás, bude zde tedy rozhodovat především ekonomičnost a obtížnost montáže. Nejdůležitější kritéria byla zanesena do Tab. 9.

Kritéria	Funkce	Modularita	Cena	Obtížnost montáže	Použití klínu	Součet	Váha [%]
Funkce	X	1	1	1	1	4	0,4
Modularita	0	X	1	1	0	2	0,2
Cena	0	0	X	1	0	1	0,1
Obtížnost montáže	0	0	0	X	1	1	0,1
Použití klínu	0	1	1	0	X	2	0,2

Tabulka 9 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (tvar a rozměry)

Varianta	Funkce	Modularita	Cena	Obtížnost montáže	Použití klínu
I	1	2	2	2	1
II	1	1	1	2	2
Váha [%]	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2

Tabulka 10 - Párová srovnání variant (tvar a rozměry)

Varianta	Funkce	Modularita	Cena	Obtížnost montáže	Konstrukční změna	Součet	Pořadí
I	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	1,4	1
II	0,4	0,2	0,1	0,2	0,4	1,3	1

Tabulka 11 - Vyhodnocení párového srovnání variant (tvar a rozměry)

Při párovém porovnání jednotlivých variant rozměrů a tvaru vychází o trochu lépe první ze zmíněných variant, ale rozdíl je tak zanedbatelný, že nelze z těchto údajů rozhodnout, která varianta je lepší. V konstrukčním návrhu tudíž budeme uvažovat obě varianty tvaru podložky jako možné.

8.3. Uchycení k rámu

8.3.1. Varianta a)

První variantou uchycení podložky k rámu je pomocí průmyslového suchého zipu, který je z druhé strany opatřen samolepící vrstvou kaučukového lepidla, která je chráněna ochranným papírem. Výhodou této koncepční varianty je především rozmontovatelnost, snadná montáž a také možnost upravit rozměry podle hliníkového profilu. Nevýhodou tohoto řešení by mohla být únava materiálu při častém rozebírání, to je ovšem velmi nepravděpodobné a nebudeme ji tedy uvažovat.



Obrázek 28 - Průmyslový suchý zip [14]

8.3.2. Varianta b)

Další možností montáže je použití dvousložkového reaktivního polyuretanového lepidla. Lepené spoje jsou pevné a pružné a vykazují vysokou pevnost při lepení hliníku v kombinaci s plasty. Výhodou by byla především jednoduchost montáže a ekonomičnost. Velkou nevýhodou hovořící proti této variantě uchycení je především nemožnost rozmontovat konstrukci, větší doba tuhnutí lepidla a manipulace s ním.

8.3.3. Varianta c)

Třetí variantou je zachování původního konstrukčního řešení, tudíž montáž šroubů M5 do závitových vložek v hliníkovém profilu. Výhodou tohoto konstrukčního řešení je rozmontovatelnost a možnost použití podložky s klínem, navíc se tato varianta již osvědčila v praxi. Je výhodná i ekonomicky. Největším problémem současného konstrukčního řešení je čas montáže a nutnost manuálně zručného pracovníka na tomto stanovišti.



Obrázek 29 - Původní uchycení podložky

8.3.4. Varianta d)

Poslední možností uchycení podložky k hliníkovému profilu je výroba podložek ve formě plastových výlisků s bočnicemi ve tvaru drážky v hliníkovém profilu a nasunutí do konstrukce. Tato varianta počítá se změnou materiálu. V tomto případě by bylo nutností sjednotit hliníkové profily a možná i konstrukční úprava dopravníku. Výhodou by byla především rychlost a malá obtížnost montáže. Také by nebylo nutné podložku přichytit k profilu, stačilo by dát na konec profilu dorazy. Navíc lze toto řešení použít i u varianty s klínem. Nevýhoda této varianty je především zvýšení ceny podložky a nutnost sjednotit hliníkové profily. U rovného plechu by také byla nutná konstrukční úprava, jinak by plech byl moc „utopený“ a nesloužil by ke svému účelu.

8.3.5. Volba suboptimálního uchycení

Konstrukční řešení uchycení budeme řešit především z pohledu ekonomičnosti, nutnosti konstrukční změny rámu (např. z důvodu použití podložky s klínem), rozmontovatelnosti a obtížnosti a doby montáže.

Kritéria	Demontovatelnost	Cena	Montáž	Konstrukční změna	Součet	Váha [%]
Rozmontovatelnost	X	1	0	0	1	0,167
Cena	0	X	0	1	1	0,167
Montáž	1	1	X	1	3	0,5
Konstrukční změna	1	0	0	X	1	0,167

Tabulka 12 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (uchycení)

Varianta	Demontovatelnost	Cena	Montáž	Konstrukční změna
a)	2	2	2	1
b)	1	2	1	2
c)	2	2	1	2
d)	2	1	2	1
Váha [%]	0,167	0,167	0,5	0,167

Tabulka 13 - Párová srovnání variant (uchycení)

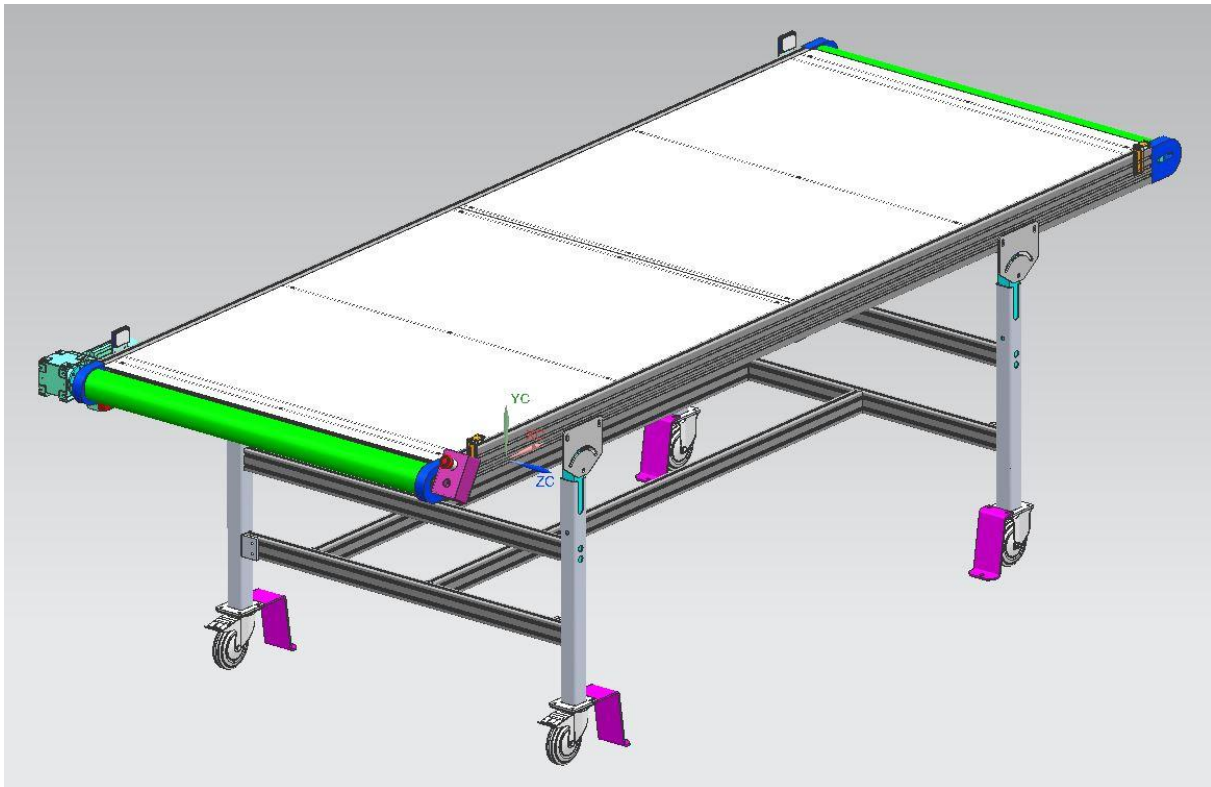
Varianta	Demontovatelnost	Cena	Montáž	Konstrukční změna	Součet	Pořadí
a)	0,334	0,334	1	0,167	1,835	1
b)	0,167	0,334	0,5	0,334	1,335	4
c)	0,334	0,334	0,5	0,334	1,502	3
d)	0,334	0,167	1	0,167	1,668	2

Tabulka 14 - Vyhodnocení párového srovnání variant (uchycení)

Z porovnávaných variant nejlépe vychází varianta a), montáž průmyslovým suchým zipem, kde je výhodnější především doba a obtížnost montáže, ovšem za cenu úpravy konstrukčního řešení pro montáž podložky s klínem. Téměř stejného hodnocení dosáhla varianta d), vůči které hovoří především cena a nutnost konstrukční změny. Podobné hodnoty dosáhla stávající varianta c), kde proti mluví v podstatě jen doba montáže. U poslední varianty b) je problém především tuhnutí lepidla, manipulace s ním a nemožnost podložku demontovat.

9. Konstrukční návrh kluzné podložky

Konstrukce kluzné podložky pod dopravníkový pás a jejího rámu byla vytvořena v CAD NX 11.0. Společnost ENGEL pracuje právě s tímto CAD softwarem. U všech konstrukčních řešení se kladl důraz na odlehčení, tudíž se u všech variant počítá s výrobou součástí z Polypropylenu. Zabývat se budu konstrukčním návrhem pro dopravník typu FB100.



Obrázek 30 - Dopravník společnosti ENGEL FB100

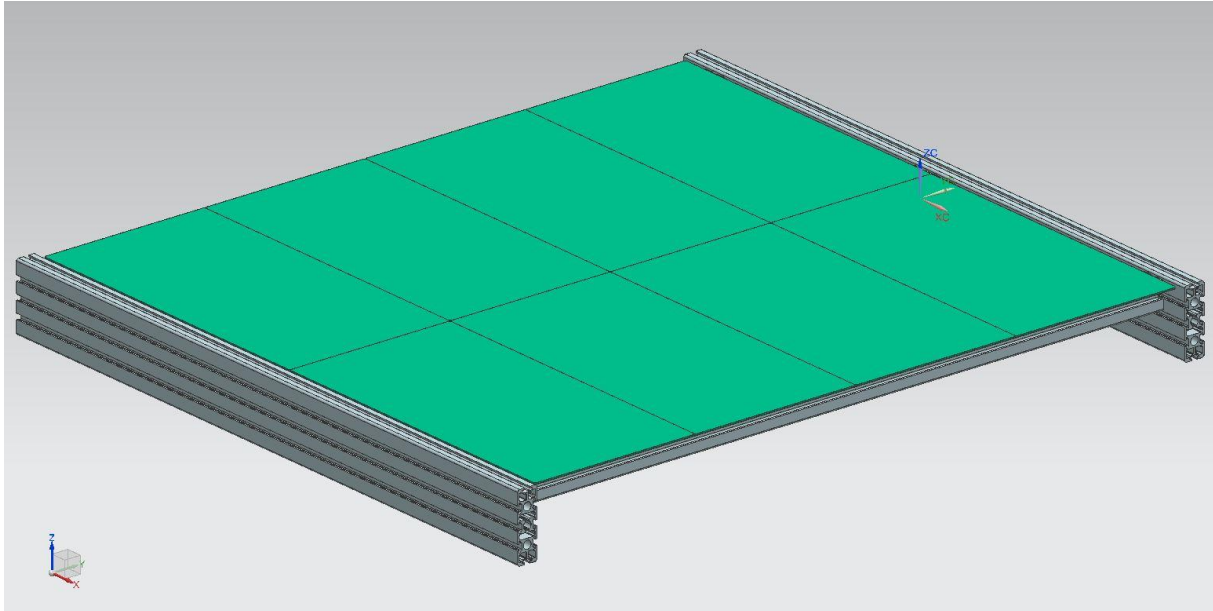
9.1. Varianta A – konstrukční návrh podložky

U této varianty řešení se klade důraz především na modularitu a tím pádem i snížení nákladů na kluznou podložku.

A - Podložka bez klínu

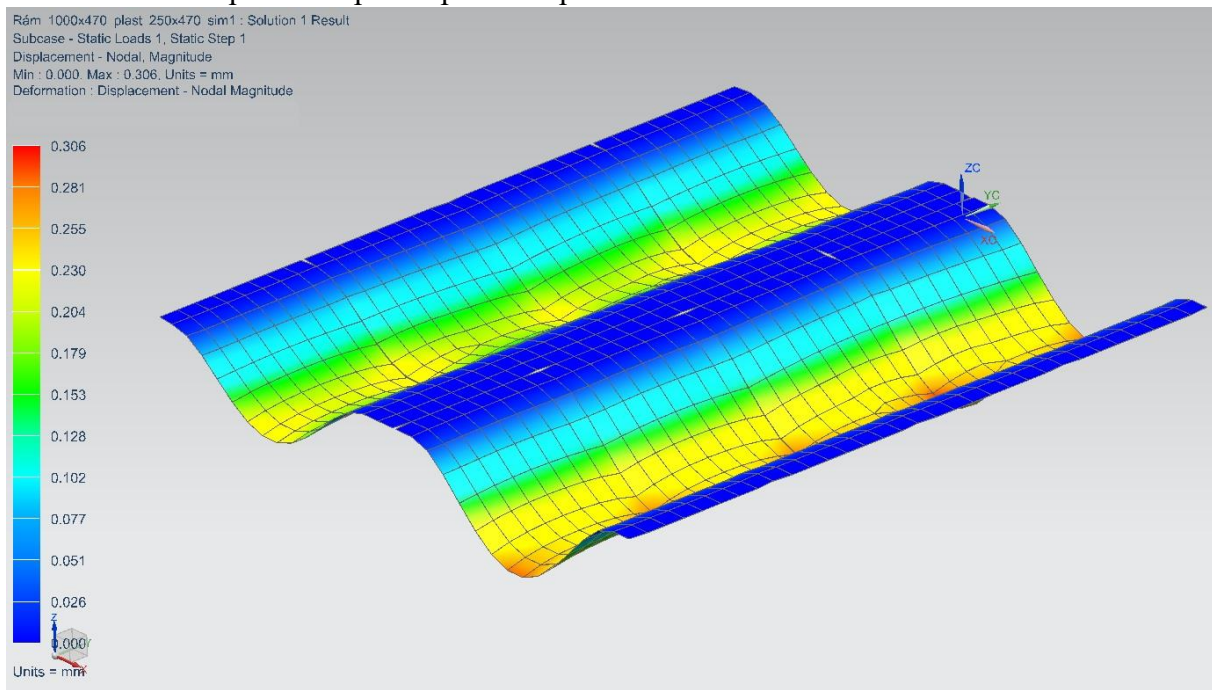
U konstrukční varianty A se bude jednat o podložku nahrazující původní 2 pozinkované plechy o rozměrech 470x1000 mm a tloušťce 2 mm. Bude se skládat z 8 kusů plastových podložek o rozměrech 470x250 mm a tloušťce 2 mm, které budou přichyceny k hliníkovému profilu pomocí průmyslového suchého zipu.

Výhodou tohoto řešení je, že nebude třeba změny konstrukčního řešení rámu z hliníkových profilů, protože výsledné rozměry i tvar složený z 8 součástí budou shodné s původní kluznou deskou z pozinkovaného plechu.



Obrázek 31 - Varianta A (bez klínu)

Zátěžová analýza FEM při zatížení 15 kg/m^2 ukazuje průhyb v nejkritičtějších místech jednotlivých plastových částí cca $0,3 \text{ mm}$, což je přijatelná hodnota i vzhledem k tomu, že tak velkou hmotnost podložka pravděpodobně přenášet nebude.



Obrázek 32 - Varianta A (bez klínu) - FEM

Mez pevnosti v tlaku	15 MPa
Maximální napětí	0,114 MPa
Bezpečnost	131

Z tabulky lze vyčíst, že hodnota maximálního napětí, a tím pádem i bezpečnosti součásti je zde naprosto v pořádku, dokonce je předimenzovaná.

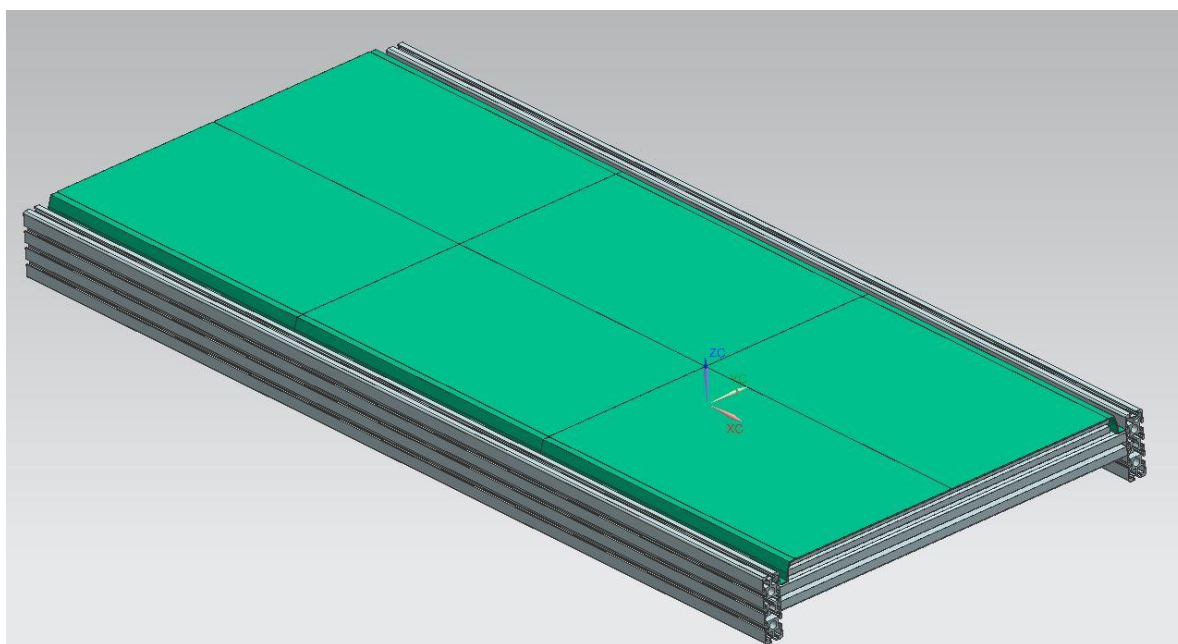
Vzhledem k výše zmíněnému se jedná o proveditelné řešení, které by mohlo urychlit montáž kluzné podložky na rám dopravníku a zároveň dále plnit funkci této části, totiž zajistit, aby se pás pod hmotností přepravovaného materiálu neprohýbal.

A - Podložka s klínem

V tomto případě se konstrukce značně komplikuje, protože v původní variantě zajišťuje tvar podložky s klínem samotná podložka. Toto konstrukční řešení nahrazuje pozinkovaný plech s klínem o rozměru 1500x600 mm. Pokud má být nová podložka modulární, musí se rozdělit na boční části s klínem a prostřední podložky bez klínu. Tím ale dojde k nemožnosti uchycení rovných částí na původní rám, a tudíž se původní rám musí upravit.

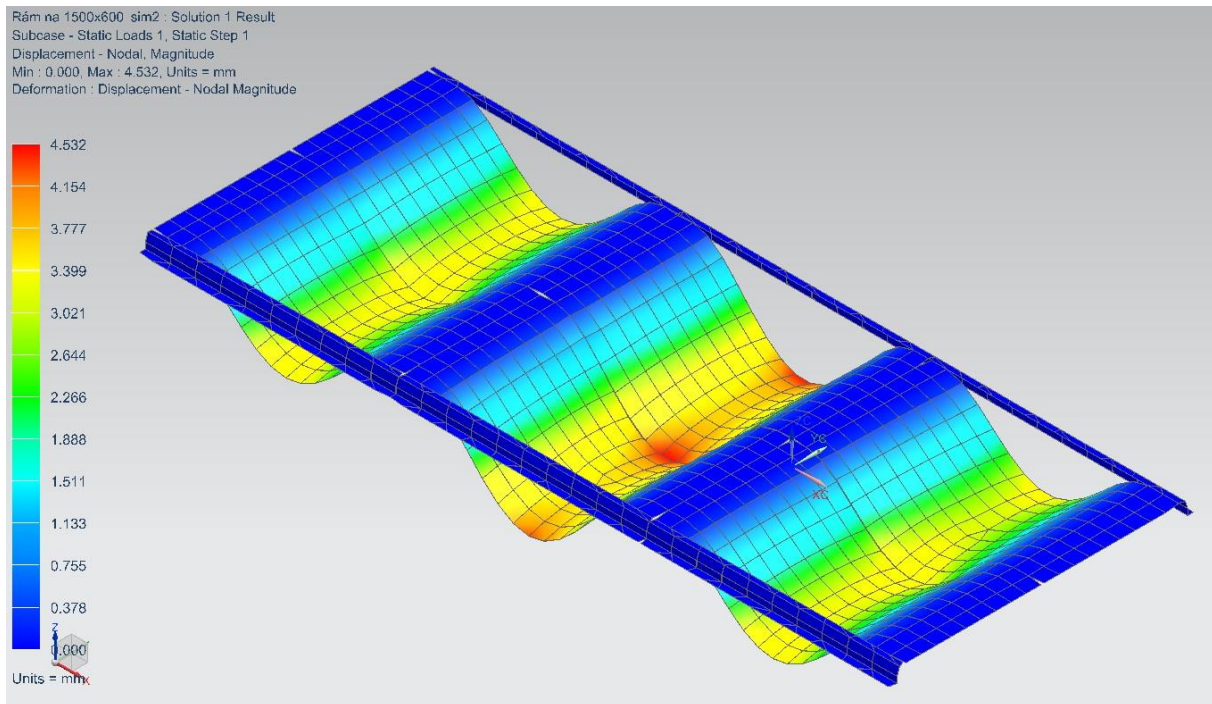
Varianta A s klínem by se tedy skládala z 6 bočních částí ve tvaru klínu o šířce 30 mm, délce 250 mm a tloušťce 2 mm a dále z 6 plastových podložek o rozměrech 500x300 mm stejné tloušťky. K hliníkovému rámu budou plastové součásti připevněny průmyslovým suchým zipem.

Jak již bylo zmíněno, kvůli požadavku modularity se musí upravit rám, tudíž se na původní příčné hliníkové profily budou muset připevnit spojkami další menší a kratší profily v rozměru 54x27 mm a délce 568 mm vycentrované na střed. Na těch bude po stranách připevněn průmyslový suchý zip k upevnění jednotlivých částí podložek, stejně jako po stranách původních příčných profilů. Dalším řešením by byly 2 podélné profily vzdálené cca 25 mm od bočních profilů uchycené ke spodním příčným profilům.



Obrázek 33 - Varianta A (s klínem)

Jak ukazuje FEM analýza v programu NX 11.0, maximální průhyb v některých místech na kraji podložky je 4,5 mm, průměrný kolem 3,5 mm. Tato hodnota prohnutí už se zdá být příliš vysoká a důsledkem toho by se mohla snížit životnost pásu, případně by mohlo dojít i k jeho poškození.



Obrázek 34 - Varianta A (s klínem) - FEM

Mez pevnosti v tlaku	15 MPa
Maximální napětí	2,18 MPa
Bezpečnost	7

Oproti variantě bez klínu zde můžeme vidět, že toto konstrukční řešení podložky by mělo zatížení vydržet bez poškození, bezpečnost se ale snížila cca 19x.

S ohledem na výše zmíněné si nemyslím, že se jedná o příliš vhodné konstrukční řešení i s přihlédnutím k nutnosti úpravy rámu.

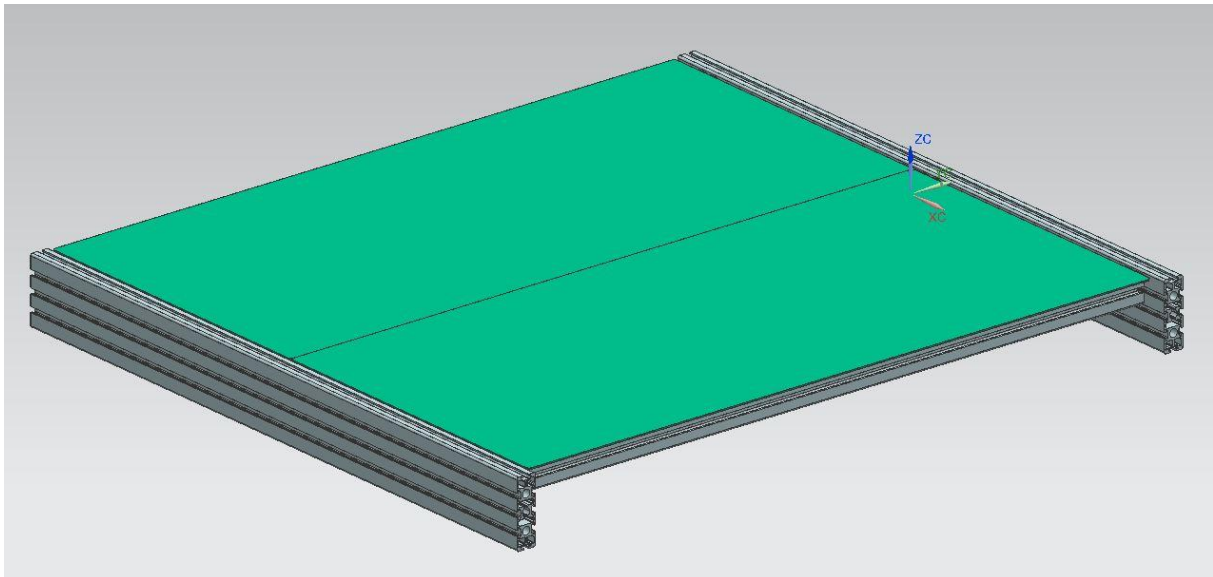
9.2. Varianta B – konstrukční návrh podložky

U druhé varianty se zachovávají původní rozměry a tvar desek, změna proběhne pouze z hlediska materiálu, případně tloušťky podložek. K výrobě součástí bude použit opět Polypropylen.

B - Podložka bez klínu

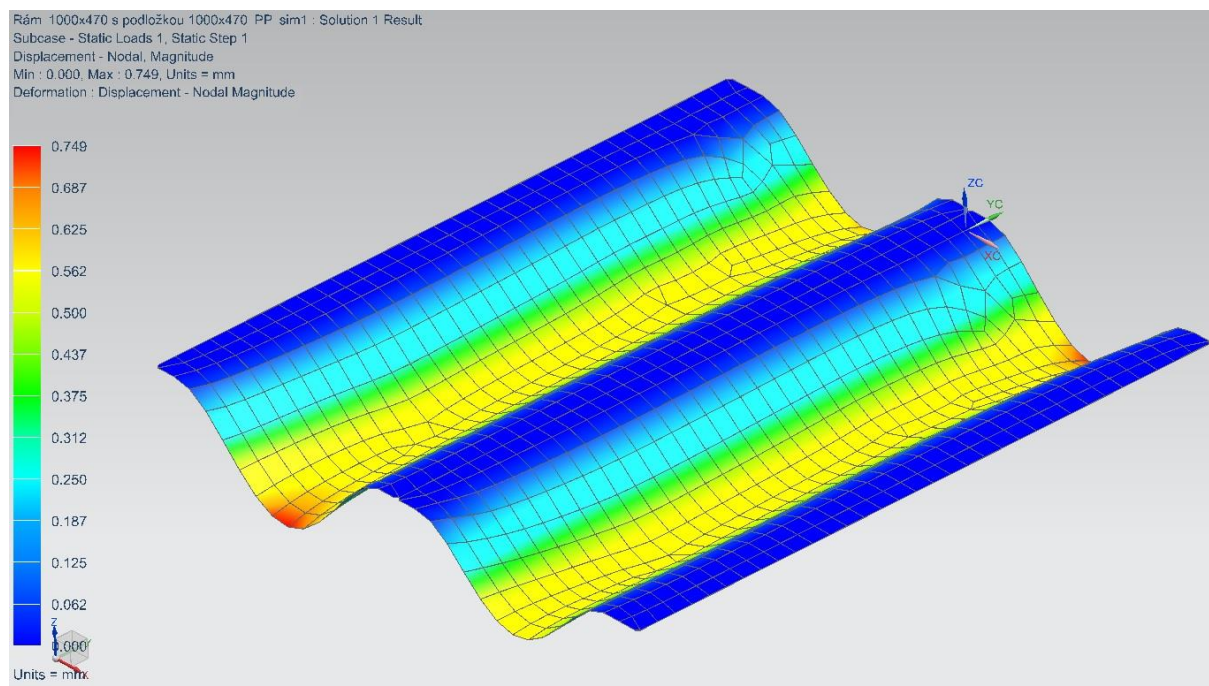
Toto konstrukční řešení nahrazuje, stejně jako u varianty A, 2 pozinkované plechy o tloušťce 2 mm. Kluzná podložka se skládá z 2 desek z polypropylenu o stejných rozměrech jako u původního řešení, 470x1000 mm, hodnota tloušťky se zde zvýšila na 3 mm.

K rámu budou připevněny opět suchým zipem, aby odpadla zdlouhavá montáž šroubů a závitových vložek, která zbytečně prodlužuje dobu smontování. Tvar i rozměry použité podložky se shodují s původními rozměry, tudíž není třeba konstrukčních úprav rámu.



Obrázek 35 - Varianta B (bez klínu)

Co se týče FEM analýzy tohoto konstrukčního řešení, průhyb v nejkritičtějším místě činil 0,749 mm, průměrný potom cca 0,55 mm, což je velice přijatelná hodnota zaručující správnou funkci kluzné podložky. Opět se dá předpokládat, že tak velké zatížení podložka přenášet nebude, splňuje tedy požadované parametry.



Obrázek 36 - Varianta B (bez klínu) - FEM

Mez pevnosti v tlaku	15 MPa
Maximální napětí	0,672 MPa
Bezpečnost	22

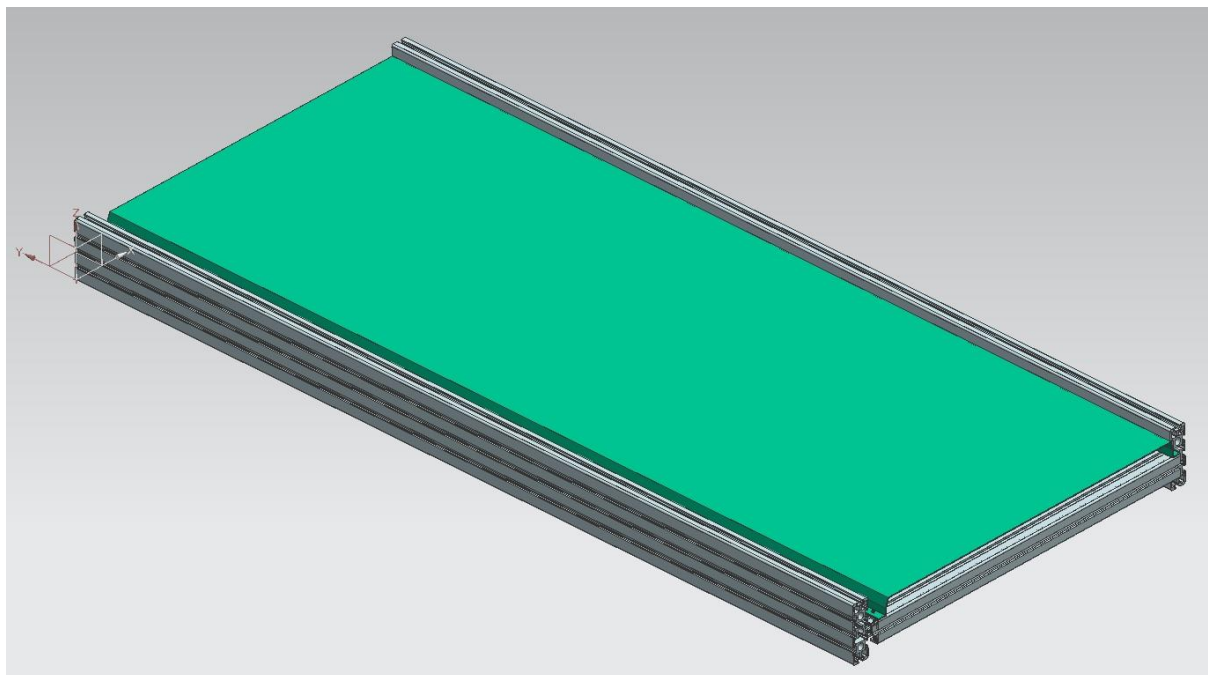
Hodnota maximálního napětí a tedy i bezpečnosti je u tohoto konstrukčního řešení v pořádku, neměly by se zde vyskytnout žádné problémy.

Varianta B bez klínu, stejně jako varianta A, splňuje požadavky na kluznou podložku. Nevýhodou této varianty je především velikost.

B - Podložka s klínem

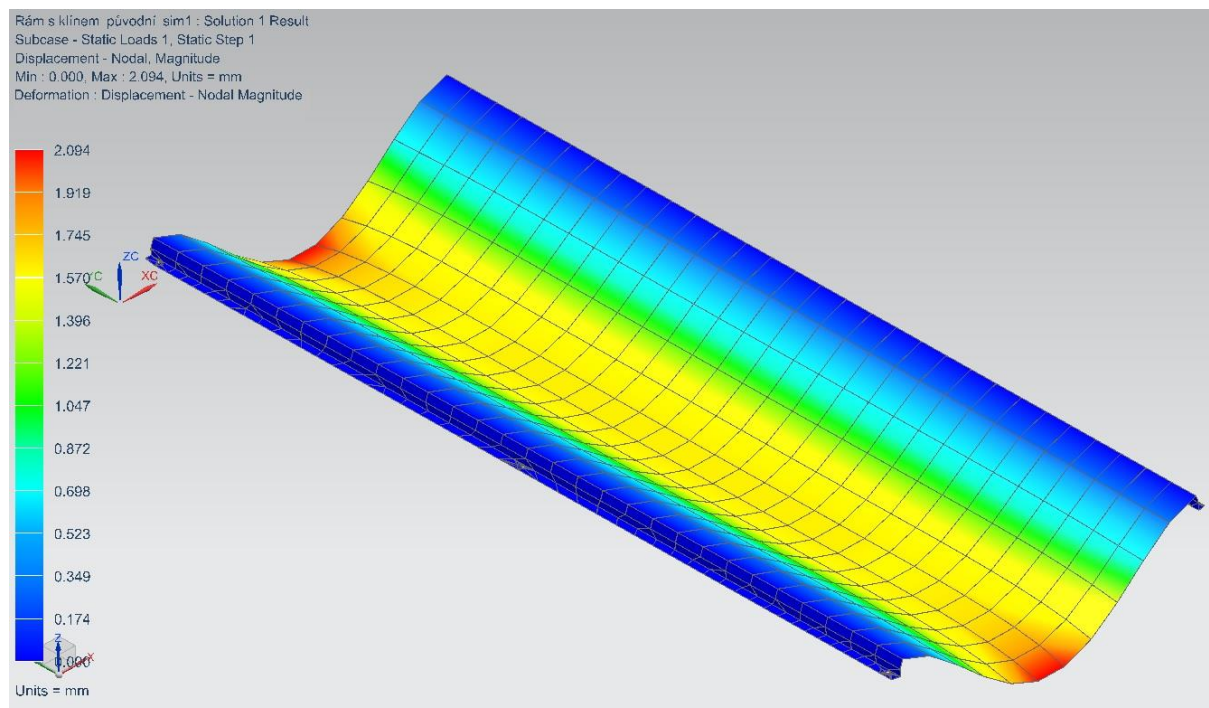
U varianty kluzné podložky s klínem se jedná o jeden kus plastové desky z polypropylenu v rozměru 1500x600x3 mm. Slouží jako náhrada pozinkovaného plechu o shodných rozměrech a tloušťce 1,5 mm. Její výhodou je především mnohem nižší hmotnost a tím pádem i jednodušší manipulace, uskutečnitelná i jedním pracovníkem.

Stejně jako u podložky bez klínu není třeba žádných konstrukčních úprav, připevnění k rámu opět bude poskytovat průmyslový suchý zip.



Obrázek 37 - Varianta B (s klínem)

FEM analýza tohoto řešení zjistila průhyb v nejkritičtějších místě cca 2 mm, což je podle mého názoru přijatelná hodnota i s ohledem na to, že průměrný průhyb uprostřed je asi 1,5 mm. Toto tvrzení mohu podložit stejně jako v konstrukčních řešeních varianty A tím, že zatížení 15 kg/m^2 zde velmi pravděpodobně použito nebude.



Obrázek 38 - Varianta B (s klínem) - FEM

Mez pevnosti v tlaku	15 MPa
Maximální napětí	1,45 MPa
Bezpečnost	10

Maximální napětí, a s tím i související bezpečnost, která dosáhla hodnoty 10, se v tomto případě zdá dostatečná i proto, že konstrukční řešení podložky s klínem je složitější.

I s ohledem na výše zmíněné se jedná o použitelné řešení podložky s klínem, jehož výhodou bude především hmotnost. Nepraktická bude především manipulace se součástmi větších rozměrů.

9.3. Volba suboptimálních konstrukčních variant

9.3.1. Podložka bez klínu

Varianta A i varianta B v provedení bez klínu plní funkci kluzné podložky pod dopravníkový pás, rozhodovat zde tedy bude především ekonomičnost, obtížnost konstrukčního řešení, náročnost manipulace a vyšší bezpečnost provedení.

Kritéria	Konstrukční řešení	Cena	Manipulace	Bezpečnost	Součet	Váha [%]
Konstrukční řešení	X	1	0	0	1	0,167
Cena	0	X	1	1	2	0,333
Manipulace	1	0	X	0	1	0,167
Bezpečnost	1	0	1	X	2	0,333

Tabulka 15 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (bez klínu)

Varianta	Konstrukční řešení	Cena	Manipulace	Bezpečnost
A	2	2	2	2
B	2	1	1	1
Váha [%]	0,167	0,333	0,167	0,333

Tabulka 16 - Párová srovnání koncepčních variant (bez klínu)

Varianta	Konstrukční řešení	Cena	Manipulace	Bezpečnost	Součet	Pořadí
A	0,334	0,666	0,334	0,666	2	1
B	0,334	0,333	0,167	0,333	1,167	2

Tabulka 17 - Vyhodnocení párového srovnání variant (bez klínu)

Kritérium konstrukční řešení zde zohledňuje především nutnost konstrukční úpravy dopravníku a tudíž nemožnost použití stávajícího řešení.

S náklady spojené s nákupem a výrobou součásti souvisí jedno z nejdůležitějších kritérií – cena.

Položka manipulace se zaměřuje na obtížnost montáže a uskladnění podložek.

Poslední kritérium, bezpečnost, má společně s cenou nejvyšší váhu.

Z párového porovnání jednotlivých variant bez klínu vychází s přehledem vítězně varianta A, modulární podložka z polypropylenu. Je to především díky tomu, že modularita sníží cenu, a zároveň usnadní manipulaci s jednotlivými částmi. Proto by i dopravníky s většími rozměry desky mohl montovat pouze jeden pracovník.

9.3.2. Podložka s klínem

I v provedení s klínem by obě varianty plnily svoji funkci, provedeme tedy jejich srovnání ze stejných hledisek jako u desek bez klínu.

Kritéria	Konstrukční řešení	Cena	Manipulace	Bezpečnost	Součet	Váha [%]
Konstrukční řešení	X	1	0	0	1	0,167
Cena	0	X	1	1	2	0,333
Manipulace	1	0	X	0	1	0,167
Bezpečnost	1	0	1	X	2	0,333

Tabulka 18 - Určení vah pro jednotlivá kritéria párového srovnání (s klínem)

Varianta	Konstrukční řešení	Cena	Manipulace	Bezpečnost
A	1	2	2	1
B	2	1	1	2
Váha [%]	0,167	0,333	0,167	0,333

Tabulka 19 - Párová srovnání koncepčních variant (s klínem)

Varianta	Konstrukční řešení	Cena	Manipulace	Bezpečnost	Součet	Pořadí
A	0,167	0,666	0,334	0,334	1,5	1
B	0,334	0,333	0,167	0,666	1,5	1

Tabulka 20 - Vyhodnocení párového srovnání koncepčních variant

Kritéria pro srovnávání jsou stejná, jako u podložky bez klínu.

Z párového porovnání jednotlivých variant nevychází žádné z řešení lépe, pro variantu A hovoří především cena a manipulace se součástmi, pro variantu B zase zachování stávajícího konstrukčního řešení a je zde vyšší koeficient bezpečnosti.

9.4. Hodnocení

9.4.1. Podložka bez klínu

Podle předchozí kapitoly se lépe jeví konstrukční řešení A. Obě zkonstruované varianty by byly schopné plnit úkol, to je zamezit průhybu dopravníkového pásu.

Při použití varianty A se bude pracovníkovi lépe manipulovat se součástmi a ušetří se čas montáže. Varianta B zde může konkurovat pouze v zachování konstrukčního řešení.

9.4.2. Podložka s klínem

Rozhodnutí mezi konstrukčními řešení u provedení s klínem je o poznání složitější. Párovým porovnáním jednotlivých variant nelze určit, které je vhodnější. U obou konstrukčních řešení by podložka zamezila průhybu pásu pod přepravovaným materiálem, tudíž by plnila funkci.

Podle mého osobního názoru by lépe posloužila varianta B, protože v podstatě pouze zachovává původní konstrukční řešení, které je historicky ověřeno, za použití jiného materiálu a zvýšení tloušťky. Pro variantu A by hovořila především modularita a s ní spojená nižší cena a lepší manipulace se součástmi a jejich uskladnění. Proti hovoří především nutnost úpravy konstrukce dopravníku.

10. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést analýzu vlastností současného konstrukčního provedení kluzné podložky pod dopravníkový pás. Dále navrhnout nové řešení a zhodnotit ho z hlediska nákladů, nosnosti a montáže.

Volba konstrukční varianty v provedení bez klínu byla naprosto jednoznačná, protože modulární řešení skládající se z několika desek z polypropylenu má oproti jednolitému kusu mnoho výhod.

U kluzné podložky s klínem nebyl jednoznačný výběr ani podle párového srovnání jednotlivých variant. Rozhodnutí zde tedy proběhlo především podle mého subjektivního zhodnocení a nemusí být vhodně zvolené.

Všechny 4 navržené konstrukční varianty by měly znamenat ekonomickou úsporu oproti původnímu řešení. U podložek z 1 kusu hlavně díky materiálu, u podložek modulárních pak také z hlediska nákladů při nákupu. Další úsporu zde představuje uchycení průmyslovým suchým zipem, který výrazně urychlí montáž.

Při vypracování práce jsem využíval zkušenosti a materiály, poskytnuté firmou Engel strojírenská s.r.o., pro kterou tato bakalářská práce bude sloužit jako podklady pro úpravu kluzné podložky.

Zdroje

- [1] *Analýza korečkového dopravníku v programu Abacus* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/4656-analyza-koreckoveho-dopravniku-v-programu-abaqus.html>
- [2] *Bubny pásových dopravníků | GTK spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <http://www.gktupesy.cz/index.php?page=bubny&language=cz>
- [3] CES Edupack 2019 (Granta Design Limited, 2019)
- [4] *Complexmania - Mass production* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://www.complexmania.com/mass-production/>
- [5] *Dopravníkové systémy v průmyslu - 1. díl* [online]. [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/dopravnikove-systemy-v-prumyslu-1-dil.html>
- [6] *Dopravníky - Agroing.cz* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <http://www.agroing.cz/dopravniky>
- [7] DRAŽAN, František, JEŘÁBEK, Karel. *Manipulace s materiálem*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1979. 04-220-79
- [8] GAŠPARÍK, Miroslav a Milan GAFF. *Manipulační a dopravní technika I*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2619-4.
- [9] NĚMEJC, Jirí. *Projektování manipulace s materiálem*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1998. ISBN 80-708-2427-1.
- [10] *Pásové dopravníky lomené | Haberkorn* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/pasove-dopravniky-lomene/#group-1-1>
- [11] *Plasty*. Sittech.com [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://www.sittech.cz/plasty>
- [12] *Polyacetal POM. TEN ART - TECHNICKÉ PLASTY* [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://tenart.cz/technicke-plasty/produkty/polyacetal-pom/>
- [13] *Polypropylen. TITAN - Multiplast s.r.o.* [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: https://www.titan-multiplast.cz/ir/storage/titan_CatalogueModule-Cards/PP
- [14] *SJ 3550 Samolepící suchý zip 3M DUAL-LOCK. 3M autorizovaný distributor* [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://shop.arango.cz/cz-detail-1107901-sj-3550-samolepici-suchy-zip-3m-dual-lock-sire-12mm-cena-za-1-bezny-metr-cerny.html>
- [15] *Stroje na vstřikování plastů ENGEL* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.engelglobal.com/cs/cz.html>
- [16] *TEKNAMOTOR - Vibrační dopravník* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <http://www.teknamotor.cz/nabidka-details/38-vibra-n-dopravn-k.html>
- [17] *The History of Conveyors - Product Handling Concepts* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://www.phcfirst.com/words-in-motion/2014/6/30/the-history-of-conveyors>
- [18] *The World's Longest Conveyor Belt System Can Be Seen From Space* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://gizmodo.com/the-worlds-longest-conveyor-belt-system-can-be-seen-fro-1566742063>

Seznam příloh

Příloha č.1 – CD s CAD daty