



**FAKULTA
ŠROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh automatické plnicí linky pro
potravinářský průmysl**

**Design of the Automatic Filling Line for the
Food Industry**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Milan FIALA

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Jan Hoidekr, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Fiala** Jméno: **Milan** Osobní číslo: **495461**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh automatické plnicí linky pro potravinářský průmysl

Název bakalářské práce anglicky:

Design of the Automatic Filling Line for the Food Industry

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši dopravních systémů v potravinářském průmyslu se zaměřením na řetězové dopravníky.
2. Navrhnete konstrukci plnicí linky kapslí dle zadaných parametrů a vytvořte 3D model ve zvoleném CAD softwaru.
3. Proveďte návrhové výpočty linky, vybrané konstrukční uzly pevnostně zkontrolujte.
4. Vytipujte a popište potřebnou senzorku a pohony navrženého řešení.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spojce a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.
- [2] Joseph E. Shigley: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [3] FREDERICK E. GIESECKE. Technical Drawing with Engineering Graphics. 2014. Pearson New International Edition. ISBN 13: 9781292026183.
- [4] Katalogy výrobců.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jan Holdekr, Ph.D. ústav konstruování a částí strojů FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **11.04.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **05.08.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Jan Holdekr, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

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

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen 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 studenta

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Návrh automatické plnicí linky pro potravinářský průmysl“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hoidekra, Ph.D. s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Milan Fiala

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Hoidekrovi, Ph.D. za všechny jeho cenné rady, odborné vedení a čas, který si na mě udělal, když jsem potřeboval konzultovat. Také bych chtěl poděkovat Ing. Davidu Skalickému za pomoc při výběru sensoriky.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Milan FIALA
Název BP:	Návrh automatické plnicí linky pro potravinářský průmysl
Anglický název:	Design of the Automatic Filling Line for the Food Industry
Rok:	2023
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojího inženýrství
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Jan Hoidekr, Ph.D.
Konzultant:	Ing. David Skalický
Bibliografické údaje:	počet stran 56 počet obrázků 60 počet tabulek 2 počet příloh 1
Klíčová slova:	Balení sypkých potravin, balící linka, řetězový dopravník, plnicí linka
Keywords:	bulk food packaging, packaging line, chain conveyor, filling line
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá se v první části zabývá rešerší dopravníků. Zaměřuje se zde na vlastnosti dopravníků, výhody a nevýhody jejich použití. Ve druhé části práce obsahuje popis návrhu balící linky, krok po kroku jsou tu vysvětleny postupy návrhů jednotlivých funkčních uzlů linky.
Abstract:	The bachelor thesis deals with the research of conveyors. It is focussed on the characteristics of conveyors, the advantages and disadvantages of their use. The second part of the work contains a description of the design of the packaging line, step by step the procedures for the design of individual functional nodes of the line are explained.

Obsah

1. Úvod	1
1.1. Úvod do problematiky	1
1.2. MIWA Technologies	1
1.3. Cíle práce	3
2. Teoretická část	5
2.1. Pásový dopravník	5
2.2. Řetězový dopravník	6
2.3. Válečkový dopravník	6
2.4. Vibrační dopravník	7
2.5. Šnekový dopravník	8
2.6. Závěr řešerše	8
3. Návrh plnicí linky	9
3.1. Koncepční řešení	9
3.2. Řetězový dopravník	10
3.2.1. Unašeče a řetěz	11
3.2.2. Konstrukce dopravníku	13
3.2.3. Návrhové výpočty	15
3.2.3.1. Výkon pohonu dopravníku	15
3.2.3.2. Spojení hřídele a ozubeného kola	18
3.2.4. Výběr motoru	19
3.2.5. Výběr brzdy	20
4. Detailní popis konstrukce linky	21
4.1. Zakládání kapslí	22
4.2. Zakládání víček	23
4.2.1. Zásobník víček	23
4.2.2. Mechanismus zakládání víček	25
4.3. Otevírání pouche	27
4.4. Stanice zatlačování	29
4.4.1. Kuželka	30
4.4.2. Konstrukce stanoviště	30
4.5. Stanice plnění	31
4.5.1. Konstrukce mezinásypky	32
4.5.2. Uzávěr tubusu	33
4.5.2.1. Šoupátkový uzávěr	33
4.5.2.2. Rotační uzávěr	34
4.5.3. Tubus	36
4.5.4. Kontrolní vážení obsahu kapsle	36
4.5.5. Proces demontáže	38
4.5.6. Vibrátor	38
4.6. Stanice zatavování	39
4.6.1. Zatavení	40
4.6.2. Srovnání pouche	41

4.7. Senzory	42
4.7.1. Stanoviště zakládání.....	42
4.7.2. Stanoviště zatlačování.....	43
4.7.3. Stanoviště plnění.....	44
4.7.4. Stanoviště zatavování.....	44
5. Závěr.....	45

SEZNAM ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Význam
y_t	[mm]	výška těžiště naplněné kapsle
y_{ti}	[mm]	výška těžiště jednotlivých částí naplněné kapsle
m	[kg]	hmotnost naplněné kapsle
m_i	[kg]	hmotnosti jednotlivých součástí naplněné kapsle
ρ	[kg/m ³]	hustota hladké mouky
V	[m ³]	objem potravin v kapsli
a_{max}	[m/s ²]	maximální zrychlení kapsle při kterém nedojde k jejímu převržení
F_t	[N]	třecí síla působící na řetěz dopravníku
F_n	[N]	síla působící na řetěz ve směru normálovém k ploše po které se pohybuje
μ	[-]	koeficient smykového tření
m_c	[kg]	celková hmotnost řetězu dopravníku a částí k němu připojených
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
a	[m/s ²]	zvolené zrychlení dopravníku
F_a	[N]	síla potřebná ke způsobení zvoleného zrychlení dopravníku
P_{min}	[W]	minimální výkon pohonu dopravníku
v	[m/s]	rychlost dopravníku
η	[-]	účinnost řetězového převodu
n	[ot/min]	otáčky pohonu při rychlosti 1,5 m/s
d	[m]	průměr hřídele přenášející výkon z pohonu dopravníku na řetězová kola
F	[N]	síla působící na bok pera
D	[m]	roztečný průměr řetězového kola
p	[N/mm ²]	kontaktní tlak působící na pero
l	[m]	délka pera
t_1	[m]	hloubka drážky pro pero ve hřídeli
p_v	[bar]	tlak vzduchu zajišťujícího výkon pohonu dopravníku

1. Úvod

1.1. Úvod do problematiky

Používání plastových obalů potravin představuje v dnešní společnosti velký problém. Plastové obaly jsou vyráběny za vynaložení nemalého množství energie a neobnovitelných zdrojů. Tyto obaly snáze splňují hygienické požadavky, a velmi dobře chrání potraviny před vnějšími vlivy, ale jsou používány převážně kvůli marketingovým účelům, levné výrobě a nižší ceně na transport a nižší váze oproti jiným recyklovatelnějším alternativám. Navzdory těmto aspektům z ekologického hlediska převažují značné nevýhody. Plastové obaly často končí v přírodě a mají velmi dlouhou dobu rozkladu, během které se rozkládají na mikroplasty, jež mají negativní vliv na lidské zdraví. Recyklace je příliš složitá a množství plastového odpadu je tak velké, že převážná většina plastových obalů zůstane nerecyklována. [1]

Bezobalový prodej potravin představuje udržitelnější alternativu, která snižuje množství plastového odpadu a šetrněji nakládá s přírodními zdroji. Zákazník do obchodu přijde s vlastním obalem, nebo si v obchodě může půjčit, či zakoupit recyklovatelný obal. Nabere si přesné množství potravin, jaké potřebuje a využije, a potenciálně se tak sníží počet vyhazovaného zkaženého jídla. Při balení velkého množství potravin za účelem dopravy do prodejen tak může klesnout cena, a zároveň bude jednoduché požadovat po obchodech nebo přímo po dodavatelích potravin, aby se zbylými obaly po vyprodání potraviny nakládali ekologicky. [1]

V tuto chvíli je většina bezobalového prodeje prováděna v malých obchůdkách. Ve velkých řetězcích, které dominují prodeji potravin, se bez obalu dá koupit jen ovoce, pečivo a některé druhy ořechů. Obchody navíc v mnoha případech nenabízí alternativu k mikrotenovým sáčkům a do vlastní nádoby se nedají koupit potraviny jako mouka, cukr, nebo müsli, přestože by to nebylo obtížné zajistit.

1.2. MIWA Technologies

Firma *MIWA Technologies* se zabývá dodávkami bezobalových technologií, svou činností usiluje o snížení množství odpadu a negativního dopadu používání plastových a jiných obalů na životní prostředí. Toho se chce docílit rozšířením bezobalového prodeje i do běžných supermarketů. Tím poskytuje zákazníkům možnost nakupovat a konzumovat potraviny bez použití tradičních obalů. Podporuje udržitelnou spotřebu a minimalizuje plýtvání zdroji tím, že zákazníkům umožňuje nakupovat přesně tolik, kolik potřebují, a zároveň snižuje negativní dopady na životní prostředí spojené s výrobou, přepravou a likvidací obalů. [2]

V současnosti má *MIWA* několik produktů, v jejichž středu je dvanáctilitrová znovupoužitelná kapsle. Ta slouží k dopravě potravin od dodavatele do obchodu. Kompletní kapsle se skládá ze čtyř separátních částí. [2]

- Tělo kapsle
- Pouch
- Víčko pouche
- Víko kapsle

Tělo kapsle je znovupoužitelná plastová nádoba, jejímž účelem je ochránit pouch během přepravy a prodeje před mechanickým poškozením a potraviny před světlem. Tato část nepřichází do kontaktu s potravinou. Pouch je tenký a průhledný plastový film, který v sobě drží potraviny. Na jeho spodním konci se nachází malý pevný kus, kterým ho připevníme ke kapsli. Tento díl je zaslepen tenkou fólií, jež spolu se svarem filmu na horní části pouche zajišťuje oddělení potraviny od vnějšího prostředí. Víčko pouche je malá plastová krytka chránící fólii ve spodní části pouche. Připevňujeme ho na pouch po zacvaknutí pouche do těla kapsle. Víko kapsle uzavírá shora tělo kapsle.



Obr. 1.: Foto těla kapsle, víčka kapsle, pouche a víčka pouche



Obr. 2.: Detail modelu víčka pouche

V současnosti se kapsle *MIWA* nacházejí v jen pár desítkách obchodů, v Praze je to například v hypermarketu Albert v OC Westfield Chodov. Kapsle jsou upevněny v jednom bloku, ze které jsou obsluhou snadno odnímatelné. Potraviny lze z kapsle sypat pomocí chytrého ventilu od firmy *MIWA* buďto do papírového pytlíku, nebo vlastní nádoby. Právě tento blok v OC Westfield Chodov je vidět na následujícím obrázku. [2]



Obr. 3.: Systém kapslí v Albertu na Chodově

Nynější proces vypadá tak, že pracovník zacvakne pouč do těla kapsle, připevní víčko ke spodku pouče z vnější strany dna kapsle a naplní pouč. Během plnění zároveň váží obsah pouče. Po naplnění zaznamená váhu na RFID čip zabudovaný ve dně kapsle, zataví pouč, a nakonec zavře kapsli víkem. Takto připravená kapsle může být poslána do prodeje.

1.3. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je zkonstruovat prototyp balící linky zadané firmou MIWA. Ta by měla zautomatizovat proces plnění znovupoužitelných kapslí, jež jsou následně distribuovány nejen do bezobalových obchodů, ale i do supermarketů, které lze najít v každém městě. Tento prototyp bude v budoucnu sestaven a testován, to už ale není zahrnuto v rámci této bakalářské práce. Právě automatizací procesu lze dosáhnout kapacity, při které se zlevní balení potravin a následná implementace se vyplatí jak pro výrobce potravin, tak pro samotné obchody. Další požadavky firmy byly následující.

- Jedním z hlavních požadavků firmy je minimální dopad na životní prostředí. Linka by tedy neměla ideálně generovat žádný zbytečný obalový odpad.
- Navržené zařízení musí odpovídat standardům pro potravinářský průmysl.
- Kapsle jsou plněny jemnou sypkou směsí (mouky), drobnou směsí (těstoviny), případně granulovanou směsí (krmiva pro domácí zvířata).
- Linka by měla zvládnout naplnit 300 kapslí za hodinu.
- V rámci linky dojde k naplnění a kompletaci kapsle.
- Do kapsle je potřeba nasypat přesně odměřenou a zváženou dávku. Váha bude přiřazena k RFID čipu, který se nachází v každé kapsli.



- Při samotném plnění musí kapsle vibrovat.
- Po naplnění kapsle dojde k automatickému zavaření „pouche“. K zavíčkování kapslí dochází ručně po kontrole obsluhy.
- Kapacita zásobníků linky je pro dávku 30 kapslí.
- Důraz musí být kladen na snadné čištění mechanismu – např. při plnění alergenních surovin (např. ořechy apod.), kdy v dalším cyklu dochází ke změně směsi.

Při celém návrhu je tedy třeba myslet na to, že se pracuje s potravinami, takže by vše mělo být vyrobeno z nerezové oceli, v krajním případě z hliníku, a všechny vybrané motory a lineární pohony musí být certifikovány k použití v potravinářském průmyslu. Kapsle se budou plnit sypkými produkty, tedy od oříšků přes müsli až po mouku. Některé z těchto surovin, jako například mouka, jsou velice prašné a v takovémto prostředí mohou vznikat velice snadno požáry, či může dojít k výbuchu. Je proto nezbytné pokusit se co nejvíce snížit prášení vybráním vhodného mechanismu plnění. Pokud by se u prototypu ukázalo, že i přesto dochází k přílišnému prášení, je možné instalovat průmyslové vysavače, které jsou právě pro tyto účely určeny.

Tým firmy *MIWA Technologies*, který má tento projekt na starosti, rozhodoval mezi elektrickými a pneumatickými lineárními pohony. Nakonec se na základě srovnání cen, které jim bylo dodáno, rozhodli pro lineární pohony pneumatické. Proto bylo rozhodnuto, že co nejvíce pohonů bude pneumatických, když už bude zaveden rozvod stlačeného vzduchu.

2. Teoretická část

Různých konstrukcí a typů dopravníků existuje mnoho, zde je vypsáno několik informací a vlastností vybraných z těch, které by mohly být vhodné pro přepravování, ať už kapslí, nebo plniva (mouka, cukr, müsli atd.)

2.1. Pásový dopravník

Pásový dopravník je jedním z nejrozšířenějších typů dopravníků v průmyslovém prostředí. Jeho základním prvkem je pás, který je poháněn jedním, nebo více válečky a posouvá materiál po definované trase. Pás se obvykle vyrábí z pryže, jež snese zatížení a opotřebení. [3]



Obr. 4.: Příklad pásového dopravníku

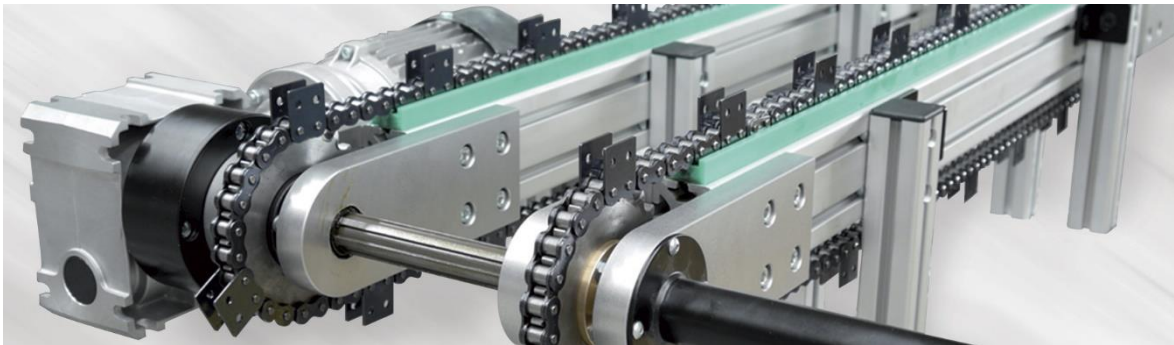
Pásový dopravník je vhodný jak pro přepravu sypkých materiálů, tak i jednotlivých kusů. Je schopen přenášet materiály horizontálně, ale dá se použít i k přepravování materiálu pod úhlem ve vertikálním směru. Pásový dopravník se nejčastěji vybavuje elektrickým pohonem. Rychlost dopravníku se dá jednoduše regulovat, ale přesná poloha kusových materiálů se nedá stoprocentně zajistit. [3] [4]

Díky své všestrannosti se pásový dopravník využívá v odvětvích od těžby, přes zpracování potravin až po logistickou přepravu ve skladech. [3]

2.2. Řetězový dopravník

Tento dopravník využívá pro přenos výkonu podél dopravníku válečkový řetěz. Řetězy jsou upravovány tak, aby na jednotlivé články bylo možné upevnit unašeče, které slouží k připevnění materiálu. Řetězové dopravníky jsou vhodné pro přepravu kusových materiálů. Další možností unášení materiálu je pomocí háků, jež se zachytí za válečky řetězu a přenáší sílu například na paletu. Je použitelný i pro přepravu těžkých materiálů, jako jsou ocelové tyče, těžké stroje nebo vozíky. Připevněním vozíku nebo korečků lze přepravovat i sypké materiály. [3] [5]

Hlavní výhodou řetězových dopravníků je jejich schopnost přenášet těžké a objemné materiály s vysokou spolehlivostí. V závislosti na provedení unašeče lze i poměrně přesně zajistit polohu materiálu. [3]



Obr. 5.: Příklad řetězového dopravníku

Řetězové dopravníky jsou využívány v široké škále průmyslových odvětví, včetně metalurgie, těžebního průmyslu, výroby automobilů a těžkého průmyslu. Poskytují spolehlivou a efektivní přepravu materiálu jak horizontálně, tak i vertikálně za poměrně nízkých rychlostí při srovnání například s pásovým dopravníkem.

2.3. Válečkový dopravník

Válečkový dopravník využívá válečky umístěné kolmo na směr dopravy materiálu. Dopravník je určen na přepravu větších kusů materiálu. Například pro sypký materiál je naprosto nevhodný. Pohon může být zajištěn buďto gravitačně, v tom případě je dopravník mírně sklopen ve směru pohybu materiálu a válečky nejsou nijak poháněny. V případech, kdy není možné použít sklon, nebo je požadováno alespoň částečně řídit rychlost, je možné použít poháněný válečkový dopravník. Na boku válečků například může vést řemen, který je bude přes řemenové kolo pohánět. [3]



Obr. 6.: Příklad válečkového dopravníku

Válečkové dopravníky jsou cenově dostupné a snadno se instalují a udržují. Díky pohyblivým válečkům poskytují hladký a tichý pohyb materiálu. Jsou energeticky úsporné a mohou být snadno přizpůsobeny pro modulární použití. Válečkové dopravníky jsou často používány v distribučních centrech, skladech a montážních nebo balících linkách. [3] [4]

2.4. Vibrační dopravník

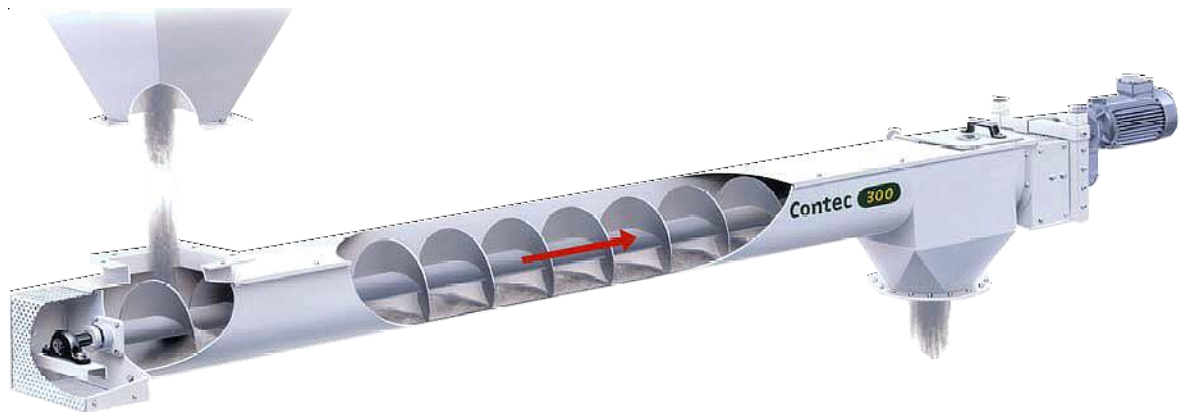
Vibrační dopravník je speciální typ dopravníku, který využívá vibrace k přepravě materiálu. Dopravník je vybaven vibrátory nebo vibračními motory, které generují oscilující pohyb, který posouvá materiál po trase. [3]

Vibrační dopravníky se hodí k přepravě volně ležícího, hrudkovitého nebo nepravidelného materiálu, jako jsou dřevoštěpka, stavební sutě, písek nebo zrna, ale i menšího kusového materiálu. Vibrace pomáhají odstraňovat přilnavost a usnadňují pohyb materiálu po trase dopravníku. [3]

Vibrační dopravníky jsou hojně využívány v potravinářském průmyslu, farmaceutickém průmyslu, těžebním průmyslu a recyklaci. Poskytují efektivní a spolehlivou přepravu materiálu a mohou být přizpůsobeny různým požadavkům a specifikacím. Mohou i například zajistit správnou orientaci kusového materiálu před vstupem na linku. [3]

2.5. Šnekový dopravník

Hlavní součástí šnekového dopravníku je šneková spirála, která vlivem rotace posouvá materiál buď v trubici, nebo v jakémsi částečně otevřeném kanálu. Dopravník je určen pro sypký materiál a hojně se používá v potravinářském průmyslu k přepravě mouky, cukru, obilí atd. [3] [6]



Obr. 7.: Příklad šnekového dopravníku

Dopravník dokáže přepravovat materiál i do poměrně strmého kopce a největší výhodou je, že je zde možné dosáhnout přesné regulace množství přepravovaného materiálu. [3]

2.6. Závěr rešerše

Dopravníky se na lince budou nacházet dva. První bude fungovat jako zásobník kapslí. Na něj bude obsluha skládat kapsle, těch se tam vejde 30. Tento dopravník nemusí být velmi rychlý, protože má více než deset sekund na posun kapsle o 250 mm. Také není potřeba, aby kapsle na tomto dopravníku měly přesně určenou polohu, stačí, když bude dobře regulovatelné, kdy dopravníku kapsle sjede. Z těchto důvodů by bylo nejlepší použít buď válečkový nebo pásový dopravník. Konkrétní výběr je rozebrán v podkapitole 4.1.

Druhý dopravník bude už kapsle posouvat mezi stanovišti. U toho je požadováno, aby dokázal kapsli přesně napolohovat na místo, kde budou prováděny úkony stanoviště. Dalším požadavkem je ale i rychlost, aby mezi stanovišti nebyl časově příliš dlouhý přesun a aby bylo možné dosáhnout požadované produkce linky 300 kapslí za hodinu. Na rychlost se ovšem váže zrychlení, a s tím souvisí fakt, že je potřeba, aby kapsle měla dostatečnou oporu a nepřevrhla se. Těžiště bude mít poměrně vysoko a základnu ne velkou. Kapsle proto bude muset po hlavním dopravníku cestovat podél své dlouhé strany, nikoli naopak. Pro tyto účely nejlépe poslouží dopravník řetězový, který zaručuje přesné polohování a možnost připevnění unašečů sloužících ke stabilizaci kapsle.

3. Návrh plnicí linky

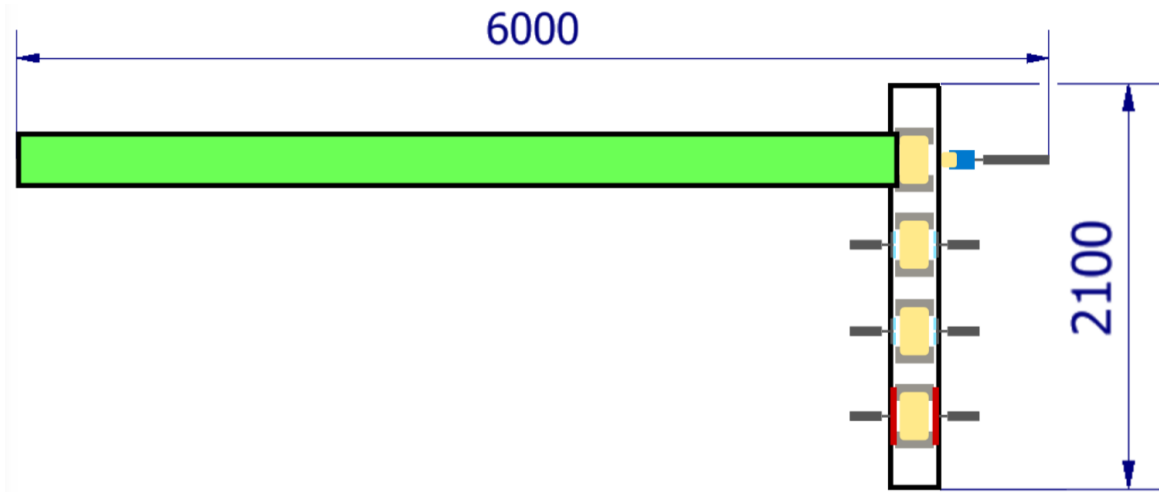
3.1. Konceptní řešení

Linka musí zvládnout naplnit 300 kapslí za hodinu. To odpovídá jedné kapsli každých 12 sekund (dále jen „cyklus“), a protože proces obsahuje velké množství kroků a provedení všech za jeden cyklus není možné, bude linka rozdělena na následující čtyři stanoviště. Tím bude docíleno toho, že čas na každou individuální kapsli bude 48 sekund (čtyři cykly).



Obr. 8.: Schéma stanovišť linky

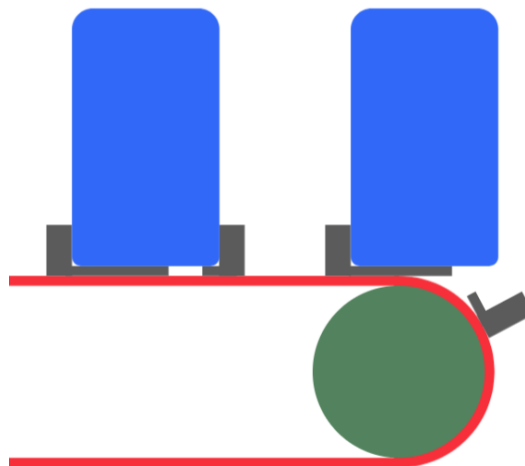
Stanoviště musí mít logickou návaznost, tedy nejprve kapsli sestavíme, na to jsou vyhrazena dvě stanoviště, následně kapsli naplníme, a nakonec hermeticky uzavřeme. Na každém z těchto čtyř stanovišť stráví kapsle jeden cyklus. Za tento cyklus je potřeba, aby linka stihla všechny úkoly, ke kterým je stanoviště určeno, těmi jsou u stanoviště Sestavování č.1 založení kapsle a založení víčka. U sestavování č.2 je potřeba nejprve otevřít pouch a následně ho zacvaknout do kapsle a víčka. Na stanovišti Plnění kapsle je otevřen pouch, změřena váha potravin v mezinásypce, pojezd tubusu do kapsle, otevření uzávěru tubusu, a nakonec pojezd kapsle vzhůru, při kterém se za vibrací kapsle plní potravinou. Na stanovišti se kapsle zastaví, provede se úkon a pojede dál. Směr pohybu kapslí a sled operací na stanovištích je na schématu naznačen modrými šipkami. Mezi stanovišti je bude přepravovat dopravník, který zajistí i to, aby se kapsle zastavila v přesné poloze potřebné pro plnění úkonu. Stanoviště budou umístěna co možná nejbližší u sebe, abychom ušetřili místo i zkrátili dobu potřebnou na přesun kapslí z jednoho stanoviště na druhé.



Obr. 9.: Zástavbové schéma linky

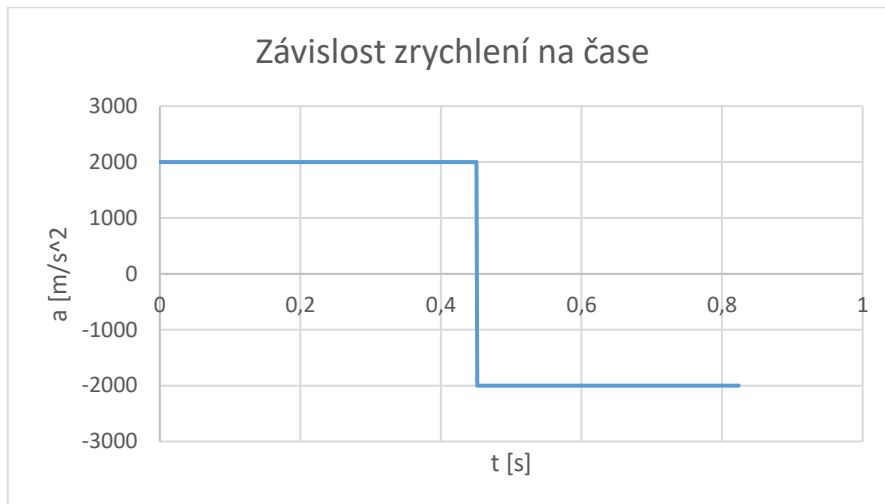
3.2. Řetězový dopravník

Jako hlavní dopravník je nejvhodnější řetězový dopravník s unašeči, do kterých budou kapsle zasazeny, aby byla zajištěna jejich stabilita. Tento typ dopravníku byl vybrán pro jeho možnost přesnosti polohy a zároveň přesné dodržování rozstupů mezi kapslemi. Dopravník pojedí 1,5 sekundy a pak se na 10,5 sekundy zastaví, když budou všechny kapsle na místě. [3] [5]

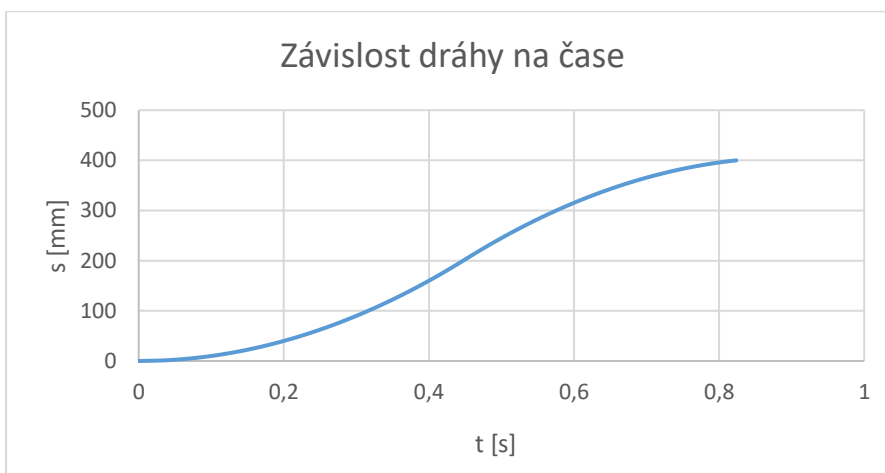


Obr. 10.: Schéma konce dopravníku

Na obrázku je zobrazeno schéma konce dopravníku. Červeně je na něm naznačen řetěz, zeleně řetězové kolo, modře kapsle a šedě unašeče, které jsou dvojího druhu. Ve chvíli, kdy se pravý unašeč na konci dopravníku sklopí, je potřeba, aby pod kapslí byla zajištěna dostatečná podstava, než se kapsle dostane na mimo linku, kde bude převzata obsluhou. Proto je levý unašeč navrhnout s prodlouženým dnem.



Obr. 11.: Obrázek grafu závislosti zrychlení na čase



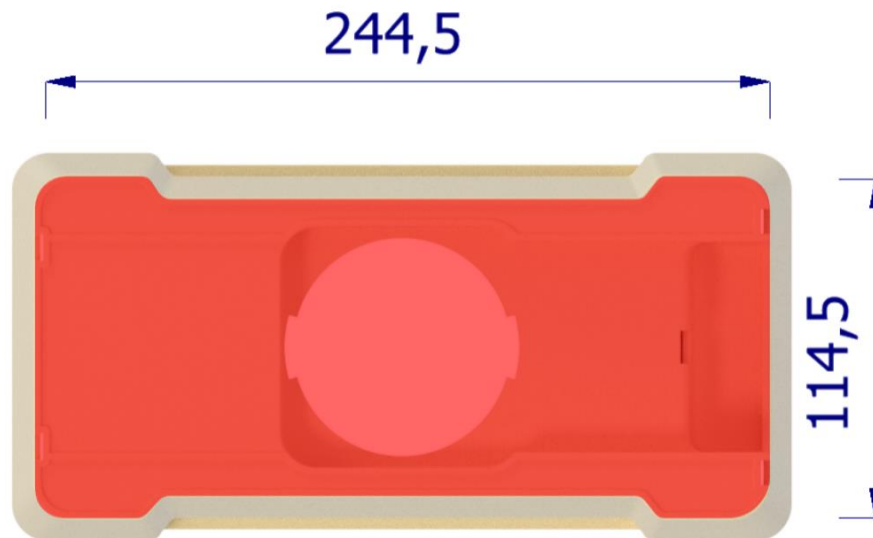
Obr. 12.: Obrázek grafu závislosti dráhy na čase

Časy v grafech začínají koncem stanoviště a jsou ukončeny ve chvíli, kdy je započata operace na následujícím. Lze z nich vyčíst zrychlení, které vychází 2 m/s, také z nich lze vyčíst čas, za který unašeče urazí vzdálenost jedné rozteče mezi unašeči $t_r = 0,9$ s. Podrobný výpočet zrychlení se nachází v podkapitole 3.2.3.1. Při návrhu řetězového dopravníku je potřeba vyřešit následující dílčí problémy:

- Výběr řetězu
- Konstrukce unašeče
- Konstrukce dopravníku
- Pohon dopravníku
- Brzda dopravníku
- Spojení mezi řetězovými koly a hřídelemi

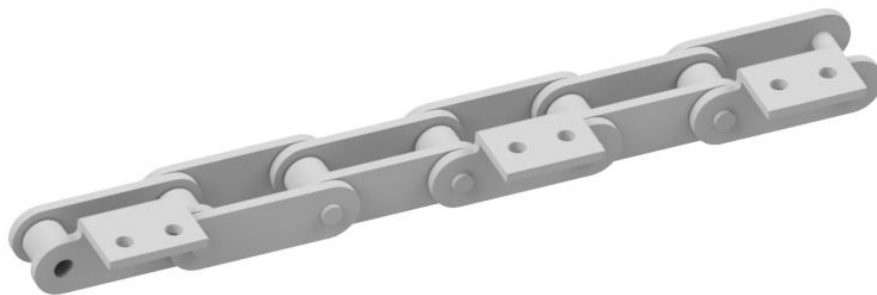
3.2.1. Unašeče a řetěz

Kapsle v místě dna měří 244,5 mm na délku a 114,5 mm na šířku viz. obrázek, dno je zde vyznačeno červeně. Stěna kapsle s podstavou svírá úhel 91°. Úhel stěny unašeče je stejný, ale délka je 244,8 mm a šířka 114,8 mm.

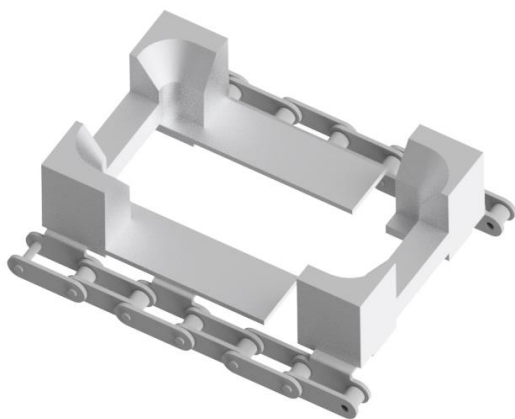


Obr. 13.: Obrázek kapsle s rozměry dna

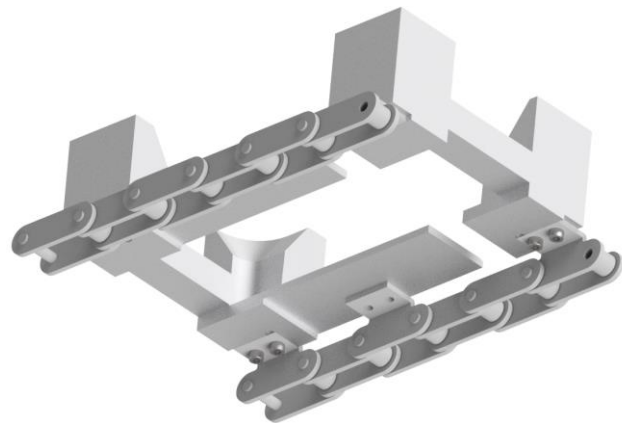
Unašeče budou připevněny k modifikovanému řetězu, jenž je uzpůsoben pro podobné aplikace. Dva krajní modifikované články s děrovaným plíškem slouží k upevnění unašečů, které k nim budou přišroubovány, ale prostřední modifikovaný řetězový článek slouží jako podpora pro unašeč s prodlouženým dnem. To proto, aby unašeč, na kterém kapsle leží na konci dopravníku, nebyl přílišně namáhán a měl přídatnou podporu. Unašeče mají vespod vyfrézovanou drážku, do níž přesně zapadnou plíšky řetězu. Tak je při sestavení zajištěna přesná poloha.



Obr. 14.: Pohled na řetěz s třemi modifikovanými články



Obr. 15.: Pohled shora na navržený přípravek unašeče zvoleného řetězu



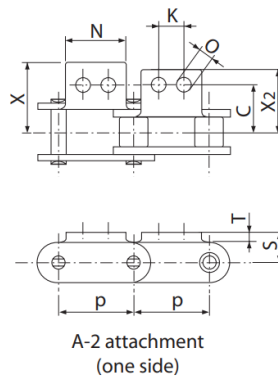
Obr. 16.: Pohled ze spodu na navržený přípravek unašeče zvoleného řetězu

Na obrázcích je vidět, jak je prodloužený unašeč opřen o prostřední modifikovaný článek, ale není k němu napevno přišroubován.

Řetěz byl vybrán jednořadý s roztečí 50,8 mm od firmy *Tsubaki* s unašečem značeným A2. [7]

Tab. 1.: Rozměry řetězu z katalogu *Tsubaki*

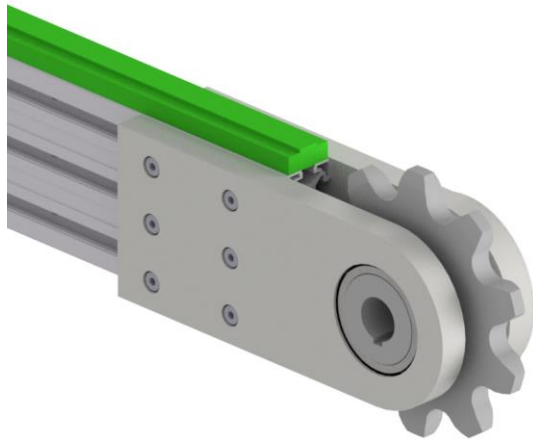
Řetěz	Rozteč p		Vnitřní šířka b1	Váleček	
				S-pouzdro d1	R-váleček d4
RF2040	25.40	1"	7.95	7.92	15.88
RF2050	31.75	1 1/4"	9.53	10.16	19.05
RF2060	38.10	1 1/2"	12.70	11.91	22.23
RF2080	50.80	1"	15.88	15.88	28.58



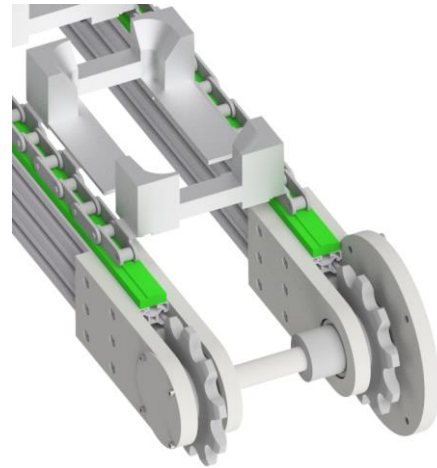
Obr. 17.: Popis uchycení řetězu

3.2.2. Konstrukce dopravníku

Řetěz bude usazen na plastovém vedení, čímž se zabrání jeho vybočení. Takové vyrábí například firma *Haberkorn*, která jej dělá v rozměrech na zakázku. Toto vedení je připevněno k hliníkovému profilu 40x160 mm s drážkou 10 mm od firmy *Alutec*. Tento profil je použit jako hlavní konstrukční prvek dopravníku. Na koncích profilu jsou připevněny bočnice domečků, ve kterých jsou uložena ložiska. V ložiscích je uloženo řetězové kolo, též od firmy *Haberkorn*. [5] [4]



Obr. 18.: Domeček řetězového kola



Obr. 19.: Dvojice domečků propojená hřídelí

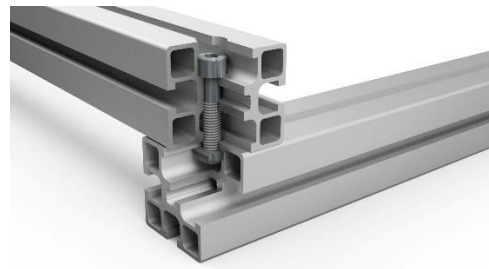
Takové kusy se postaví vedle sebe dva. Spojí se stejnými profily 40 mm x 160 mm, ze kterých jsou vyrobeny. [3] [4]

Při cestě zpátky se řetěz bude pohybovat opět ve vedení připevněném zespod dopravníku na profilu rovnoramenném L z konstrukční oceli válcované za tepla, ČSN 42 5541 25x25x4 od *Ferony*. [8]

Tato konstrukce stojí na nohou z profilu 80 x 80 mm s drážkou 10 mm a každá součást linky je určitým rozebíratelným spojem připojena k tomuto řetězovému dopravníku. Ke spojování hliníkových profilů se zde používá buďto pravouhlá spojka, šroub zavrtaný do čela profilu, nebo svěrný spoj formou T-maticí, nebo T-šroubem. [4]

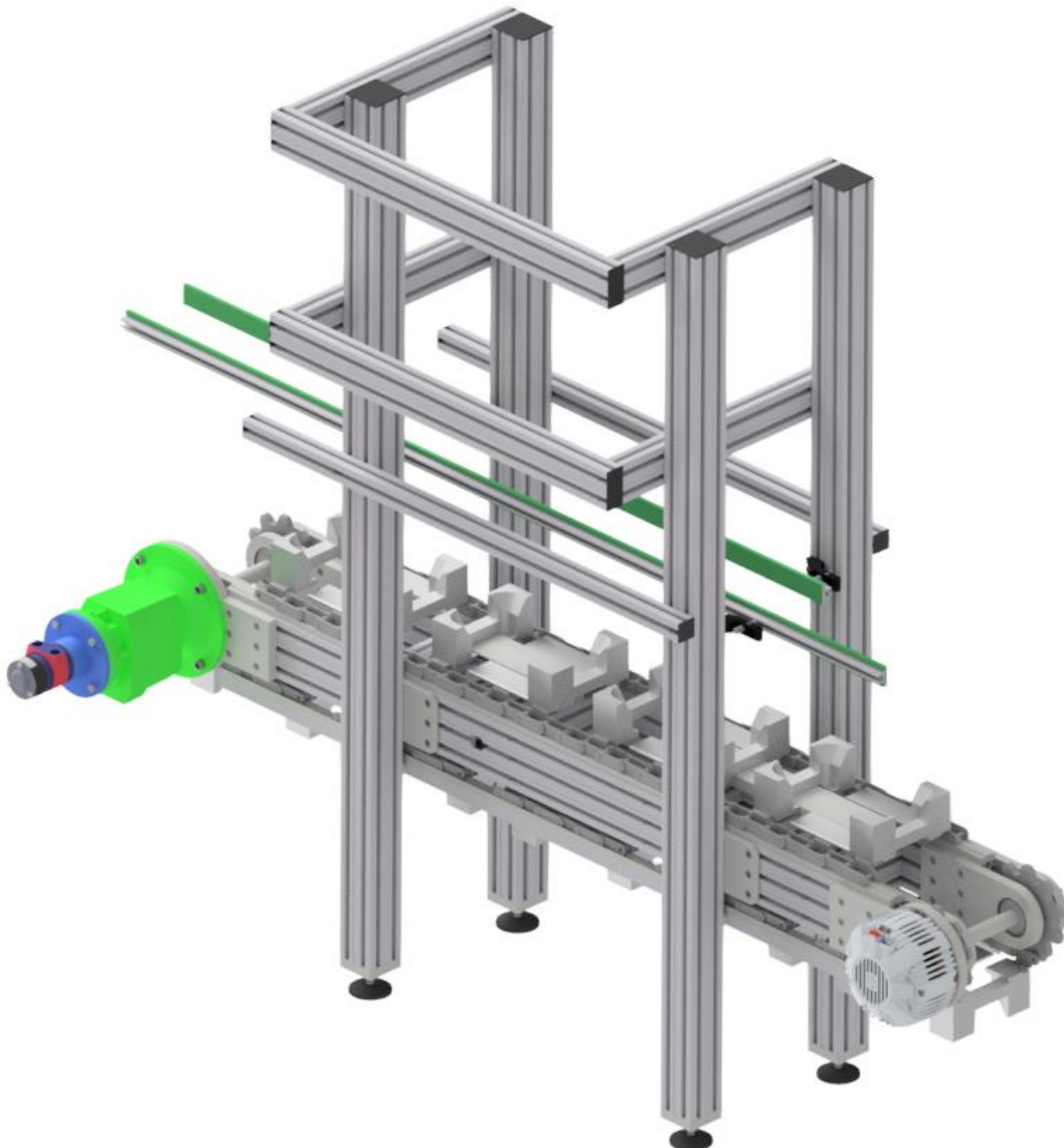


Obr. 20.: Spojení dlouhým šroubem



Obr. 21.: Spojení T-maticí šroubem

Takto vypadá kompletní konstrukční návrh řetězového dopravníku s připevněným motorem a brzdou. Dopravník má čtyři nohy, vodící lišty podél celé dráhy kapsle a přídatnou konstrukci pro připevnění jednotlivých pracovních stanic.



Obr. 22.: Komplet řetězového dopravníku s konstrukcí na připojení pracovních stanic

3.2.3. Návrhové výpočty

3.2.3.1. Výkon pohonu dopravníku

Nejprve, ještě před návrhem samotného výkonu, bude potřeba zjistit maximální možné zrychlení kapsle před tím, než dojde k jejímu překocení. Pro tento výpočet je nejprve potřeba znát výšku těžiště od podstavy. Zjistit výšku těžiště z modelu kapsle v inventuru není tak obtížné. Poloha těžiště nad podstavou je 171 mm, což je přibližně ve dvou pětinách výšky kapsle, v blízkosti dna kapsle se nachází více materiálu než v horní části. Problém je v tom, že při naplnění kapsle potravinou se poloha těžiště kapsle značně zvýší. To je zapříčiněno tím, že jsou stěny kapsle zkosené a také tím, že kapsle potravinou není plněna úplně od podstavy, ale od hladiny, která je dána vnitřním dnem. Dno je od podstavy vyvýšeno o 50 mm. Protože je tvar kapsle příliš složitý na to, aby bylo těžiště obsahu jednoduše vypočítáno, byla potravinou nahrazena tělesem připomínajícím komolý

jehlan. Dno má rozměry 100 x 241 mm, výška 350 mm, ale úhel sklonu všech stěn je 1°. Všechny stěny se tedy nesbíhají v jednom bodě a nejde o komolý jehlan. Těžiště tohoto tělesa je už ale mnohem jednodušší na výpočet.

$$y_t = \frac{\sum_i y_{ti} \cdot m_i}{m} \quad (1)$$

Pro výpočet těžiště převedeme tuto rovnici na integrál:

$$y_p = \frac{\int \rho \cdot y \cdot dV}{\int \rho \cdot dV} = \frac{\int \rho \cdot y \cdot S \cdot dy}{\int \rho \cdot S \cdot dy} = \left|_{S=a_0+y \cdot \tan 2}^{S=a \cdot b} \right| \quad (2)$$

$$y_p = \frac{\int_0^h y \cdot (a_0 \cdot b_0 + a_0 \cdot y \cdot \tan 2 + b_0 \cdot y \cdot \tan 2 + y^2 \cdot \tan^2 2) \cdot dy}{\int_0^h (a_0 \cdot b_0 + a_0 \cdot y \cdot \tan 2 + b_0 \cdot y \cdot \tan 2 + y^2 \cdot \tan^2 2) \cdot dy} \quad (3)$$

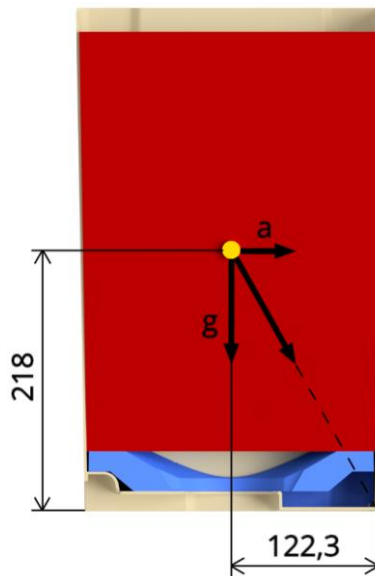
$$y_p = \frac{\left(a_0 \cdot b_0 \cdot \frac{h^2}{2} + a_0 \cdot \frac{h^3}{3} \cdot \tan 2 + b_0 \cdot \frac{h^3}{3} \cdot \tan 2 + \frac{h^4}{4} \cdot \tan^2 2 \right)}{\left(a_0 \cdot b_0 \cdot h + a_0 \cdot \frac{h^2}{2} \cdot \tan 2 + b_0 \cdot \frac{h^2}{2} \cdot \tan 2 + \frac{h^3}{3} \cdot \tan^2 2 \right)} \quad (4)$$

$$y_p = \frac{6(6 \cdot a_0 \cdot b_0 \cdot h + 4 \cdot a_0 \cdot h^2 \cdot \tan 2 + 4 \cdot b_0 \cdot h^2 \cdot \tan 2 + 3 \cdot h^3 \cdot \tan^2 2)}{12 \cdot (6 \cdot a_0 \cdot b_0 + 3 \cdot a_0 \cdot h \cdot \tan 2 + 3 \cdot b_0 \cdot h \cdot \tan 2 + 2 \cdot h^2 \cdot \tan^2 2)} = \frac{(0,0566)}{2 \cdot (0,1574)} = 0,1798 \text{ m} \quad (5)$$

Toto tedy je poloha těžiště potraviny od vnitřního dna kapsle, poloha těžiště vztažená k podstavě kapsle je 229,8 mm a hmotnost potraviny je 10 kg. Nyní pro výpočet celkového těžiště stačí prvním vzorcem zkombinovat těžiště potraviny a těžiště kapsle.

$$y_t = \frac{\sum_i y_{ti} \cdot m_i}{m} = \frac{171 \cdot 2,5 + (179,8 + 50) \cdot 10}{12,5} = 218 \text{ mm} \quad (6)$$

Poměr vodorovné vzdálenosti těžiště od podstavy (122,3 mm) a výšky těžiště (218 mm) je stejný jako poměr gravitačního zrychlení a hraničního zrychlení kapsle. Zde je vycházeno z podobnosti trojúhelníků viz. následující obrázek.



Obr. 23.: Schéma poměru zrychlení kapsle

Na obrázku schématu je béžově, jako na každém obrázku kapsle, červeně hmota potravin, modře je označené vnitřní dno kapsle a žlutě je označeno těžiště plné kapsle. Černé šipky značí zrychlení působící na kapsli.

$$a_{max} = \frac{122,3}{218} \cdot 9,81 = 5,49 \text{ m/s}^2 \quad (7)$$

Aby bylo možné navrhnout motor, musí být vypočítán potřebný výkon. Hmotnost prázdné kapsle je 2,5 kg, v té bude po naplnění, v závislosti na potravině, maximálně 10 kg hmoty. Po vymodelování unašeče v *Inventoru* a určení, že materiálem, ze kterého budou kusy vyrobeny, bude hliník, ukazuje program hmotnost dvojice unašečů 3 kg. Jeden úzký článek řetězu bez unašeče váží 0,016 kg, jeden úzký článek řetězu s unašečem váží 0,021 kg, jeden široký článek řetězu bez unašeče váží 0,015 kg a jeden široký článek řetězu s unašečem váží 0,02 kg.

Tab. 2.: Váhy jednotlivých pohyblivých součástí řetězového dopravníku

	články řetězu				unašeče		kapsle		SUMA
	úzký s	úzký bez	silný s	silný bez	dlouhý	krátký	Plná	prázdná	
m [kg]	0,021	0,016	0,02	0,015	1,6	1,4	12,5	2,5	
Kusy	22	66	44	44	11	11	2	2	
Suma [kg]	0,462	1,056	0,88	0,66	17,6	15,4	25	5	66,058

Součet hmotností vychází lehce přes 66,058 kg. Z katalogu *Haberkornu* lze vyčíst dynamický součinitel tření $\mu = 0,2$. Třecí sílu tedy vypočítáme takto:

$$F_t = F_n \cdot \mu = m_c \cdot g \cdot \mu = 66 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 129,5 \text{ N} \quad (8)$$

Dále je potřeba počítat se silou zajišťující zrychlení. Hodnota zrychlení je $a = 2 \text{ m/s}^2$, to v případě tělesa o hmotnosti $m = 66 \text{ kg}$ znamená následující:

$$F_a = a \cdot m = 2 \cdot 76 = 156 \text{ N} \quad (9)$$

Nakonec, než bude určen minimální výkon, je potřeba vzít v potaz účinnost samotného řetězového převodu, který, když je opravdu dobře mazaný a je v ideálních podmínkách, dosahuje účinnosti $\eta = 0,98$. Takové podmínky ale nenastanou, takže je účinnost řetězového převodu určena $\eta = 0,94$. Při rychlosti $v = 1,5 \text{ m/s}$ počítáme s výkonem motoru následovně.

$$P_{min} = \frac{(F_a + F_t) \cdot v}{\eta} = \frac{285 \cdot 1,5}{0,94} = 455 \text{ W} \quad (10)$$

Otáčky motoru jsou též jednoduché na výpočet, když známe rychlost $v = 1,5 \text{ m/s}$ a roztečnou kružnici řetězového kola s $D = 162,43 \text{ mm}$. Kolo bylo zvoleno takto velké, jelikož dobře zapadá do zmíněných profilů, jednoho, který ho drží a měří 120 mm na výšku a druhého, který slouží jako vedení řetězu.

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 1,5}{\pi \cdot 0,16} = 176 \text{ ot/min} \quad (11)$$

3.2.3.2. Spojení hřídele a ozubeného kola

Přenos momentu z hřídele motoru na řetězové kolo je zajištěn pomocí těsného pera dlouhého 42 mm a vysokého 6 mm. Průměr pohonné hřídele je 30 mm a moment motoru 27 Nm. U pera je primárně potřeba kontrolovat jen kontaktní tlak. Ten by neměl překročit 120 MPa. Sílu působící na bok pera lze vypočítat roznásobením poměru průměru hřídele a roztečného průměru kola se součtem síly třecí a síly potřebné ke zrychlení řetězu. [5] [7]

$$F = (F_a + F_t) \cdot \frac{D}{d} = 305 \cdot \frac{0,16}{0,03} = 1651,3 \text{ N} \quad (12)$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{F}{l \cdot t_1} = \frac{1651,3}{0,042 \cdot 0,003} = 13105555 \text{ N/m}^2 = 13,1 \text{ N/mm}^2 \quad (13)$$

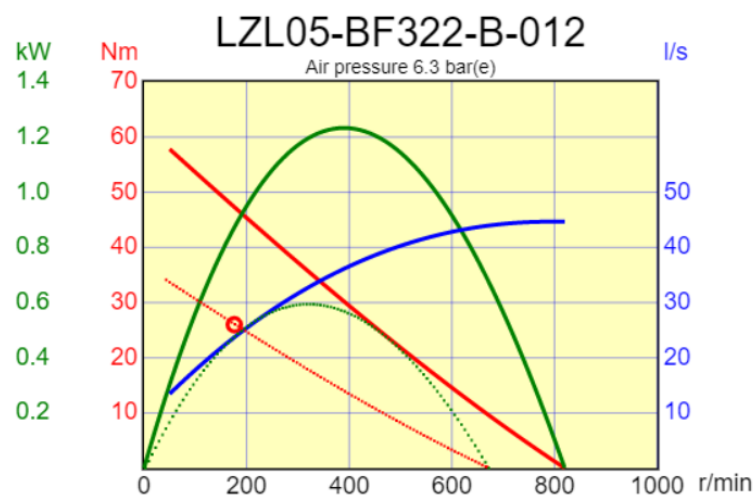
Tlak na kontaktních plochách pera nepřesáhnul dovolenou mez 100 N/mm^2 . Koeficient bezpečnosti přesahuje 7,5. Pero je pro naše účely zbytečně dlouhé, ale hřídel je v této délce dodávána.

3.2.4. Výběr motoru

Byl zvolen pneumatický motor od firmy *Atlas Copco*, která se v tomto odvětví angažuje. V katalogu firmy je nejvhodnější lopatkový vzduchový motor se spirálovou převodovkou LZL05-BF322-B-012. Pracovní otáčky tohoto motoru jsou při 6,3 baru $n_n = 389/\text{min}$ a moment $M_n = 30,24 \text{ Nm}$. Výkon motoru je příliš vysoký, to se ale dá velmi jednoduše změnit regulací škrtícím ventilem, který by zde v každém případě musel být pro plynulý rozjezd. [9]



Obr. 24.: Lopatkový vzduchový motor se spirálovou převodovkou



Obr. 25.: Obrázek grafu závislostí výkonu, momentu a se spotřeby vzduchu v závislosti na otáčkách

Obrázek grafu pochází z konfigurátoru již zmíněného dodavatele *Atlas Copco*. Plné křivky značí parametry motoru při pracovním tlaku 6,3 baru. Konfigurátor navíc vykreslil i křivky pro pracovní bod, jež je požadován. Pro tento pracovní bod také určí tlak $p_v = 3,71 \text{ baru}$. Z grafu můžeme vyčíst spotřebu vzduchu, která se odhadem pohybuje lehce pod 25 litry za sekundu. [9]

Tento motor by podle konfigurátoru měl být dostupný i ve variantě, ve které je jako materiál použita nerezová ocel nebo hliník.

3.2.5. Výběr brzdy

Aby byla horní polovina řetězu vždy napnutá a nedocházelo k tomu, že po vypnutí motoru budou některé kapsle ještě dojíždět setrvačností, instalujeme na začátek dopravníku brzdou. Navržená brzda je opět pneumaticky poháněná, dodavatelem je společnost *Golprecht*, konkrétně byla vybrána brzda RE-COMBIFLEX-XT7, jež vytváří brzdný moment 352 Nm při 6 barech a má zaručený odvod tepla 2,5 kW. Bude tak zajištěna vyšší míra přesnosti polohy kapslí. [10]



Obr. 26.: Brzda RE-COMBIFLEX XT.7

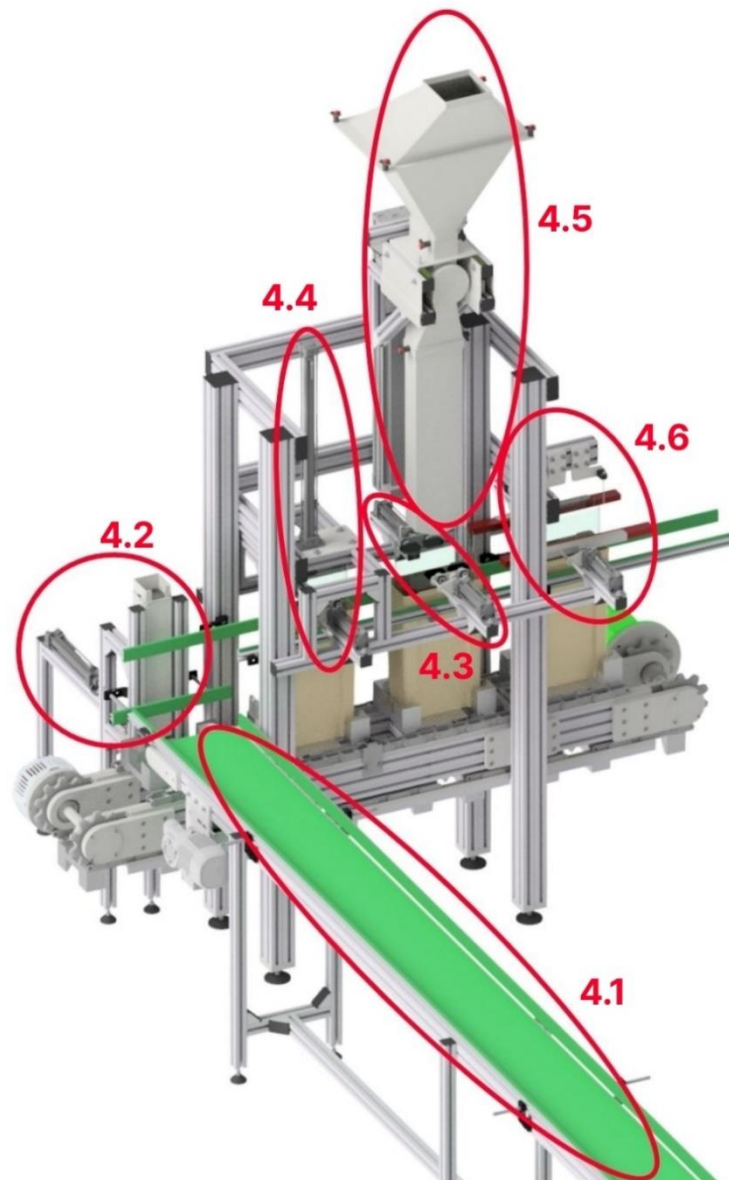
Spotřeba vzduchu této brzdy na jedno zabrzdění bohužel není nikde uváděna, ani samotný dodavatel tuto informaci nevěděl. Lze ale předpokládat, že oproti motoru bude nepatrná a při návrhu kompresoru se ztratí v koeficientu bezpečnosti.

4. Detailní popis konstrukce linky

Zde budou popsány konstrukce a fungování částí linky, které provádějí jednotlivé operace. Na obrázku jsou označeny podle kapitol.

- 4.1 – Zakládání kapslí
- 4.2 – Zakládání víček
- 4.3 – Otvírání pouche
- 4.4 – Zatlačování pouche
- 4.5 – Plnění kapsle
- 4.6 – Zatahovování pouche

V těchto kapitolách jsou kromě fungování popsány i třeba varianty řešení, které nakonec nebyly vybrány, nebo použité přístroje jako jednotlivé pohony.



Obr. 27.: Obrázek linky s popsanými stanovišti

4.1. Zakládání kapslí

Cílem je zde založit kapsli na řetězový dopravník a zároveň udržet zásobu kapslí připravených k založení. Kapsle budou obsluhou připravovány už s pouchem, proto nebude možné kapsle skladovat ve vertikálním zásobníku, nejjednodušší řešení proto bude horizontální dopravník. Nejvhodnější dopravníky jsou gravitační válečkový a pásový.

Klíčovou vlastností pro tuto stanici je jednoduchost a spolehlivost, jelikož opětovné špatné zakládání může způsobit časté prodlevy. To je dané tím, že bereme součástku z nějaké ne úplně určité pozice a zasazujeme ho do přesného přípravku s velmi malou vůlí. Při návrhu mechanismu zakládání kapslí je potřeba vyřešit následující dílčí problémy:

- Provedení zásobníku kapslí
- Mechanismus zakládání kapslí

Gravitační válečkový dopravník má tu výhodu, že nevyžaduje žádný pohon pro dopravu. Problém s tímto dopravníkem a důvod, proč pro toto využití nebyl vybrán, je to, že u něj není možné řídit rychlost kapsle. Druhým důvodem je fakt, že na konci dopravníku by musela být jakási mechanická závora, která by pouštěla kapsle po jedné, a to jen ve chvíli, kdy je pod něj přistaven prázdný unašeč. Tento mechanismus by byl v porovnání s provedením s pásovým dopravníkem zbytečně složitý. [3]

Pásový dopravník na jednu stranu využívá pohon, který musí být dostatečně výkonný, aby uvezl 30 kapslí, ale dávkování nevyžaduje žádný přídavný mechanismus nebo pohon, který by mohl selhat. Jednoduše pojede, dokud jedna kapsle nespadne do unašeče. Potom se zastaví, dokud nepřijede další prázdný unašeč. Je to velice jednoduchý a teoreticky i spolehlivý koncept, který bude v reálu záviset na tom, jak se nastaví vodící lišty, aby se zajistil spolehlivý chod. [3] [4]



Obr. 28.: Pásový dopravník na kapsle

4.2. Zakládání víček

Navrhovaným zařízením by mělo být zakládáno víčko na řetězový dopravník. Bylo zde potřeba navrhnout i zásobník vhodný k uchovávání víček alespoň na 30 kapslí. Víčka by měla být do zásobníku jednoduše doplňitelná a proces zakládání by měl opět vykazovat vysokou opakovatelnost. Při návrhu mechanismu zakládání víček je potřeba vyřešit následující dílčí problémy:

- Provedení zásobníku víček
- Mechanismus zakládání víček
- Způsob doplňování zásobníku víček

4.2.1. Zásobník víček

Protože jsou víčka velmi nízká, bude nejlepší použít systém vertikálního skladování, kde budou víčka zespod zásobníku odebírána a další tam budou jednoduše padat.



Obr. 29.: Zásobník víček

Původní myšlenka při modelování zásobníku víček byla taková, že obsluha linky bude muset jednou za 30 kapslí naplnit zásobník po jednom víčku. To by byl ovšem zbytečně zdouhavý proces a obsluha by se musela složitě naklánět přes pohon mechanismu zakládání víček. Při skládání se také mohou víčka vzpříčit a obsluha by se musela složitě vyprošťovat ve špatně přístupném prostoru. Nejjednodušším způsobem, jak tomuto předejít, je plnit víčka mimo linku do kartuše, a když přijde čas doplňování víček, kartuše bude jednoduše zasunuta do zásobníku místo prázdné.



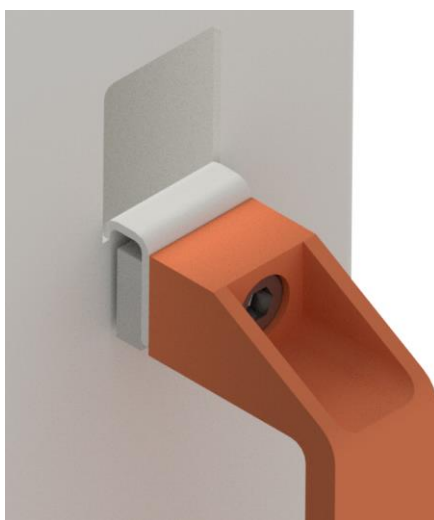
Obr. 30.: Pohled na kartuši zepředu



Obr. 31.: Pohled na kartuši zezadu

Při pohledu na kartuši, hlavně zezadu, je vidět oranžové madlo, jež je přišroubováno skrz na dvojitě ohnutý vyříznutý plech s destičkou. Madlo se na kartuši připevňuje k zajištění snadné manipulace při plnění a vyměňování. Spoj je zkonstruován tak, aby šrouby nezasahovaly do vnitřku kartuše, protože zde mají víčka jen 0,3 mm vůli. Madlo je vybráno z katalogu dodavatele *Elesa+Ganter*. [11]

Aby se víčka při přenosu nebo zasouvání do zásobníku nevysypala, je kartuše vespod opatřena odnímatelnou ohnutou kruhovou tyčí, kterou odstraníme ve chvíli, kdy je kartuše usazena v zásobníku a víčka mohou spadnout dolů. Tyč ohnutá do tvaru U je opatřena plechem, který má vymezit hloubku zasunutí, aby po zásunu tyče přečnivalo jakési madlo.



Obr. 32.: Detail rukojeti kartuše



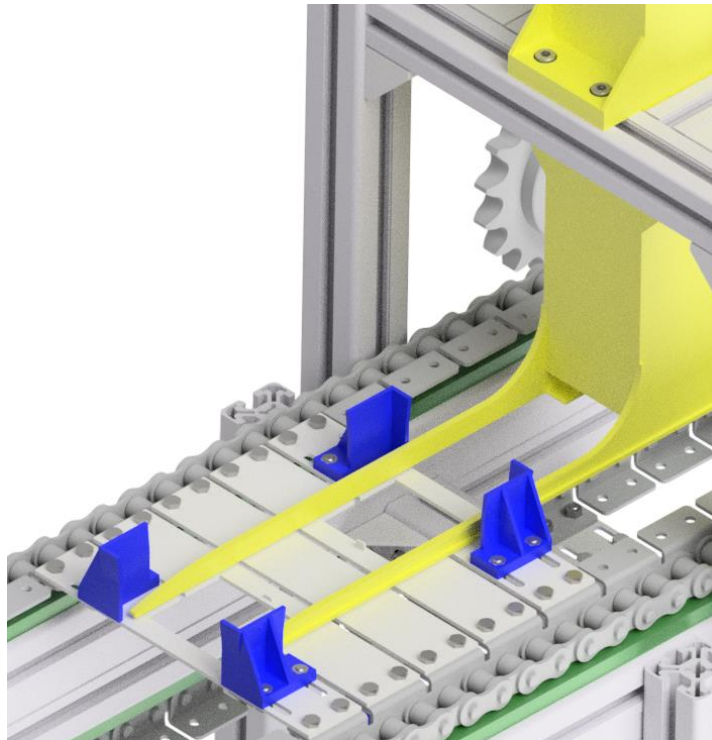
Obr. 33.: Detail kruhové tyče s plechem

Toto je varianta, která bude použita v prototypu. Po testovací fázi bude možné zásobník s kartuší nahradit vibračním dopravníkem, který by zároveň automaticky rovnal víčka, aby byla správně orientována. Bylo by pak možné jednoduše nasypat pytel víček na začátek dopravníku, jenž by zajistil zbytek.

4.2.2. Mechanismus zakládání víček

Zakládání víček lze provést několika způsoby. První variantou je ta, že by se víčko ke kapsli připevnilo až ve druhém kroku zároveň se zacvaknutím pouče. Právě na něm potom drží, nikoli na samotné kapsli. Víčko by bylo přepraveno pod dopravník a ve chvíli, kdy by píst zatlačoval pouch, druhý lineární pohon by zespoda přivezl a zatlačil víčko. Kvůli složitosti procesu byla tato možnost zavrhnuta. Víčko bude založeno na řetězový dopravník již na prvním stanovišti.

První verze zakládání (viz. obrázek) na prvním stanovišti byla následující. Zásobník by byl připevněn přímo nad dopravníkem a ten by si výstupkem na unašeči víčko vytáhl. Potom by na ližiny, těsně nad dopravníkem, padla kapsle a unašeč by si ji z ližin sám sesunul přesně na víčko.



Obr. 34.: Původní návrh zakládání víček

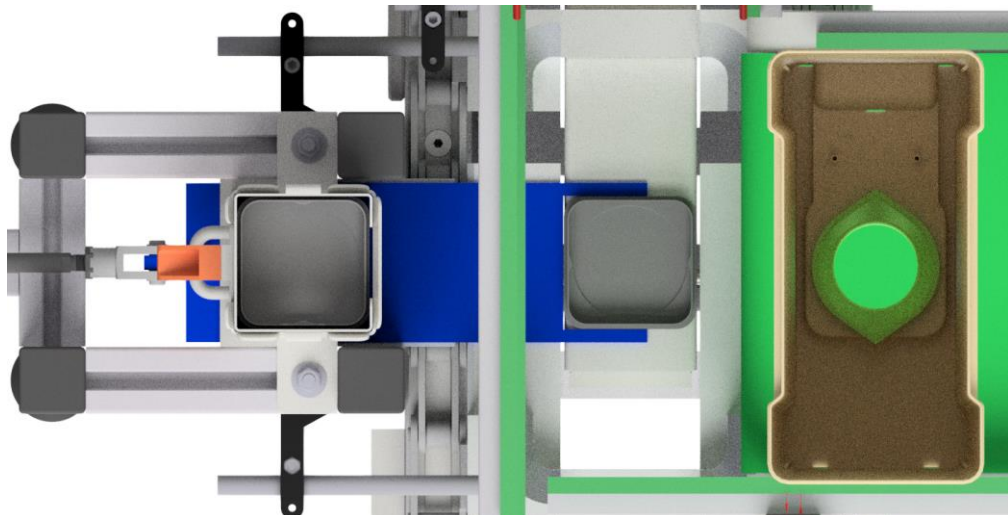
Ližiny se zde znázorňují žlutě a jsou součástí zásobníku. Modře se znázorňují unašeče, které jsou upevněny na plechách mezi řetězy. Uprostřed dvou plechů si lze všimnout dvou „paciček“. Přední je kratší než ta zadní a důvodem je, aby se první „pacička“ nedotkla víčka. V této poloze by se mezi „pacičkami“ nacházelo už víčko a na ližiny by spadla kapsle. Ve chvíli, kdy by se dopravník rozjel, by si kapsli postupně svezl

z ližin, a ta by se usadila přímo na víčko. Problémem s touto variantou je fakt, že pacičky by musely být velmi tenké, aby se vešly mezi kapsli a víčko. V tom případě by byly náchylné na ohnutí, nebo zlomení.



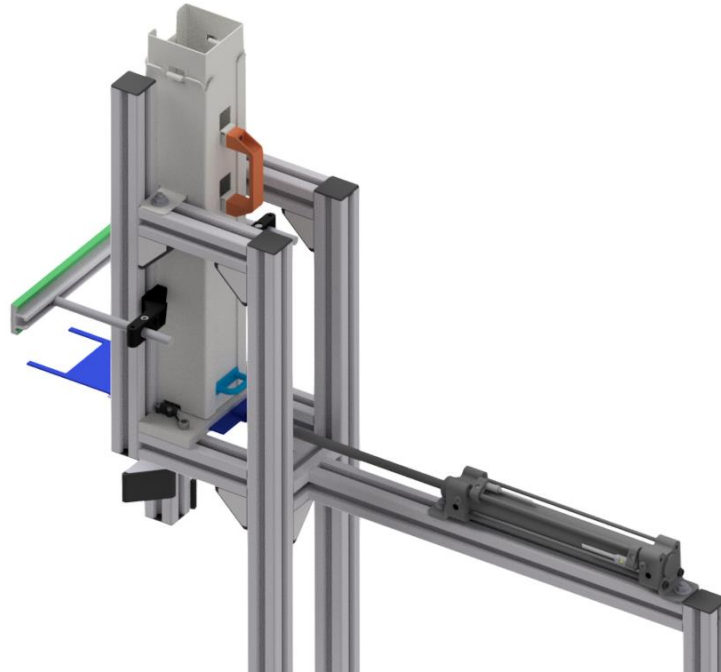
Obr. 35.: Víčko zapadlé v kapsli

Konečný návrh mechanismu zakládání víček je následující. Víčko bude z boku přisunuto na platformu uprostřed dopravníku lineárním pohonem a následně na něj spadne krabice. Tato platforma nemusí být pojezdná, protože se víčko zapasuje do kapsle. Ta kapsle, kterou ponese unašeč pod sebou po platformě, potáhne víčko až na druhé stanoviště. Tam se do něj zacvakne pouch. Aby kapsle správně padala, jsou kolem unašeče nainstalované přídatné vodící lišty, jež mají zabránit překocení kapsle mimo unašeč. Víčka bude na řetězový dopravník posouvat tenký plastový podavač na lineárním pohonu. Víčkům, která budou v zásobníku nad podavačem, nedovolí právě výška podavače, aby prošla ven ze zásobníku.



Obr. 36.: Horní pohled na stanoviště zakládání

Na obrázku je vidět zleva vysunutý podavač víček(modře), vpravo kapsle na pásovém dopravníku, který by se v momentu zobrazeném na obrázku měl zapnout a kapsli dopravit do unašeče.



Obr. 37.: Konstrukce zásobníku víček

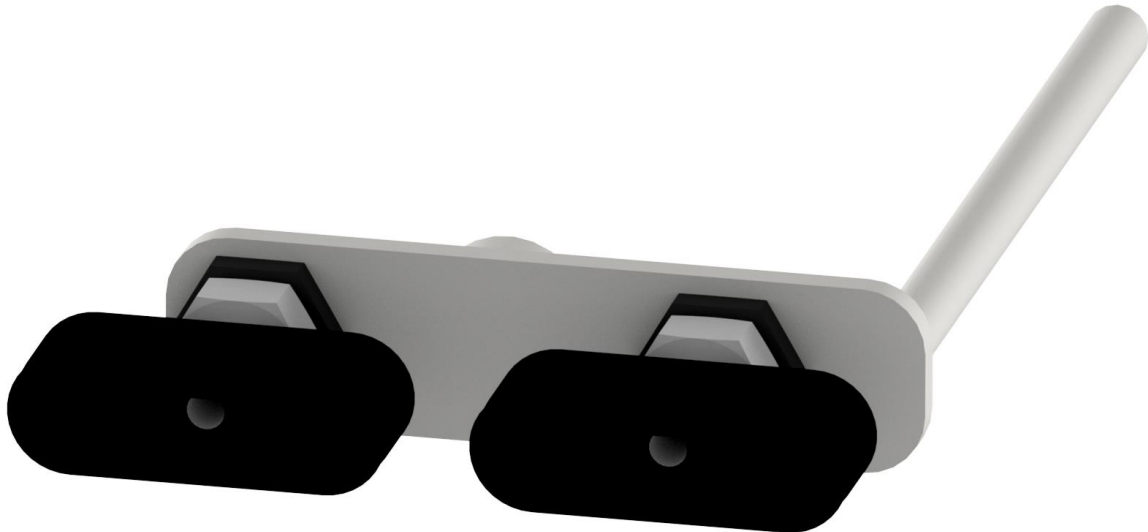
Jako pohon mechanismu zakládání víček bude využit pneumatický nerezový válec s pístnicí CRDNG-32-200-PPV-A. Vzhledem k nerezovému charakteru není potřeba ho mazat a je certifikovaný pro použití v potravinářství. Navíc má v pístu zabudovaný magnet a je možné měřit jeho polohu. [12]

4.3. Otevírání pouche

Protože pouch v kapsli na Stanici zatlačování a Stanici plnění nepřijede roztažený tak, aby bylo možné sjet s kuželkou a tubusem do kapsle a zacvaknout pouch, bude potřeba ho nejprve roztáhnout. Při návrhu roztahování pouche je potřeba vyřešit následující dílčí problémy:

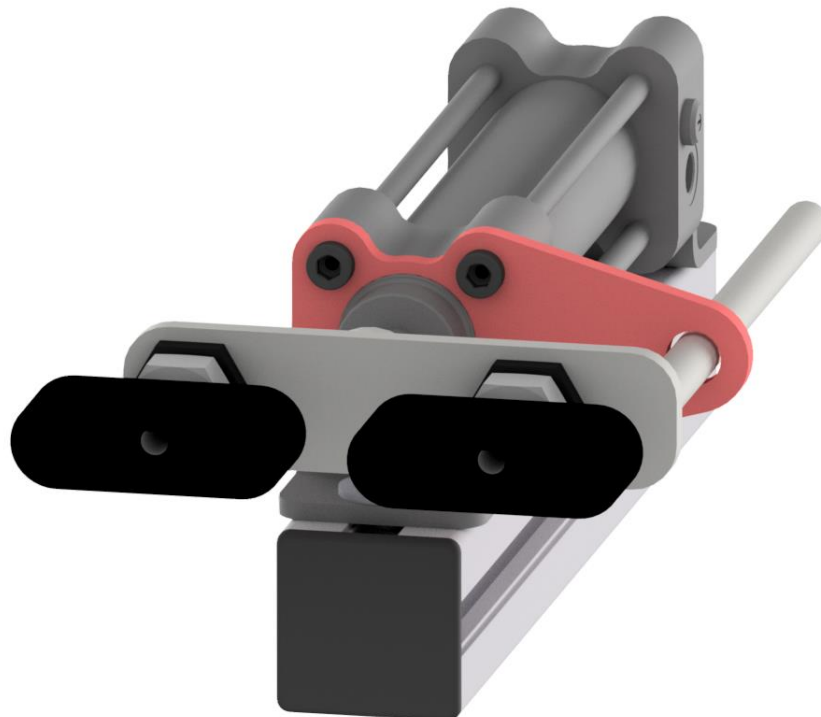
- Uchopení pouche
- Pohyb otevření pouche
- Tvorba podtlaku

Pro podobné úkony se běžně využívá podtlaková technika, tedy přísavky připojené na zdroj podtlaku. Tím může být buďto podtlakový kompresor, nebo vakuový ejektor, jenž po přivedení stlačeného vzduchu generuje podtlak. [12]



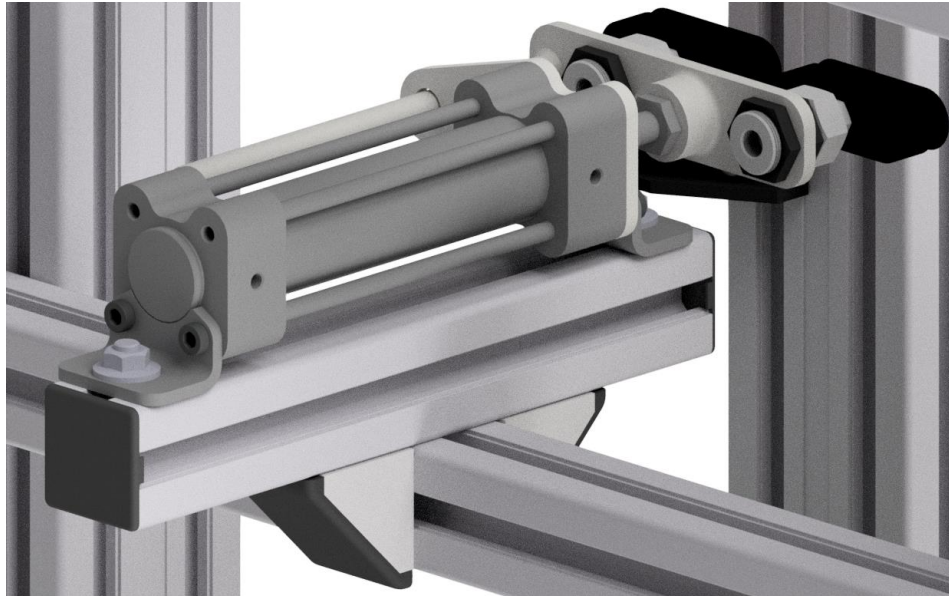
Obr. 38.: Nástavec pro připevnění přísavky na konec pístnice

Pouch budou roztahovat dvě takové přísavky. Vybraný pohon ale nemá podélné vedení pístnice, které by zabránilo jejímu pootočení. Proto je potřeba, aby kus, jenž drží přísavky, byl zajištěn proti pootočení. K tomu slouží kruhová tyč na přípravku držícím přísavky na obrázku. Tento přípravek je přišroubován na konec pístnice, kde bude zajištěn maticí proti povolení. [12]



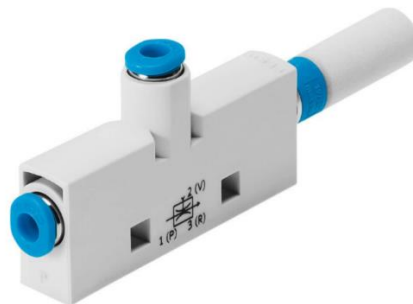
Obr. 39.: Sestavený mechanismus otevírání pouche

Na obrázku je vidět (červeně) protikus ke kruhové tyči, ta spolu s plechem slouží k zajištění proti pootočení. Tento plech je připevněn k pohonu otevírání pouche. Pod pohonem se nachází profil 40x40 s drážkou 10, k profilu je pohon připevněn pomocí T-šroubů. Pneumatický motor je opět od firmy *Festo*, jedná se o nerezový válec CRDNG-32-80-PPV-A---_0_. [12]



Obr. 40.: Mechanismus otevírání pouče na konstrukci řetězového dopravníku

Celý zmíněný mechanismus se ke konstrukci řetězového dopravníku připevňuje pravouhlými spojkami. Polohu celého mechanismu je možné na místě nastavit ve dvou směrech.



Obr. 41.: Vakuový ejektor

Pro tvorbu podtlaku bude využíván vakuový ejektor pracující na Venturiho principu, jenž tedy vytváří podtlak ze stlačeného vzduchu. Při tomto procesu je stlačený vzduch urychlován na nadzvukovou rychlost ve Venturiho trubici. Hned v místě za tryskou vzniká podtlak a zde přivádí vstup, který vede na přísavky.

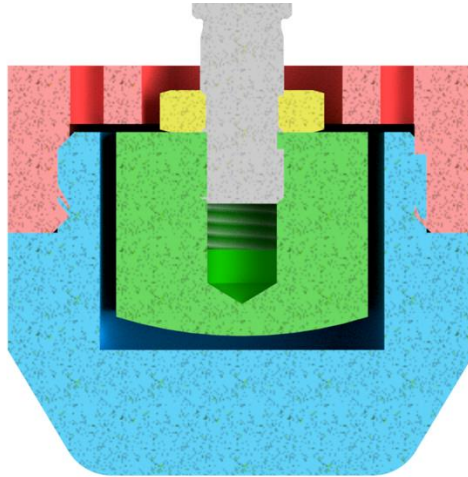
4.4. Stanice zatlačování

Po založení součástek je potřeba připevnit pouch do kapsle a víčka. Pouch bude zatlačovat lineární pohon provádějící vertikální pohyb. Na konci pístnice tohoto pohonu se bude nacházet kuželka, ta bude pohyblivá a bude možné ji vystředit zhruba 1 mm na každou stranu. Pohon bude připevněn tak, aby bylo možné nastavit jeho polohu přímo při montáži linky. Při návrhu Stanice zatlačování je potřeba vyřešit následující dílčí problémy:

- Otevření pouče
- Konstrukce zatlačující kuželky
- Polohovatelné upevnění lineárního pohonu

4.4.1. Kuželka

Pro zvýšení spolehlivosti zatlačení a opakovatelnosti procesu je zde kuželka, která se nachází na konci pohonu mechanismu. Může se hýbat a vystředit do osy otvoru pouče.

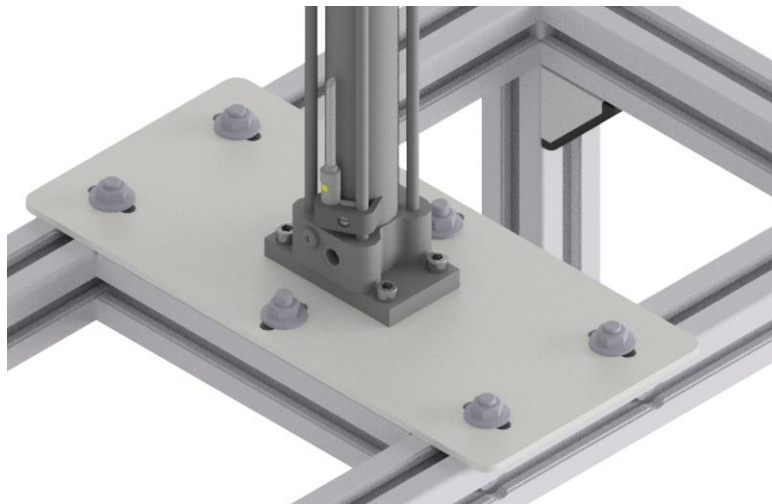


Obr. 42.: Kuželka pro zatlačování pouče

Na obrázku řezu kuželky je vidět modře kuželku, červeně převlečnou matici a zeleně je zbarven nástavec na konec pístnice s vnitřním závitem. Žlutá je pojistná matice, jež zabraňuje povolení nástavce. Šedá barva značí pístnici nerezového pneumatického válce CRDNG-32-560-PPV-A. Při této konstrukci má kuželka 2 mm středící vůli na všechny strany. [12]

4.4.2. Konstrukce stanoviště

Řetězový dopravník sice zaručuje poměrně přesné polohování kapsle a rozsah středících schopností kuželky je ± 2 mm, ale i přesto je potřeba, aby byla poloha kuželky nastavitelná v obou vodorovných směrech.



Obr. 43.: Konstrukce přípevnění pohonu zatlačování pouchů

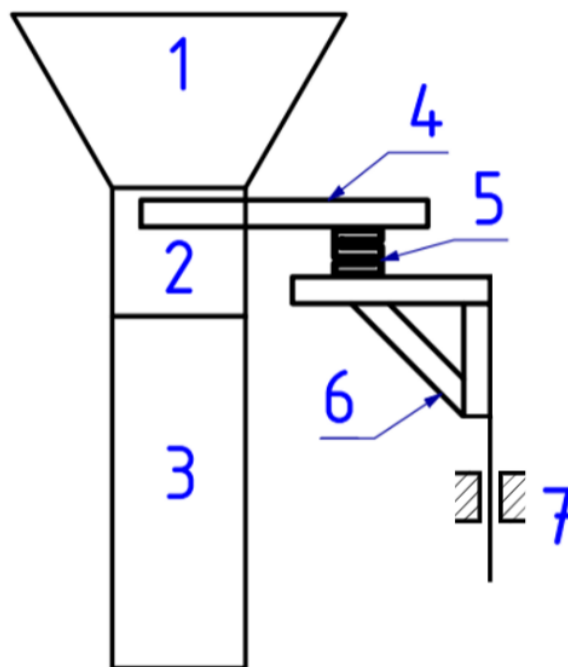
Na obrázku je vidět způsob upevnění pohonu stanice zatlačování. Válec je přírubou připevněn ke 4 mm tlustému plechu. Tento plech je možné posunout 10 mm do čtyř směrů, příčky pod plechem a prostřední z trojice šroubů navíc zvyšují tuhost plechu a zabraňují jeho prohýbání, když válec tlačí na pouch.

Takto je konstrukce stanice zatlačování připevněna k řetězovému dopravníku. Je přišroubována ke stejnému profilu jako mechanismus pro roztahování pouche.

4.5. Stanice plnění

Na stanici č.3 přiveze řetězový dopravník již sestavenou kapsli. Cílem tohoto stanoviště tedy bude naplnit pouch potravinou. Před samotným plněním je potřeba správně nadávkovat množství potravin do mezinásypky. To bude vykonáváno šnekovým dopravníkem, který v prototypu nebude, proto není ani v modelu. Potraviny budou následně v mezinásypce váženy a až potom se přejde k plnění samotného pouche.

Plnění bude probíhat odspodu, to znamená, že tubus zajede na dno kapsle, a zatímco bude tubus vyjíždět, bude se z něj sypat potravina. Redukuje se tak prašnost procesu, na kterou je potřeba si na tomto stanovišti dávat pozor. Během plnění bude navíc zapnuto zařízení, které bude s kapslí vibrovat, a to kvůli lepší distribuci potravin v kapsli. Celé toto stanoviště musí být jednoduše rozebíratelné a části, jež přicházejí do přímého kontaktu s potravinou, dobře omyvatelné. Důvodem je, že jedna linka může sloužit pro balení různých potravin s různými alergeny. Na tomto stanovišti bude samozřejmě i stejný problém s otevíráním pouche, ale mechanismus tento úkon obstarávající bude úplně totožný.



Obr. 44.: Schéma stanice vážení

Ve schématu jsou číselně označeny jednotlivé členy stanice. Číslem jedna je naznačena mezinásypka, ve které bude uchována potravina během plnění. Dvojkou je značen uzávěr tubusu, který bude zadržovat sypký materiál v násypce, číslo tři je tubus bránící prášení při plnění. Číslem čtyři je označena konstrukce uzávěru tubusu, pětka jsou vážící členy, šest je značka pro konstrukci pohonu plnění, a nakonec číslo sedm je posuvná vazba značící pneumatický lineární pohon, který bude manipulovat se všemi zmíněnými členy. Během navrhování Stanice plnění je potřeba vyřešit následující dílčí problémy:

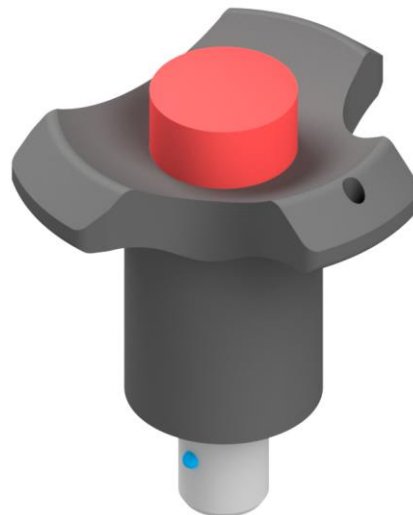
- Konstrukce mezinásypky
- Systém vážení
- Tubus
- Mechanismus uzavření tubusu
- Vibrátor

4.5.1. Konstrukce mezinásypky

Hlavním účelem mezinásypky je zadržet potravinu do té doby, než jí bude dost na naplnění kapsle. Součástí skutečné linky (ne prototypu) bude velká násypka se šnekovým dopravníkem, která bude plnit menší mezinásypku. Aby při tomto plnění nedocházelo k nadbytečnému prášení, byl k násypce navrhnut i kryt, který zabrání úniku prašného materiálu do okolního prostředí.



Obr. 45.: Sestavená mezinásypka s krytem

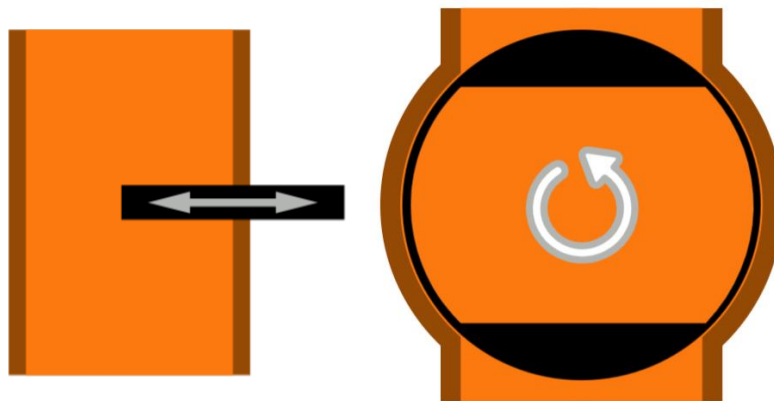


Obr. 46.: Pojistný čep zajištěný kuličkou

Kryt se k násypce připevňuje černo-červenými čepy od dodavatele *Elesa+Ganter*. Čep je opatřen pojistným prvkem v podobě kuličky, jež je za normálních okolností vystrčena a zapadne ve chvíli, kdy se zmáčkne červené tlačítko na rukojeti čepu.

4.5.2. Uzávěr tubusu

Uzávěr tubusu má za úkol zadržet sypký materiál v mezinásypce, zatímco ta je plněna. První navrženou variantou mechanismu uzavírání tubusu byl na žádost firmy *MIWA* latexový tubus, který by byl zdeformován čelistmi a tím uzavřen. Latex by byl na násypce připevněn plastovou nebo kovovou stahovací páskou. Je omyvatelný, ale nevyhnutelně by se musel periodicky vyměňovat. Protože by tak docházelo ke tvorbě odpadů, *MIWA* upustila od tohoto návrhu a místo toho se vypracovaly dva další návrhy. Těmi byly rotační mechanismus uzavírání (s rotačním uzavíracím tělesem) a šoupátkový mechanismus uzavírání využívající šoupátka vykonávajícího lineární pohyb.

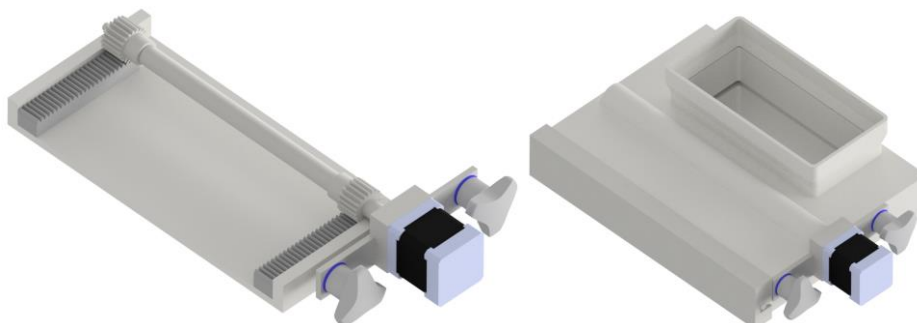


Obr. 47.: Schéma uzávěru tubusu šoupátkem Obr. 48.: Schéma uzávěru tubusu rotujícím válcem

4.5.2.1. Šoupátkový uzávěr

Šoupátkový uzávěr tubusu by se na první pohled dal nejlépe pohánět lineárním motorem, ale není tomu tak. Důvodem je fakt, že motor a vysunuté šoupátko by zasahovaly do vzdálenosti větší než dva zdvihy tohoto motoru. Proto vždy motor zasahoval do jiných stanovišť, nebo byl v kolizi s dalšími částmi tohoto stanoviště. Bylo tedy potřeba vymyslet nový způsob pohánění šoupátka.

Nejlepším způsobem se ukázalo použití malého krokového motoru, který poháněl ozubené kolo, jenž hýbalo s ozubeným hřebenem. Tím bylo dosaženo přímočarého pohybu. V plánu bylo použít polyamidové ozubené kolo a hřeben, aby nebylo potřeba ozubení mazat.



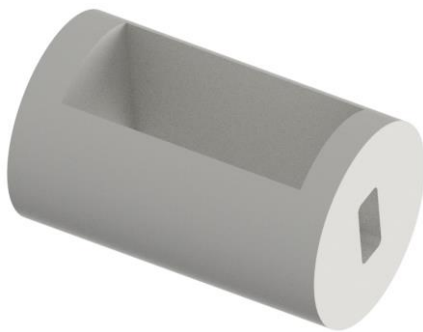
Obr. 49.: Mechanismus uzávěru tubusu šoupátkem

Obr. 50.: Uzávěr tubusu šoupátkem

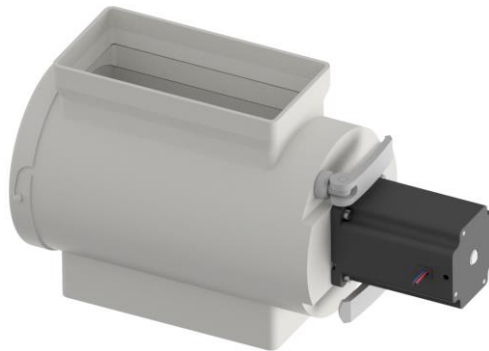
Na obrázcích modelu je vidět pohled nejprve na kompletní uzávěr. Na druhém obrázku je zobrazeno jen vnitřní ústrojí uzávěru. Zde si lze všimnout, že se v uzávěru nacházejí dvě ozubená kolečka. Ve dvojici jsou proto, aby nedošlo ke vzpříčení šoupátka. Osička ozubených kol je uložena v polyamidových vložkách, které slouží jako pouzdra kluzných ložisek. Ve firmě byla nakonec rozhodnuta možnost provedení s rotačním uzávěrem, protože jeho princip je jednodušší.

4.5.2.2. Rotační uzávěr

Tato varianta uzávěru využívá místo šoupátka rotující válec. Uzávěr se otevře nebo zavře při otočení o 90°. Navrhovaný pohon tohoto uzávěru je krokový motor NEMA24 3130 od českého dodavatele *SERVO-DRIVE*.

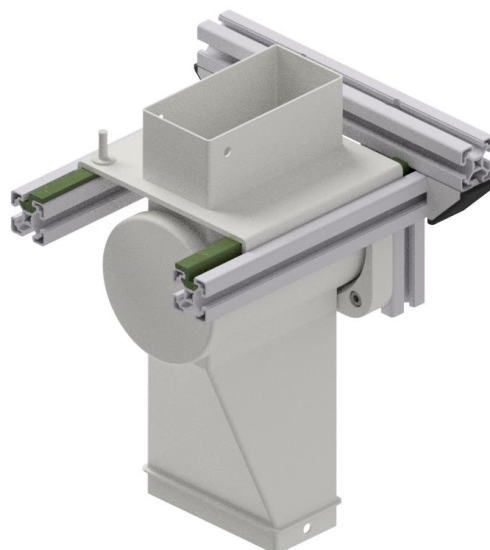


Obr. 51.: Rotující válec uzávěru



Obr. 52.: Uzávěr tubusu rotujícím válcem

Na obrázku vpravo je první návrh rotačního uzávěru. Osa motoru je podélná k dopravníku, což by za provozu nevadilo. Problém by ovšem nastal při demontáži, kdy by obsluha musela nejprve odmontovat motor, jenž by zůstal na lince, zatímco by se zbylé součásti čistily. Obsluha by navíc musela uzávěr z motoru demontovat směrem podélným k lince, což není optimální. Proto byl vypracován finální koncept, který vypadá následovně:

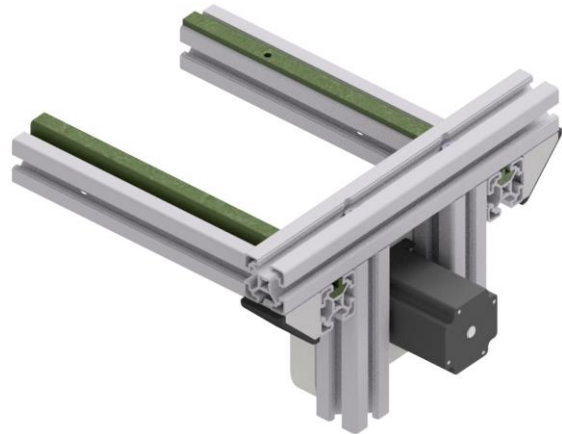


Obr. 53.: Uzávěr tubusu na konstrukci

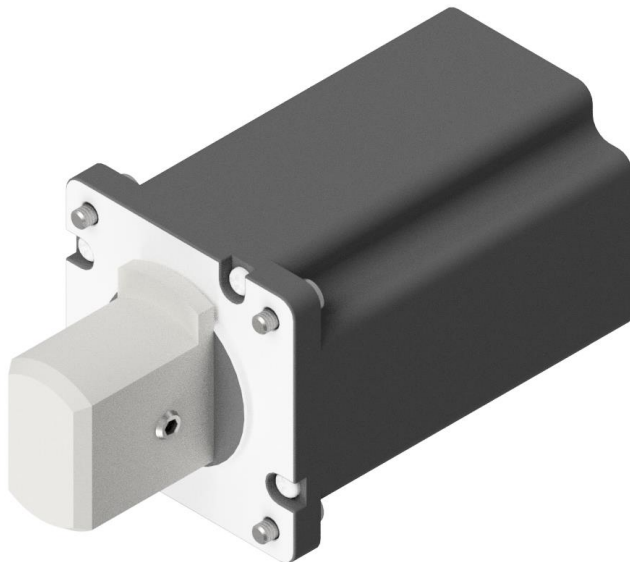
Celý systém uzávěru lze rozdělit na dvě části. První část, konstrukce uzávěru s motorem, je tvořena profily, ke kterým je připevněna příruba s motorem. Druhou částí je samotný uzávěr. Spojení těchto dvou součástí probíhá nasunutím uzávěru do profilů na konstrukci. V profilech jsou navíc lišty, aby se neklouzal kov po kovu. Jakmile dojde k nasunutí uzávěru na konstrukci, jednoduchá tvarová spojka zapadne do rotujícího válce a uzávěr se v této poloze pojistí jednoduchým čepem. Pro přenos momentu z motoru na rotující válec je použité jednoduché tvarové spojení. Na hřídeli motoru se červíkem zajišťuje spojka, která zapadne do rotujícího válce.



Obr. 54.: Konstrukce uzávěru – přední pohled



Obr. 55.: Konstrukce uzávěru – zadní pohled



Obr. 56.: Motor uzávěru se spojkou

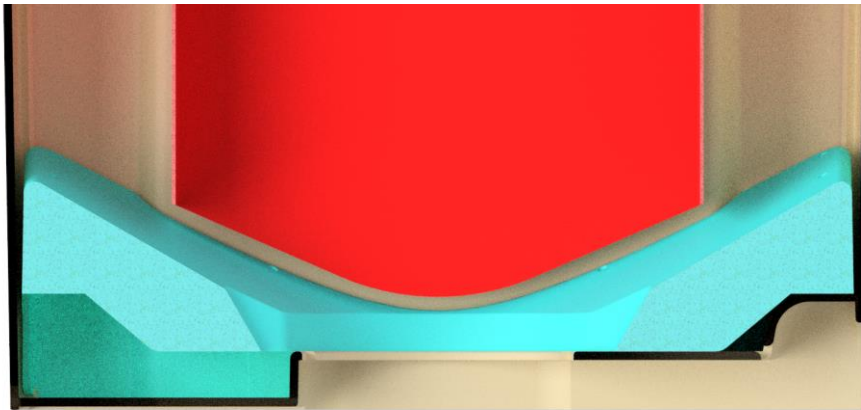


Obr. 57.: Uzávěr tubusu

Jelikož se u motoru nachází poměrně málo místa, je jednodušší, aby se místo senzorů, jež by hlídaly orientaci rotujícího válce, nacházely ještě senzory, které budou hlídat, jak je rotující válec orientován a vymezily pohyb motoru mechanickými dorazy. Na obrázku je vidět drážka, která kopíruje pohyb spojky.

4.5.3. Tubus

Tubus slouží k tomu, aby při pádu do kapsle nedocházelo k nadbytečnému prášení. Jelikož neponese žádnou váhu, je vyroben z jen 2 mm tlustého plechu. Pro jeho funkčnost je důležité, aby co nejlépe kopíroval tvar kapsle, jinak by hned po otevření uzávěru tubusu došlo k extrémnímu prášení. Z tohoto důvodu by byl ideální latexový tubus, který by mohl přímo dosednout na dno kapsle a prášení úplně eliminovat. Přestože se firma rozhodla pro variantu tubusu z pevného plechu, je možné přidat na jeho konec krátkou latexovou planžetu kdykoli během provozu.

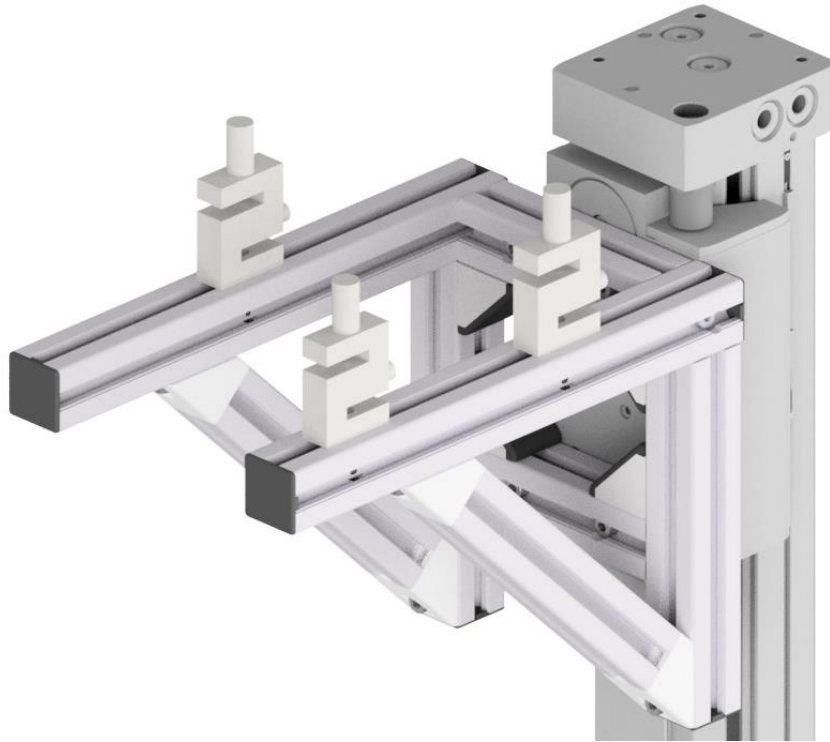


Obr. 58.: Konstrukce zásobníku víček

Zde je v řezu vidět tubus plně zajištěný do kapsle. Mezi tubusem a kapslí je mezera 5 mm, to je dostatečná vzdálenost k zastavení nejhoršího prášení. Pokud i tak bude docházet k velkému prášení, dá se problém řešit při stavbě prototypu buď krátkou latexovou planžetou, snížením tubusu, nebo přidáním průmyslových vysavačů kolem hrdla kapsle.

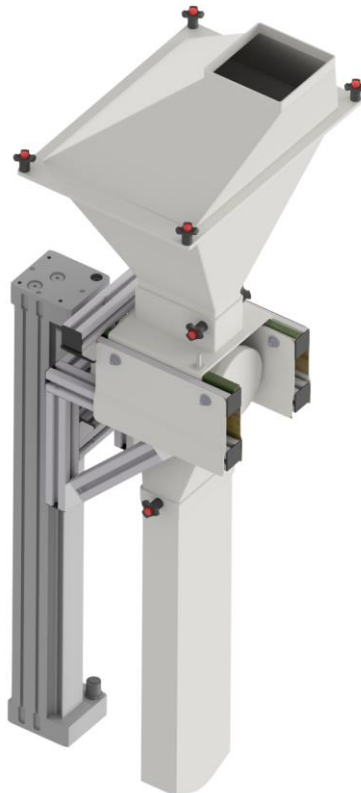
4.5.4. Kontrolní vážení obsahu kapsle

Obsah kapsle je potřeba zvážit, aby dodavatel věděl, kolik přesně v kapsli posílá do obchodu potravin. Hmotnost bude následně přiřazena k RFID čipu zabudovanému v kapsli. K vážení budou použity tři tenzometrické senzory váhy tvaru S od dodavatele *Megatron*. Každý senzor má nosnost 25 kg, dohromady je tedy nosnost váhy 75 kg. Takováto nosnost je opodstatněna tím, že na senzorech svou vahou nespočívá jen 10 kg potravin, ale i samotná násypka, celý uzávěr a tubus. Chyba udávaná dodavatelem v katalogu činí 0,03 % celkové nosnosti, tedy 7,5 g. [13]



Obr. 59.: Konstrukce motoru stanice plnění s tenzometry

Na prvním obrázku je vidět rozložení tenzometrických senzorů na konstrukci připevněné k pohonu. Na druhém obrázku je již sestavené celé stanoviště plnění, vidíme zde, že tenzometrické senzory jsou schovány za kryty. Důvodem je, aby nedošlo k jejich poškození, nebo poškození kabelů, které z nich povedou během demontáže násypky a následně uzávěru tubusu. [13]



Obr. 60.: Sestavená stanice plnění

4.5.5. Proces demontáže

Všechny součástky, jež přicházejí do styku s potravinami je potřeba periodicky umývat a tím je připravovat na použití pro jiný druh potravin. Aby to bylo možné, bude potřeba je nejprve demontovat z linky. Tento proces ale nesmí být zdlouhavý, protože musíme počítat s možností, že se bude opakovat několikrát denně. Zde je popsán proces demontáže.

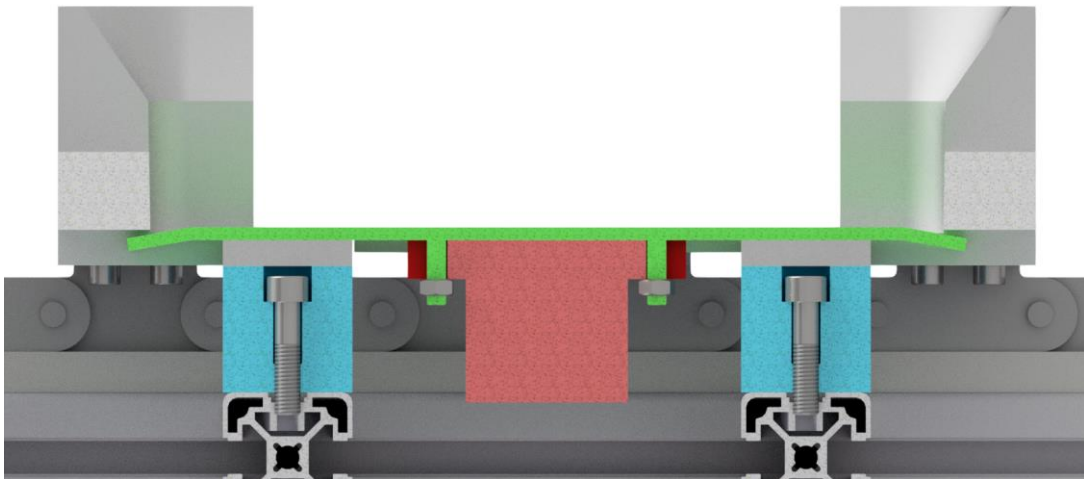
1. Odejmutí násypky – Provádíme v nejspodnější poloze pohonu násypky. Násypka je k uzávěru připevněna dvěma pojistnými čepy, ty se po zmáčknutí odjistí a je možné je sundat. Po demontáži čepů lze odejmout i násypku s krytem.
2. Odejmutí tubusu – Ještě ve spodní poloze odejmeme tubus, který je k uzávěru připevněn stejnými dvěma čepy.
3. Vysunutí uzávěru tubusu – Uzávěr je na konstrukci zajištěn jednoduchým čepem. Po odejmutí čepu lze uzávěr tubusu z lišt vysunout.
4. Rozebrání násypky – Násypku s krytem násypky drží pohromadě opět čtveřice pojistných čepů. Po jejich demontáži lze násypku a kryt oddělit a umýt.
5. Rozebrání uzávěru – Na čele uzávěru se nachází víčko, které lze po jeho pootočení proti směru hodinových ručiček sundat. Nakonec po vyndání zavíracího válce je vše rozebráno na součástky.

Celý tento proces pro zkušenou obsluhu linky nebude trvat déle než 5 minut. Po umytí součástek lze postupovat podle stejného postupu, jen válec uzávěru budeme montovat až na lince, jelikož je potřeba ho nasunout na spojku na motoru.

4.5.6. Vibrátor

Vibrátor není tolik součástí stanice plnění, jako spíš řetězového dopravníku. Nejvyšší část vibrátoru je zarovnaná se dnem unašeče. Ve chvíli, kdy řetězový dopravník přiveze kapsli na stanoviště plnění, plech, na němž kapsle stojí, je součástí konstrukce vibrátoru. Zespona je k této ploše připevněn samotný přístroj generující vibrace. Ten je opět poháněn pneumaticky. Funguje takovým způsobem, že se uvnitř nachází kulička, kterou po kruhové dráze urychluje stlačený vzduch. Plech s vibrátorem je volně uložen na gumovém bloku, aby byly minimalizovány vibrace přenášené do konstrukce dopravníku.

[14]



Obr. 61.: Konstrukce zásobníku víček

Červeně je na obrázku řezu dopravníkem vibrátor, zeleně plech, na kterém leží kapsle, černě je zbarvený pryžový blok a modře jsou znázorněny hliníkové kvádry sloužící k vyrovnání výšek. Jsou připevněny ke dvěma příčkám řetězového dopravníku. Vibrátor je od dodavatele *HAS*, jenž se na podobné vybavení specializuje. [14]

4.6. Stanice zatavování

Na tomto stanovišti musí dojít k neprodyšnému uzavření pouče. Toho docílíme výrobou svaru v jeho horní části. V současnosti jsou pouče svařovány ručně za pomoci manuálních svářecích kleští. Před zatavováním je potřeba pouch narovnat. Pokud by se v místě svaru nacházel přehyb nebo by byl pouch pomačkaný, mohlo by dojít k neúplnému, nebo vadnému svaření. Při navrhování stanice plnění je potřeba vyřešit následující dílčí problémy:

- Mechanismus zatavování
- Mechanismus srovnání pouče



Obr. 62.: Ruční kleště ke svařování plastového filmu

4.6.1. Zatavení

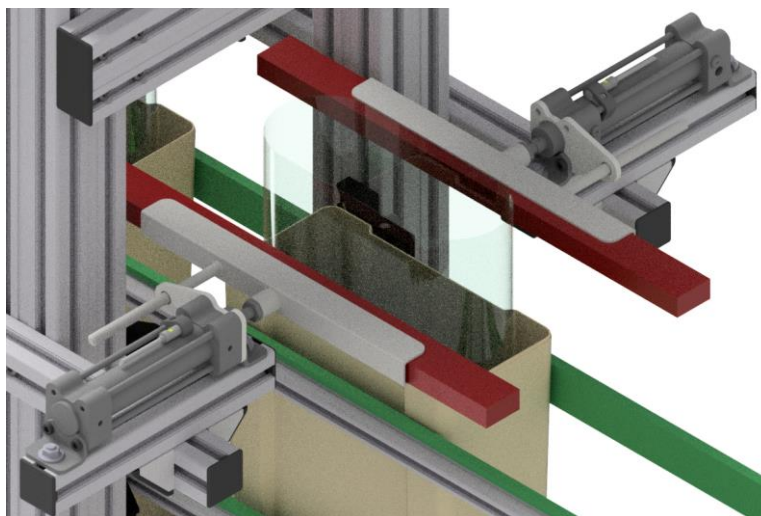
V prvním návrhu stanoviště zatavování bylo počítáno s použitím právě takovýchto manuálních kleští. Ty by byly upevněny v přípravku, který by je automaticky ve správnou chvíli zmáčknul a zatavil pouch. Od tohoto řešení bylo upuštěno kvůli složitosti upevnění, jež by bylo potřeba. Také je mezera mezi čelistmi velmi malá a bylo by poměrně složité mezi ně pouch nasměrovat. [15]



Obr. 63.: Impulzní pneumatické svářecí zařízení

Ve druhém návrhu bylo použito pneumatické svářecí zařízení, které zvládne více roztáhnout čelisti a zahřívá je impulzně, tedy, čelisti se zahřejí jen na velmi krátkou dobu a jinak jsou relativně chladné. Toto vše usnadňuje manipulaci s pouchem v okolí čelistí. Lze si navíc i objednat variantu zařízení, která by vysála z pouche vzduch, nebo by do něj napustila inertní plyn. To by pomohlo lépe a na delší dobu uchovat potraviny uvnitř. Zařízení je ale moc velké a dodací lhůty jsou příliš dlouhé, což by pro firmu *MIWA* byl problém při stavbě prototypu. [16]

Ve finálním návrhu od dodavatele tavících kleští používáme jen samotné čelisti. Německá firma *ROPEX* vyrábí čelisti pro průmyslovou výrobu na zakázku. Byla započata mailová komunikace s tímto dodavatelem o provedení čelistí, ale tu převzala firma *MIWA*, protože se začalo jednat o zaslání vzorových pouchů na testování. [17]



Obr. 64.: Konstrukce zásobníku víček

Jako pohon čelistí budou využity dva pneumatické válce CRDNG-32-80-PPV-A---_0_. Jsou to stejné pohony jako ty, které jsou používány pro pohyb přísavek při roztahování pouche. Tento motor bude stejně připevněn ke konstrukci řetězového dopravníku, lišit se bude jen připevnění tavicích čelistí, to v tuhle chvíli nelze zkonstruovat, jelikož dodavatel ještě neurčil optimální čelisti a nedodal technické výkresy ani základní rozměry. [17]

4.6.2. Srovnání pouche

Mechanismus tohoto úkonu je poměrně jednoduchý. Už se zde počítá s tím, že pouch nebude potřeba roztahovat jako u minulých stanovišť, jelikož pouch plný potraviny bude držet tvar. Bude tedy narovnan tak, že dvě tenké kruhové tyče připevněné kolmo k ose malých krokových motorů vlivem rotace těchto motorů sjedou do pouche a roztáhnou ho. Jedná se o krokový motor NEMA8-4060 od dodavatele *Servodrive*, od něhož je také motor uzavírající tubus stanice plnění. Konstrukce, na niž jsou motory upevněny, zajišťuje nastavitelnou vzdálenost motorů, a tedy i míru roztažení pouche. Stejně jako u motoru na uzávěru tubusu ze stanice plnění je pohyb těchto motorů omezen mechanickými dorazy místo senzorů hlídajících polohu. Následující obrázek ukazuje jednu tyč v horní a jednu v dolní poloze, tak jak roztahuje pouch. [18]



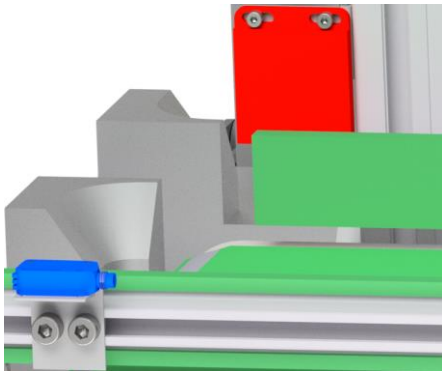
Obr. 65.: Konstrukce zásobníku víček

4.7. Senzory

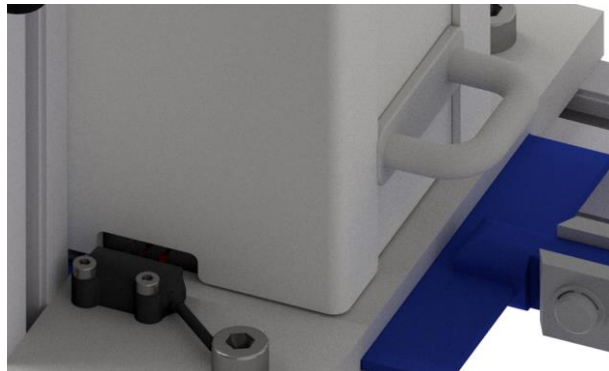
Při návrhu linky je správné navrhnutí senzorů klíčovým krokem pro dosažení bezpečnosti a spolehlivosti provozu. Senzory jsou zásadním prvkem pro sběr dat a řízení procesů v rámci linky. Důkladným a správným návrhem senzorů lze získat cenné informace o stavu, polohách, rychlostech a dalších důležitých parametrech, které mají vliv na výkon a funkčnost linky. Odkazy na jednotlivé senzory se budou nacházet v příloze č.2, kterou je seznam čidel a řídicích prvků doporučený firmě MIWA Technologies. [12]

4.7.1. Stanoviště zakládání

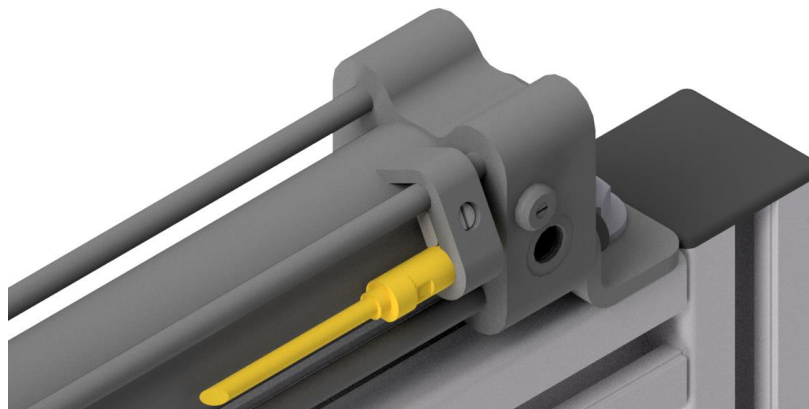
Na stanovišti zakládání se musí kontrolovat, že je v zásobníku komponenta k založení a senzory sledující proces zakládání. [12]



Obr. 66.: Senzor na konci pásového dopravníku (modře), odrazka (červeně)



Obr. 67.: Senzor kontrolující víčka v kartuši



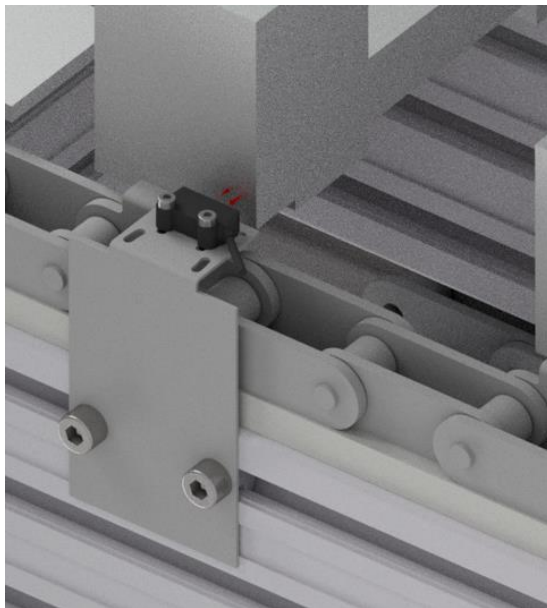
Obr. 68.: Připevnění senzoru (žlutě) k pohonu

1. Kontrola kapsle na pásovém dopravníku – Zde bude kontrolováno, jestli je na páse kapsle k založení do dalšího unašeče. Senzor se bude nacházet na úplném konci dopravníku, takže dopravník založí kapsli a následně pojedje, dokud nepřijede další kapsle k senzoru. Vybraný senzor je odrazová světelná závora (červený laser) od firmy Festo, laser generovaný se odráží od odrazky naproti. Přerušování laseru indikuje, že přijela kapsle.

2. Kontrola víčka v zásobníku – Senzor bude kontrolovat, jestli je v zásobníku další víčko k založení. Jako senzor bude použit odrazový světelný spínač (červené světlo 30 mm). Pokud se před senzor přiblíží na menší vzdálenost než 30 mm, tak je detekováno senzorem vyzařované červené světlo.
3. Krajní polohy pístu – Při zakládání víček je potřeba vědět, kdy píst dojde do jedné ze dvou krajních poloh. Jedna poloha je při zasunutém pístu, kdy do podavače zapadne nové víčko a pohon je připraven na zakládání do dalšího unašeče. Druhá poloha je při vysunutém pístu, kdy je víčko založené a píst se může vracet. Použity budou dva senzory připevněné zvenku na válec. Ty hlásí, pokud se přiblíží magnet umístěný v pístu. Senzor prodává také firma *Festo* jako příslušenství k válci.

4.7.2. Stanoviště zatlačování

Toto je stanoviště nejnáchylnější na polohu kapsle, také je třeba kontrolovat polohu pohonu zatlačování, podtlak přísavek a polohu pohonu přísavek.



Obr. 69.: Senzor sloužící k zastavení dopravníku

1. Poloha kapsle – Senzor zodpovědný za kontrolu polohy kapsle je odrazový světelný spínač (červené světlo 80 mm). Pokud se před senzor přiblíží kapsle na menší vzdálenost než 80 mm, tak je detekováno senzorem vyzařované červené světlo. Senzor je připevněn z boku řetězového dopravníku a kontroluje, kdy kapsle přijede pod stanici zatlačování.
2. Kontrola podtlaku – Tlakové čidlo připojené k pneumatickému vedení před přísavkou bude značit, že přísavky uchopily pouch.

3. Poloha pohonu přísavek – Je potřeba kontrolovat, kdy píst přijede do zasunuté polohy, protože pokud tlakové čidlo indikuje, že přísavka drží pouch a zároveň je píst zasunutý, tak může motor zatlačování jet dolů.
4. Poloha pohonu zatlačení – U pohonu zatlačování jsou měřené dvě polohy, první poloha je horní, píst je zasunutý a řetězový dopravník může být spuštěn, druhá poloha je dolní, vysunutý píst značí, že pouch je zatlačen.

4.7.3. Stanoviště plnění

Na tomto stanovišti je potřeba měřit váhu potraviny v mezinásypce, polohu hlavního pohonu stanice plnění a kontrolovat přítomnost kapsle. Také zde budou všechny senzory spojené s otevíráním pouche rozebírané v minulé podkapitole. [12]

1. Vážení obsahu násypky – Jak již bylo rozebráno v kapitole věnující se stanici plnění, k vážení potraviny budou využívány tři tenzometrické senzory. Ty budou měřit rozdíl mezi váhou na začátku měření a váhou na konci měření. To proto, aby měření neovlivňovaly elektrické kabely vedoucí ke krokovému motoru.
2. Poloha hlavního pohonu stanice plnění – Použit je zde podobný senzor jako u měření polohy předešlých pneumatických pohonů. Funguje na stejném principu detekce magnetu, jinak se na pohon připevňuje. Zjišťujeme, kdy je tubus úplně zajetý v kapsli a je možné otevřít uzávěr, a kdy je mezinásypka v horní poloze, aby mohlo začít plnění šnekovým dopravníkem.
3. Kontrola přítomnosti kapsle – Protože stanice plnění je jediné stanoviště, u kterého vadí, že by se spustilo bez kapsle na dopravníku, tak tu bude odrazový světelný spínač (červené světlo 80 mm) stejně jako na stanici zatlačování. Tady ale senzor nebude zastavovat řetězový dopravník, jen bude sloužit jako podmínka ke spuštění procesu plnění.

4.7.4. Stanoviště zatavování

Na stanovišti zatavování se nachází jen jeden senzor, a to ten co sleduje polohu pohonu tavících čelistí. Na každém pneumatickém pohonu bude jeden, který sleduje, kdy dojedou do krajní vysunuté polohy. Od chvíle, kdy budou oba písty plně vysunuté, začne běžet odpočet, který hlídá dobu, po kterou budou čelisti svařovat pouch. [12]

5. Závěr

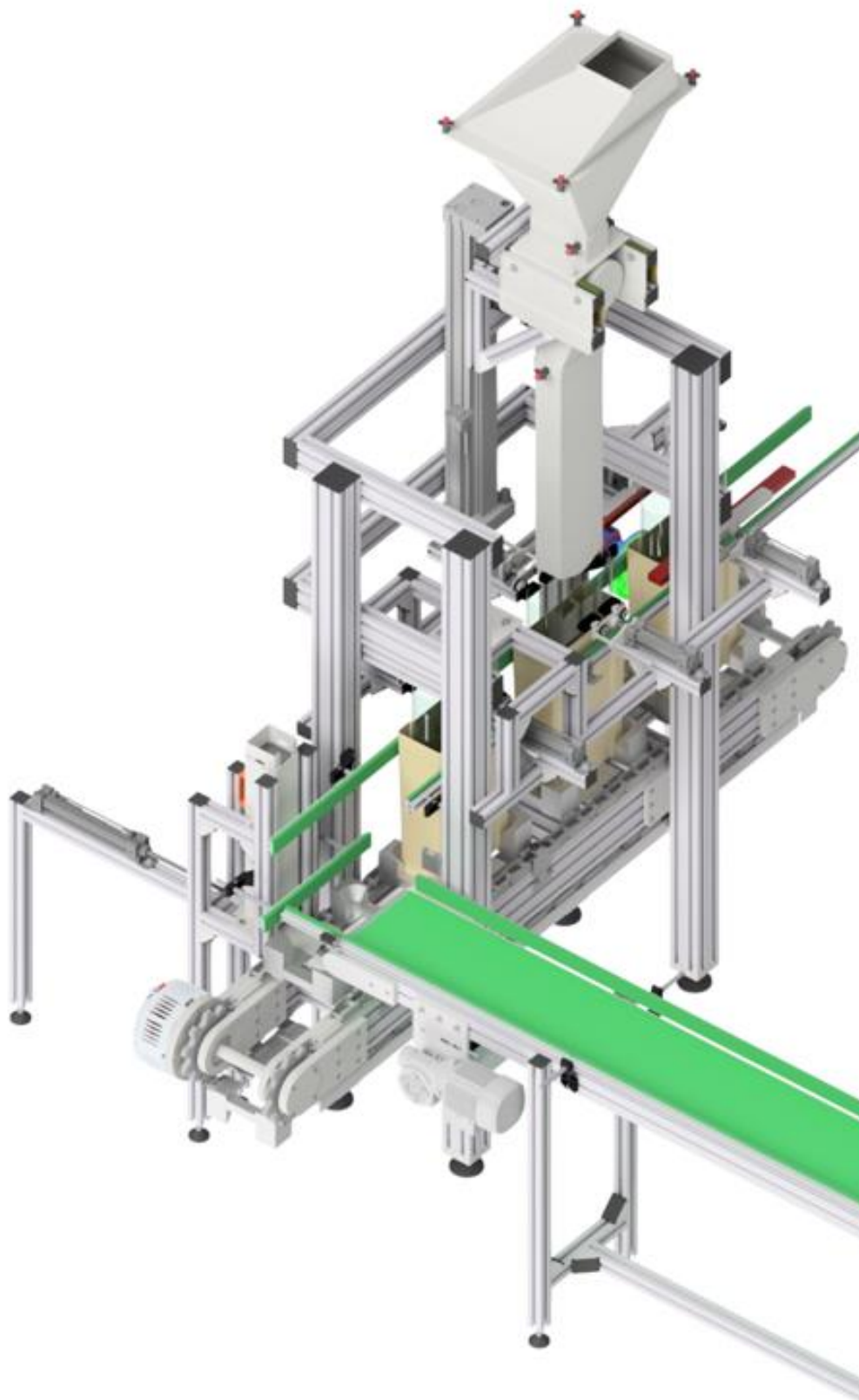
Cílem této práce bylo navrhnout balící linku, která by automatizovala již zasetý proces balení potravin do kapslí firmy *M/WA*. Jisté aspekty tohoto procesu byly pozměněny, zejména pořadí, ve kterém je kapsle sestavována, aby bylo možné proces zautomatizovat.

V první, teoretické části práce jsem se věnoval řešeni dopravníků. Porovnávám a popisuji zde některé z mnoha provedení a konstrukčních řešení dopravníků, které by byly použitelné při návrhu této linky. Porovnávám jejich klady a zápory, aby bylo možné vybrat nejvhodnější dopravníky pro použití v této balící lince.

V praktické části se věnuji návrhu samotné linky. Nejprve popisuji návrh řetězového dopravníku, vypočítávám zde potřebné parametry pohonu a navrhuji unašeč. Hlavní body praktické části jsou ale koncepční návrhy jednotlivých stanišť linky. U stanišťě zakládání je to mechanismus zakládání víčka, u stanice zatlačování se věnuji hlavně systému otevírání pouche a u stanice zatavování mechanismu rovnající pouch před svařením. V podkapitole stanice plnění, což byla nejobsáhlejší část, se věnuji hlavně návrhu uzávěru tubusu a vibrátoru. Nakonec jsem shrnul návrh senzorů pro celou linku.

Během zpracování Bakalářské práce jsem se potýkal s nedostatkem aktuálnější literatury týkající se dopravníků. Drtivá většina odborných zdrojů jsou katalogy výrobců dopravníků a dalších nakupovaných součástek. Velký problém jsem měl s dodavateli techniky svařující plastové filmy. V katalogích nebyly k nalezení žádné rozměry a ani na požádání firmy nechtěly dodat základní velikosti součástek. Nakonec ale došlo k domluvě s německou firmou, které byly i zaslány pouche k testování a optimalizaci svařecích čelistí.

Při samotné tvorbě 3D modelu jsem dosahoval výpočetních limitů mého počítače. To bylo zapříčiněno převážně složitostí a rozsáhlostí sestav. V pozdějších fázích projektu jsem se tomu snažil předcházet rozdělováním sestav na co největší množství jednotlivých podsestav a prací přímo na těchto menších celcích. U velké sestavy potíže pomáhaly potlačovat optimalizace programu a zobrazování modelů ve zjednodušeném módu.



Obr. 70.: Celková Sestava linky

Seznam použité literatury

- [1] PETRŮ, Adolf. *Odpady v přírodním prostředí a ve vodním hospodářství*. Praha: SNTL, 1979.
- [2] *MIWA Technologies* [online]. Praha: -, 2019 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.miwa.eu/cs/o-nas>
- [3] CVEKL, Zdeněk a Jaroslav ZAVADIL. *Zdvíhací stroje a dopravníky*. Vydání první. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958.
- [4] Eshop/katalog Alutec. In: *Alutec* [online]. Čelákovice - Záluží Česká republika: -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://katalog.aluteckk.cz/produkt/profil-40x160-164016/>
- [5] Eshop/katalog Haberkorn. In: <https://www.haberkorn.cz/> [online]. -: -, - [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/>
- [6] *Kataloh nazvas* [online]. 687 03 Huštěnovice 399, 2023 [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: <https://www.navzas.cz/snekove-dopravniky>
- [7] Katalog Tsubaki. In: *Tsubaki* [online]. Dordrecht The Netherlands: -, 2007 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: https://www.contra.cz/file/TSUBAKI/retezy_s_unaseci/unasece.pdf
- [8] Eshop/katalog Feron. In: <https://online.ferona.cz/> [online]. Praha: -, 2017 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>
- [9] Eshop/katalog Atlas Copco. In: *Atlascopco* [online]. praha: -, 2023 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.atlascopco.com/cs-cz/itba/products/air-motors/lzl05-bf322-b-012-sku8411180857>
- [10] Eshop/katalog golpretech. In: *Golpretech* [online]. Brno: -, 2017 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.golpretech.cz/36-pneumaticke>
- [11] *Eshop/katalog Eles+Ganter* [online]. In: . Praha, 2023 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/cs/cze/produkty/madla--1002/Madla--Madla--EMPC#sortBy=0&facetvalue=>
- [12] *Katalog festo* [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: <https://www.festo.com/cz/cs/>
- [13] Katalog Megatron. In: *Megatron* [online]. Mrštíkova 16,10000 Praha 10 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.megatron.cz/coku8a2er/uploads/2023/01/ft-zfa-fe-1018a.pdf>
- [14] *Katalog průmyslové vibrátory* [online]. Praha, 2022 [cit. 2023-06-19]. Dostupné z: <https://www.prumyslove-vibratory.cz/Pneumaticky-kulickovy-vibrator-S8-d12.htm>
- [15] *Katalog HotAir* [online]. Michálkovická 2098/86B 710 00 Ostrava, 2021 [cit. 2023-06-19]. Dostupné z: <https://www.hotair.cz/detail/svarecky-folii/klestove-svarecky/svareci-kleste-na-folie-30cm-fkr-300.html>

- [16] *Katalog Technology* [online]. Na Sádce 780/20, 149 00 Praha 4 – Chodov, 2023 [cit. 2023-06-19]. Dostupné z: <https://www.technology.cz/balici-stroje/prumyslova-a-prubezna-svareci-zarizeni/impulsni-pneumaticke-svareci-zarizeni-si-si-vacuum-med-1904/#tab-2>
- [17] *Katalog ropex* [online]. ROPEX Industrie-Elektronik GmbH Adolf-Heim-Str. 4, 2023 [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: <https://www.ropex-group.com/downloads/49t6yr0p3x/>
- [18] *KATALOG SEVODRIV* [online]. 2023 [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: https://servo-drive.cz/krokov_e_motory.php

Seznam obrázků

Obr. 1.: Foto těla kapsle, víčka kapsle, pouche a víčka pouche	2
Obr. 2.: Detail modelu víčka pouche	2
Obr. 3.: Systém kapslí v Albertu na Chodově.....	3
Obr. 4.: Příklad pásového dopravníku	5
Obr. 5.: Příklad řetězového dopravníku.....	6
Obr. 6.: Příklad válečkového dopravníku.....	7
Obr. 7.: Příklad šnekového dopravníku	8
Obr. 8.: Schéma stanovišť linky	9
Obr. 9.: Zástavbové schéma linky	10
Obr. 10.: Schéma konce dopravníku.....	10
Obr. 11.: Obrázek grafu závislosti zrychlení na čase.....	11
Obr. 12.: Obrázek grafu závislosti dráhy na čase.....	11
Obr. 13.: Obrázek kapsle s rozměry dna.....	12
Obr. 14.: Pohled na řetěz s třemi modifikovanými články.....	12
Obr. 15.: Pohled shora na navržený přípravek unašeče zvoleného řetězu	12
Obr. 16.: Pohled ze spodu na navržený přípravek unašeče zvoleného řetězu	12
Obr. 17.: Popis uchycení řetězu	13
Obr. 18.: Domeček řetězového kola	14
Obr. 19.: Dvojice domečků propojená hřídélí.....	14
Obr. 20.: Spojení dlouhým šroubem.....	14
Obr. 21.: Spojení T-maticí šroubem.....	14
Obr. 22.: Komplet řetězového dopravníku s konstrukcí na připojení pracovních stanic.....	15
Obr. 23.: Schéma poměru zrychlení kapsle	17
Obr. 24.: Lopatkový vzduchový motor se spirálovou převodovkou	19
Obr. 25.: Obrázek grafu závislosti výkonu, momentu a se spotřeby vzduchu v závislosti na otáčkách ..	19
Obr. 26.: Brzda RE-COMBIFLEX XT.7	20
Obr. 27.: Obrázek linky s popsanými stanovišti.....	21
Obr. 28.: Pásový dopravník na kapsle.....	22
Obr. 29.: Zásobník víček.....	23
Obr. 30.: Pohled na kartuši zepředu	24
Obr. 31.: Pohled na kartuši zezadu	24
Obr. 32.: Detail rukojeti kartuše	24
Obr. 33.: Detail kruhové tyče s plechem	24
Obr. 34.: Původní návrh zakládání víček.....	25
Obr. 35.: Víčko zapadlé v kapsli	26
Obr. 36.: Horní pohled na stanoviště zakládání.....	26

Obr. 37.: Konstrukce zásobníku víček	27
Obr. 38.: Nástavec pro připevnění přísavek na konec pístnice	28
Obr. 39.: Sestavený mechanismus otevírání pouche	28
Obr. 40.: Mechanismus otevírání pouche na konstrukci řetězového dopravníku.....	29
Obr. 41.: Vakuový ejektor	29
Obr. 42.: Kuželka pro zatlačování pouche	30
Obr. 43.: Konstrukce připevnění pohonu zatlačování pouchů	30
Obr. 44.: Schéma stanice vážení	31
Obr. 45.: Sestavená mezináspka s krytem	32
Obr. 46.: Pojistný čep zajištěný kuličkou	32
Obr. 47.: Schéma uzávěru tubusu šoupátkem.....	33
Obr. 48.: Schéma uzávěru tubusu rotujícím válcem.....	33
Obr. 49.: Mechanismus uzávěru tubusu šoupátkem.....	33
Obr. 50.: Uzávěr tubusu šoupátkem.....	33
Obr. 51.: Rotující válec uzávěru	34
Obr. 52.: Uzávěr tubusu rotujícím válcem	34
Obr. 53.: Uzávěr tubusu na konstrukci	34
Obr. 54.: Konstrukce uzávěru – přední pohled.....	35
Obr. 55.: Konstrukce uzávěru – zadní pohled.....	35
Obr. 56.: Motor uzávěru se spojkou	35
Obr. 57.: Uzávěr tubusu.....	35
Obr. 58.: Konstrukce zásobníku víček	36
Obr. 59.: Konstrukce motoru stanice plnění s tenzometry.....	37
Obr. 60.: Sestavená stanice plnění	37
Obr. 61.: Konstrukce zásobníku víček	39
Obr. 62.: Ruční kleště ke svařování plastového filmu.....	39
Obr. 63.: Impulzní pneumatické svářecí zařízení	40
Obr. 64.: Konstrukce zásobníku víček	40
Obr. 65.: Konstrukce zásobníku víček	41
Obr. 66.: Senzor na konci pásového dopravníku (modře), odrazka (červeně)	42
Obr. 67.: Senzor kontrolující víčka v kartuši	42
Obr. 68.: Připevnění senzoru (žlutě) k pohonu.....	42
Obr. 69.: Senzor sloužící k zastavení dopravníku.....	43
Obr. 70.: Celková Sestava linky.....	46

Seznam tabulek

Tab. 1.: Rozměry řetězu z katalogu Tsubaki	13
Tab. 2.: Váhy jednotlivých pohyblivých součástí řetězového dopravníku	17

Seznam příloh

1. Model sestavy linky ve formátu STEP
2. Seznam doporučených čidel