



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

# **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh zařízení pro plnění a dopravu  
vzorku zrnin v uzavřeném pouzdře**

**Design of Equipment for Filling and  
Transport of Grain Sample in Closed  
Case**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2019**

**Bc. Filip DVOŘÁK**

**Studijní program:** N2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ

**Studijní obor:** 2301T047 Dopravní letadlová a transportní technika

**Vedoucí práce:** Ing. Josef Kamenický



Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Návrh zařízení pro plnění a dopravu vzorku zrnin pomocí uzavřeného pouzdra“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Josefa Kamenického, s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 22. 07. 2019

Filip Dvořák .....

Podpis



## Poděkování

*Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli nápomocni při vypracování této diplomové práce, zejména svému vedoucímu Ing. Josefu Kamenickému za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. V neposlední řadě chci také poděkovat své rodině za neustálou podporu během celého studia.*

## Anotační list

- Jméno autora: ***Filip Dvořák***
- Název DP: *Návrh zařízení pro plnění a dopravu vzorku zrnin pomocí uzavřeného pouzdra*
- Anglický název: *Design of Equipment for Filling and Transport of Grain Sample in Closed Case*
- Rok: 2019
- Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
- Obor studia: 2301T047 Dopravní letadlová a transportní technika
- Ústav: *Ústav konstruování a částí strojů*
- Vedoucí DP: *Ing. Josef Kamenický*
- Bibliografické údaje: počet stran 64  
počet obrázků 82  
počet tabulek 18  
počet příloh 5
- Klíčová slova: vzorkovač zrnin, vzorkování, dopravníky, pneumatická pošta, jednoúčelový stroj, uzavřená pouzdra, plnicí zařízení
- Keywords: grain sampler, sampling, conveyors, pneumatic tube system, single purpose machine, closed carriers, filling machine
- Anotace: Cílem této diplomové práce je vytvořit „Návrh zařízení pro plnění a dopravu vzorku zrnin pomocí uzavřeného pouzdra“. Práce obsahuje rešerši dané problematiky a návrhy vlastní konstrukce. K této práci byl vytvořen 3D model celého zařízení včetně základní výkresové dokumentace.
- Abstract: The object of this master's thesis is to create „Design of Equipment for Filling and Transport of Grain Sample in Closed Case“. The thesis contains analysis of the problems and then own design of the construction. There was created 3D model of completed filling machine including assembly drawings.

## Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Rešerše.....	3
2.1.	Legislativa – normy .....	3
2.2.	Vzorkovací zařízení.....	4
2.2.1.	Vzorkovač.....	4
2.2.1.1.	Sloupcová varianta.....	4
2.2.1.2.	Portálová varianta.....	4
2.2.2.	Vzorkovací sondy .....	5
2.3.	Možnosti přepravy vzorku .....	6
2.3.1.	Pásový dopravník.....	6
2.3.2.	Válečkový dopravník nehnaný – gravitační.....	7
2.3.3.	Válečkový dopravník hnaný .....	8
2.3.4.	Spádový dopravník – skluzová trubka .....	9
2.3.5.	Potrubní pošta .....	9
2.3.6.	Porovnání dopravníků .....	10
2.4.	Potrubní pošta .....	11
2.4.1.	Historie .....	11
2.4.2.	Současnost.....	12
2.4.3.	Základní parametry .....	12
2.4.4.	Konstrukční prvky.....	13
2.4.4.1.	Potrubí .....	13
2.4.4.2.	Přepavní pouzdra .....	14
2.4.4.3.	Stanice .....	14
2.4.4.4.	Diverter (přesměrovač).....	15
2.4.4.5.	Dmychadlo.....	15
2.4.5.	Údržba .....	16
2.5.	Identifikace pouzder .....	16
2.6.	Automatické plnění pouzder – jednoúčelový stroj.....	17
2.6.1.	Obecné informace .....	17
2.6.2.	Prvky jednoúčelových strojů .....	17
2.6.2.1.	Rám .....	17
2.6.2.2.	Pohony.....	18
2.6.2.3.	Lineární vedení .....	19

2.6.2.4.	Elektronika .....	19
2.6.2.5.	Frekvenční měnič .....	21
2.6.2.6.	Ostatní komponenty .....	22
3.	Konstrukce zařízení .....	23
3.1.	Výchozí parametry .....	23
3.2.	Návrh č.1 .....	24
3.3.	Návrh č.2 .....	25
3.3.1.	Rám zařízení .....	26
3.3.1.1.	Charakteristika .....	26
3.3.1.2.	Zvolené komponenty .....	26
3.3.2.	Zásobník pouzder .....	27
3.3.2.1.	Charakteristika .....	27
3.3.2.2.	Komponenty .....	28
3.3.3.	Plnění pouzder .....	33
3.3.3.1.	Charakteristika .....	33
3.3.3.2.	Komponenty .....	35
3.3.4.	Transport pouzder .....	40
3.3.4.1.	Charakteristika .....	40
3.3.4.2.	Komponenty .....	42
3.3.5.	Algoritmus řízení .....	44
3.3.5.1.	Typy a umístění senzorů .....	44
3.3.5.2.	Algoritmické schéma .....	45
4.	Sestavení kompletního zařízení .....	46
5.	Závěr .....	49
	Seznam použité literatury .....	51
	Seznam zkratk a symbolů .....	56
	Seznam obrázků .....	56
	Seznam tabulek .....	58
	Seznam příloh .....	58

# 1. Úvod

Vzorkování je nezbytnou součástí procesu přepravy a skladování zrnin. Principem vzorkování je získat reprezentativní vzorky z celé šarže tak, abychom mohli s určitou přesností odhadnout podíl složek dané šarže. Ze znalostí chemického složení můžeme kvalifikovaně rozhodnout, jak dále naložit s přivezeným nákladem. Kontrola spočívá především ve zjišťování přítomnosti vlhkosti, plísní a jiných látek znehodnocujících materiál. Tento proces nám dává možnost vyhnout se kontaminaci většího množství uskladněných zrnin např. jednou znehodnocenou dávkou, jejíž kontaminanty se mohou vmísit do „zdravého“ materiálu. Cílem je tedy minimalizovat tyto ztráty pomocí komplexního rozboru stavu zrní.

Vzorky je možné získávat více způsoby, které jsou popsány normou ČSN EN ISO 24333. V základě se vzorkuje v několika normou daných bodech, což by mělo zajistit složení procentuálně odpovídající celé šarži s minimální chybou. Jako základní nástroj pro získávání vzorku se používá vzorkovací sonda. Tato sonda se používá mnoha způsoby od ručního po plně automatické vzorkování, které přináší výhodu především v rychlosti celého procesu vzorkování. Dle způsobu použití je tato sonda provedena v různých modifikacích. Tvar a provedení sondy je opět detailně popsáno ve výše uvedené normě.

V dnešní době, kdy je v průmyslu všeobecný tlak na rychlost procesů a množství výrobků, se stále více uplatňuje strojová automatizace, která umožňuje snížení času na jeden takt. Ruční vzorkování se dnes tedy ubírá do pozadí a stále častěji se upřednostňují automatické vzorkovače zrnin. Problematikou však zůstává přeprava vzorků ze vzorkovače do laboratoře, kde probíhá kontrola složení. Aby tato kontrola proběhla s co nejmenšími nejistotami, musíme vzorek přepravit nejlépe bez jakéhokoliv kontaktu s okolním prostředím, které by mohlo vzorek znehodnocovat. Z tohoto důvodu se často využívá hermeticky uzavřených pouzder, v nichž jsou vzorky uloženy v průběhu celé přepravy. Další problém celkové automatizace procesu vzorkování je samotné plnění pouzder. Zde průmyslová výroba nabízí pouze jakási univerzální plnicí zařízení, které jsou ale z mnoha důvodů nevhodná pro naši aplikaci.

Cílem této diplomové práce je tedy provést rešerši možných druhů dopravy uzavřených pouzder určených pro dopravu zrnin. Vybrané způsoby dopravy pak vhodně porovnat a zvolit nejideálnější variantu. Dalším krokem je prozkoumat konstrukční prvky jednoúčelových strojů a vytypovat z nich takové, které by mohly být

použity v navrhovaném plnicím zařízení. Úkolem je také zjistit vhodné řešení pro elektronickou identifikaci uzavřených pouzder.

Se znalostí nashromážděných informací je pak zadáním navrhnout varianty řešení zásobníku pouzder, jejich automatického plnění a dopravu. Nato detailněji rozpracovat optimální variantu a algoritmus pracovního cyklu. Ke zvolené variantě také provést výpočty pohonů a klíčových konstrukčních prvků.

Na základě těchto výsledků poté vytvořit 3D model navrženého konstrukčního řešení, sestavný výkres celého zařízení a dílčí sestavy.



## 2. Rešerše

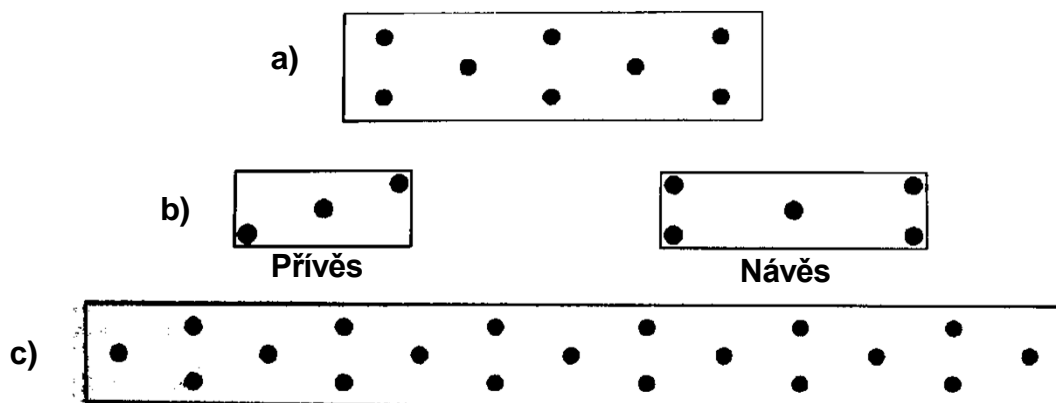
### 2.1. Legislativa – normy

Problematika vzorkování zrnin je řešena normou ČSN EN ISO 24333 – Obiloviny a výrobky z obilovin – vzorkování. Tato norma podrobně popisuje možnosti a způsoby získávání vzorků zrnin. Obsahuje detailní návod, jak a za jakých podmínek lze získávat vzorky zrnin, aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího poměru jednotlivých složek v celém objemu. V tabulce 1 jsou vypsány základní fyzikální parametry dané pro jeden vzorek, které budou sloužit jako vstupní hodnoty pro následující volbu dopravníku. Norma také stanovuje podmínku transportu, který musí probíhat v uzavřeném pouzdře z kvalitativních důvodů. [1]

Tab. 1.: Základní fyzikální vlastnosti jednoho vzorku [1]

Veličina	Hodnota
Rozsah hmotnosti dílčího vzorku	0,4 – 3 kg
Průměrná hustota obilovin	800 kg/m <sup>3</sup>
Objem	3,75 dm <sup>3</sup>

Důležitou součástí vzorkování je také rozmístění odebíracích bodů. Na obr. č. 1 jsou půdorysně znázorněny příklady odebíracích pozic, opět daných normou.



Obr. 1.: Schéma rozmístění odebíracích bodů [1]

- a) pro nákladní automobily v „jednom kuse“ (např. sklápěčka, souprava s návěsem) – 8 bodů
- b) pro nákladní automobily rozdělené na návěs a přívěs – 8 bodů
- c) příklad rozvržení vzorkovacích bodů na počet 25

## 2.2. Vzorkovací zařízení

Základní způsoby vzorkování byly částečně zmíněny už v úvodu práce. V následujících odstavcích jsou detailněji popsány vzorkovače, které slouží k automatickému strojovému vzorkování.

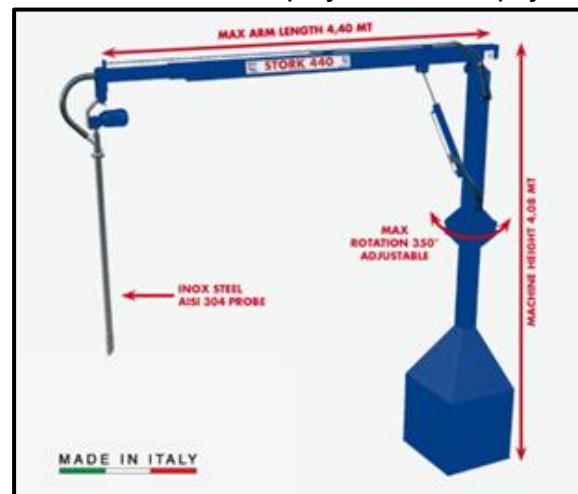
### 2.2.1. Vzorkovač

Vzorkovače zrnin lze rozdělit zejména podle typu jejich konstrukce. Zde zmíním dvě základní varianty využívané v průmyslu.

#### 2.2.1.1. Sloupová varianta

Tento typ vzorkovače je navržen tak, že spodní sloupová část je pevně uložena na betonovém podloží pomocí kotevních šroubů. Horní část sloupu je většinou spojena se spodní částí pomocí ložisek, která umožňují rotaci kolem svislé osy. Rameno je spojeno se základnou prostřednictvím čepu tak, aby bylo umožněno zdvihání a sklápění ramene. Samotné pohyby jsou pak vyvozeny některým druhem motorů.

Jedná se o levnější variantu konstrukce, která je omezena dosahem vzorkovací sondy.



Obr. 2.: Vzorkovač – sloupová varianta [2]

#### 2.2.1.2. Portálová varianta

Tato varianta se od předchozí liší především v konstrukci základny a uložení ramene. Rameno vzorkovače je na konstrukci uloženo portálovým způsobem.

Elektromotor zde zajišťuje posuvný pohyb portálu po základně. Na obrázku č. 3 lze vidět variantu, jejíž konstrukce disponuje i otočným ložiskem, tedy je zde možnost i otáčení ramene kolem svislé osy. Na trhu se však objevují i jednodušší varianty, které tuto možnost postrádají. Portálová konstrukce umožňuje vzorkování nákladního vozu bez nutnosti poježdění.



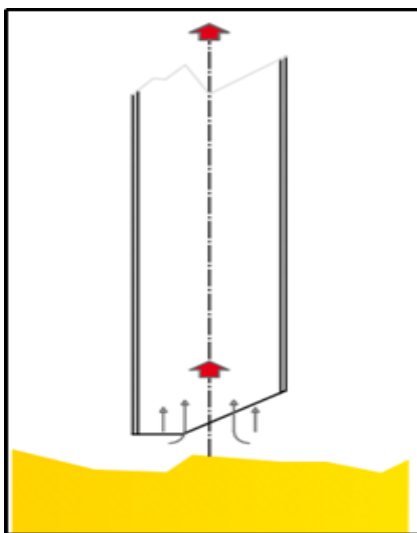
Obr. 3.: Vzorkovač – portálová varianta [2]

### 2.2.2. Vzorkovací sondy

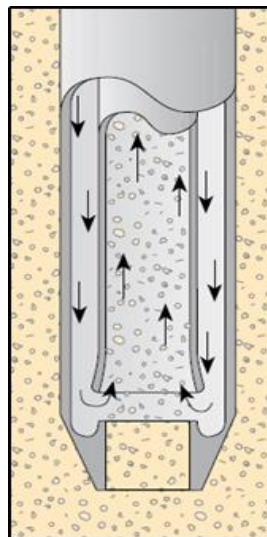
Sondy se dělí podle konstrukce na tři typy. Každá z konstrukcí má svou specifickou úlohu. Na konkrétní typy zrnin existují konkrétní typy vzorkovacích sond. Sondy jsou vyráběny z nerezové oceli, nejčastěji z AISI 304 (potravinářská ocel). Nerezová ocel je použita z důvodu odolnosti proti korozi a hlavně má tzv. pasivní antikontaminační vrstvu (dostupná bez jakýchkoli úprav, není tedy třeba používat žádné antikoroziční nátěry).

Nerezová ocel v potravinářství by měla mít cca 18% podíl chromu – právě tehdy vykazuje nejvyšší odolnost vůči korozi i při vystavení agresivním tekutinám. Jednotlivé státy i EU mají vlastní směrnice, které se zabývají právě minimálním podílem chromu. [3]

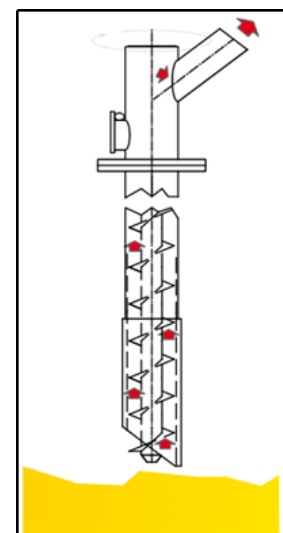
Běžně se vyrábějí tři základní varianty, které jsou vyobrazeny níže. Liší se především v principu získávání vzorku. Jednocestná sonda na obr. č. 4 využívá ke sběru zrna pouze podtlak. U dvoucestné sondy je pneumatický obvod uzavřen a dochází tak k využití přetlaku vytvořeného na výstupu dmychadla. Přetlak je přiveden do obalové vrstvy sací sondy a zvyšuje tak účinnost sání. Princip je zřetelný z obr. č. 5. Posledním typem jsou spirálové sondy, které ke sběru zrna využívají šnek.



Obr. 4.: Jednocestná sonda [2]



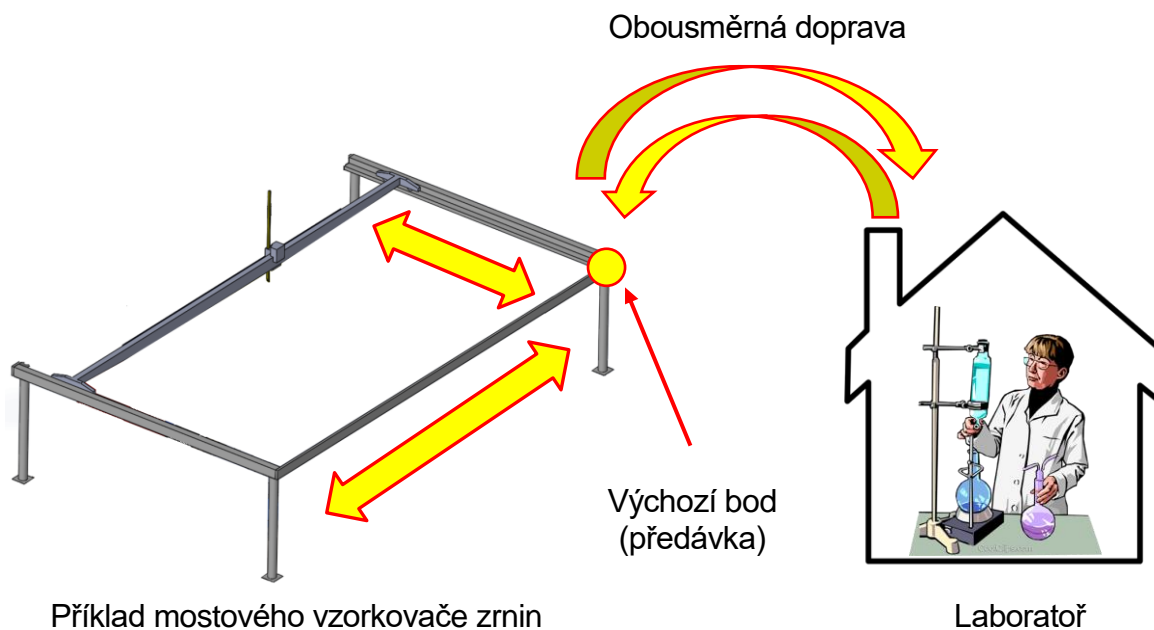
Obr. 5.: Dvoucestná sonda [2]



Obr. 6.: Spirálová sonda [2]

## 2.3. Možnosti přepravy vzorku

Na obr. č. 7 je znázorněno obecné schéma příkladu mostového vzorkovače zrnin a příslušné logistiky vzniklých vzorků, ze které budou vycházet následující návrhy.



Obr. 7.: Zjednodušené schéma logistiky vzorku zrnin [zdroj: autor]

Pro přepravu vzorku z místa vzorkovače do laboratoře se naskýtá více možností. Návrh je však omezen tím, že se přeprava orientuje na přepravu uzavřeného pouzdra, tedy kusového materiálu, ne sypkého. Dalším parametrem je modularita trasy a vzdálenosti 20 metrů a více. Přeprava pouzder musí být zajištěna obousměrně. Z těchto důvodů jsem do srovnání vybral takové dopravníky, které mají potenciál tyto podmínky splnit.

V následujících podkapitolách shrnuji základní vlastnosti, výhody a nevýhody vybraných dopravníků s ohledem na zadanou aplikaci.

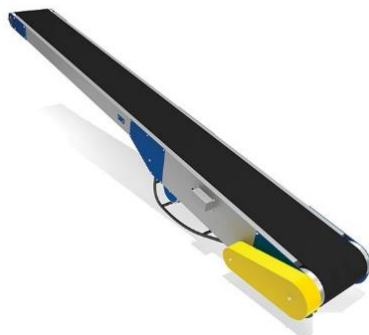
### 2.3.1. Pásový dopravník

Pásový dopravník je v principu soustava rotujících válečků a bubnů, které jsou obepnuty pásem z vhodného materiálu (nejčastěji pryže s textilií). Jeden nebo více z těchto bubnů jsou poháněny např. asynchronním elektromotorem (tzv. hnací bubn). Tato transportní část je umístěna na nosné konstrukci. Soustava je schematicky zobrazena na obr. č. 8.

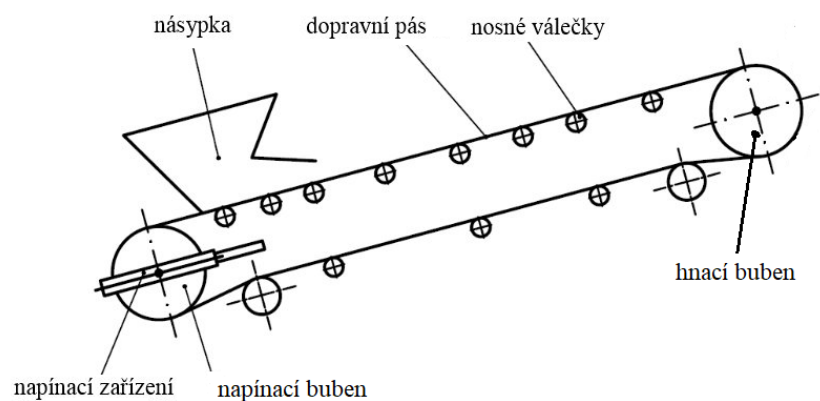
Pásový dopravník patří v průmyslu mezi nejrozšířenější způsoby přepravy. Je často využíván pro svoji univerzálnost a jednoduchost. Dalším znakem je široký rozsah základních parametrů jako jsou rychlost a hmotnost přepravovaného materiálu.

Slabinou dopravníku jsou vysoké nebo naopak nízké pracovní teploty, které by mohly poškodit pryžový pás. V mém případě se však pohybují v mezích venkovních teplot, ve kterých jsou tyto dopravníky běžně používány. Výhodou oproti dopravníkům využívající spád, je také možnost elevace.

Jelikož se v našem případě snažíme splnit podmínku neznečištění okolním prostředím, museli bychom dopravník modifikovat zakrytváním sloužícím jako ochrana např. proti dešti atd.



Obr. 9.: Pásový dopravník [4]



Obr. 8.: Schéma pásového dopravníku [5]

### 2.3.2. Válečkový dopravník nehnaný – gravitační

Nehnaný válečkový dopravník využívá k dopravě gravitační síly. Základním prvkem jsou volně rotující válečky, po kterých se materiál odvaluje k místu s nižší potenciální energií.

Zásadní předností tohoto způsobu transportu materiálu je, že není potřeba žádného pohonu. Nároky na spotřebu energie jsou tedy nulové.

Nevýhodou je neschopnost regulovat rychlost přesunu. Také z vlastního principu není možné materiál přepravovat směrem nahoru a bylo by tedy zapotřebí umístit elevátory mezi jednotlivé segmenty při přepravě na delší vzdálenosti. Opět je zde nutné řešit problém kontaktu s okolním prostředím – zakrytování.



*Obr. 10.: Válečkový gravitační dopravník [6]*

### 2.3.3. Válečkový dopravník hnaný

Konstrukcí je hnaný válečkový dopravník velice podobný uvedenému dopravníku v předchozí kapitole. Zásadní rozdíl je však v principu přepravy. Jednotlivé rotující válečky jsou vzájemně mechanicky propojeny a celý tento mechanismus je hnán elektromotorem.

Výhodou tohoto řešení je zmíněný aktivní pohon, který umožňuje transport nezávislý na spádovosti. Dalšími přednostmi jsou jednoduchost, modularita a možnost vést trať dopravníku do oblouku.

U válečkových dopravníků bývá obecně problém vést trať ve sklonu nahoru. To je možné pouze při mírných úhlech v kombinaci s dobrým třecím součinitelem mezi válečky a přepravovaným materiálem. V mém případě přepravování pouzdra válcovitého tvaru se jeví jakékoliv válečkové dopravníky jako nevhodné.



*Obr. 11.: Válečkový dopravník hnaný [7]*



### 2.3.4. Spádový dopravník – skluzová trubka

Podobně jako u nehnaného válečkového dopravníku i skluzová trubka využívá gravitační síly. Na rozdíl od předchozí varianty se k přesunu nevyužívá valení ale skluz.

Díky hmotnosti materiálu v kombinaci s gravitací tak získáváme možnost přepravy bez jakékoliv dodané energie. To se může jevit jako výhodný a jednoduchý transport, který je však vykoupen velice omezenou možností regulace rychlosti skluzu a nutností dodržovat minimální sklon zaručující pohyb materiálu. Podmínka dodržení minimálního sklonu je omezující zejména v situaci, kdy je potřeba přepravovat materiál na delší vzdálenost. Naskytá se zde možnost využít různých druhů elevátorů, s jejichž pomocí sestavíme kaskádu na delší trať. V mém případě se to však jeví jako zbytečně komplikované řešení.

Tato konkrétní modifikace skluzu (do tvaru trubky) řeší problém se zakrytváním díky uzavřenému profilu.



Obr. 12.: Skluzová trubka [8]

### 2.3.5. Potrubní pošta

Principem potrubní pošty je využití pneumatického způsobu dopravy (přetlakem nebo podtlakem) v uzavřené rouři. Konstrukcí se může podobat trubkovému spádu s rozdílem použitého materiálu, kterým jsou výhradně plasty. Svojí funkčností však může nabídnout daleko rozsáhlejší možnosti. Jako dopravní prostředek se používá specifické uzavřené pouzdro (kapsle), které těsní vnitřní rádius dopravního potrubí pomocí těsnících kroužků. Díky využití tlaku/podtlaku nás neomezuje spádovost, a proto můžeme cestu z potrubí konfigurovat v libovolných směrech. Výška a vzdálenost přepravy je samozřejmě omezena výkonem kompresoru, který plní funkci pohonu.

Největší předností této dopravy je téměř neomezená prostorová modularita při dodržení podmínky minimálního rádiusu traťového oblouku. Dalším konkurenčním parametrem je i rychlost přepravy.

Naopak jako problematická oblast potrubní pošty se jeví samotná pouzdra, která jsou omezena určitým objemem. Také maximální přepravovaná hmotnost se pohybuje v řádech jednotek až desítek kilogramů.



Obr. 13.: Přepravní pouzdro uvnitř potrubní pošty [9]

### 2.3.6. Porovnání dopravníků

Tabulka 2 ukazuje základní parametry jednotlivých dopravníků pro usnadnění finální volby zařízení, které bude použito pro naši aplikaci. V tabulce se pracuje s hodnotami zohledněných vůči dopravníkům průměrných dimenzí. Je tedy určité možné, že se porovnávané dopravníky vyrábějí i v jiných okrajových dimenzích. Vždy je posouzeno hledisko splnění požadovaných parametrů. Pro kvalifikovanou volbu finálního dopravníku bude tato metoda porovnání dat dostačující.

Tab. 2.: Přehled parametrů vybraných dopravníků

Typ dopravníku	Přepravní hmotnosti	Přepravní rychlosti	Modularita	Krytování	Obousměrná doprava	Cena
Pásový dopravník	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE
Válečkový dopravník nehnaný	ANO	NE	NE	NE	NE	ANO
Válečkový dopravník hnaný	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE
Spádový dopravník (skluz)	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO
Potrubní pošta	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO

ANO - splňuje podmínky

NE - nesplňuje podmínky



Z tabulky je názorné, že potrubní pošta má pro specifikaci mého zadání v porovnání s ostatními dopravníky řadu předností. Proto tento způsob přepravy volím jako konstrukční řešení dopravníku pro zadání této práce.

## 2.4. Potrubní pošta

V předchozí kapitole byla jako nejvhodnější způsob dopravy vybrána potrubní pošta. V následujících odstavcích proberu její charakteristiku podrobněji.

### 2.4.1. Historie

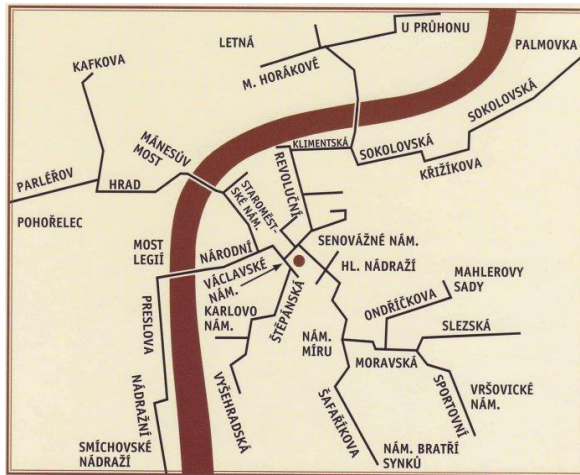
První zmínky o potrubní poště můžeme zaznamenat již v roce 1799, kdy její princip vynalezl skotský inženýr William Murdoch. Z důvodu nevhodných přepravních pouzder však trvalo dlouho, než byl systém komerčně nasazen. Použitelná konstrukce pouzder se objevila až v roce 1836. První komerční využití se datuje k roku 1853, kdy byla postavena a zprovozněna první trasa potrubní pošty v Londýně měřící 200 metrů. Ta sloužila výhradně k dopisním záležitostem, nejčastěji k burzovním a jiným finančním informacím, u kterých byl zásadní požadavek na rychlost předávky. [10]



Obr. 15.: Přejímky potrubní pošty – Londýn [10]    Obr. 14.: Instalované potrubí – Londýn [10]

Od té doby se systém začal rychle rozšiřovat po celém světě a ke konci 19. století již byly zprovozněny podzemní městské sítě v Německu, Francii, Rakousku, USA, ale také v Československu. Právě Praha byla jedním z prvních měst, ve kterých se takový způsob přepravy začal preferovat. Časem bylo pod městem postaveno kolem 55 kilometrů potrubní tratě. Na obrázku č. 17 je znázorněné zjednodušené schéma pražské stavby. Dodnes patří pražská potrubní pošta k světovým unikátům, a to díky historické hodnotě této technologie. Bohužel, v roce 2002 došlo kvůli velkým povodním

k rozsáhlému poškození podzemní části stavby. Od té doby je pošta nefunkční a postupně se pracuje na jejím obnovení, dnes již čistě kvůli historické hodnotě. [10]



Obr. 17.: Historické schéma pražské PP [10]



Obr. 16.: Přejímka pražské PP [10]

## 2.4.2. Současnost

Potrubní pošta může z moderního pohledu působit jako zastaralá technologie. V průmyslu není zastoupena v tak velké míře jako ostatní způsoby dopravy, ale nachází své uplatnění zejména ve zdravotnictví a bankovníctví. Objevuje se ale i v řadě dalších průmyslových odvětví, které mohou využít jejich předností, především rychlosti a modularity.

## 2.4.3. Základní parametry

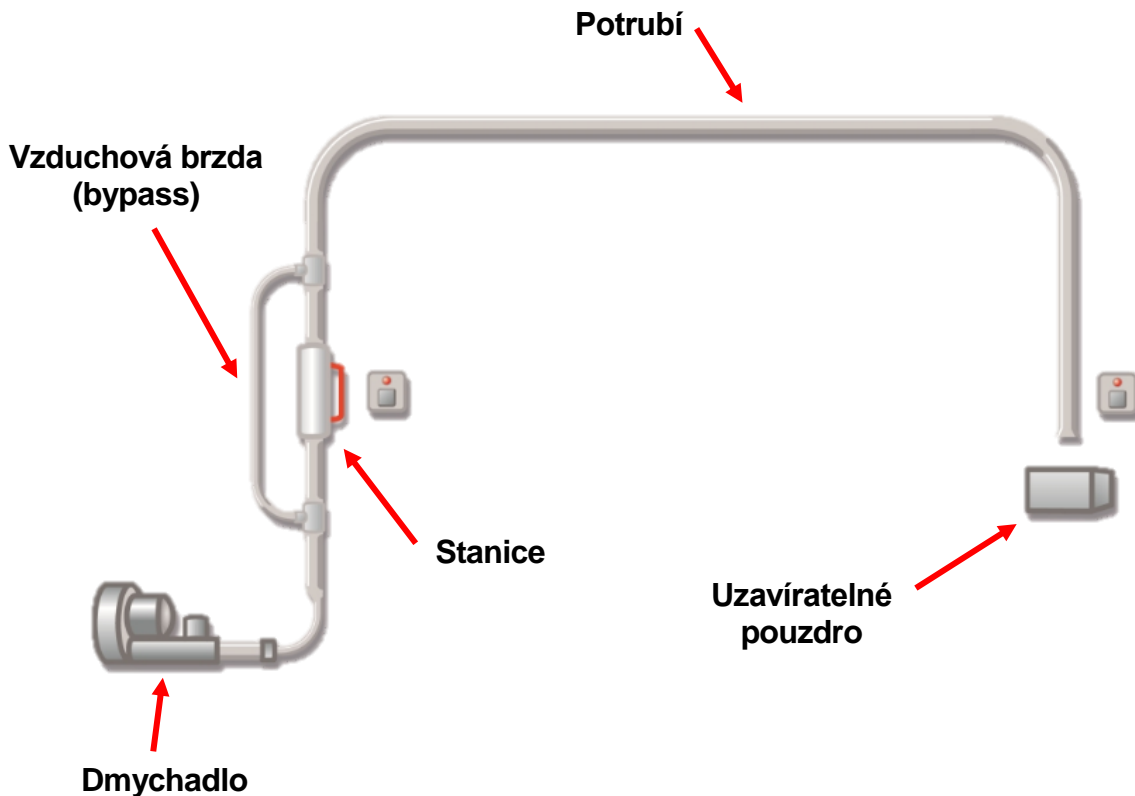
V následující tabulce jsou zobrazeny zprůměrované základní technické parametry pneumatického dopravního systému. Bezrozměrné hodnoty jsou uvedeny v porovnání s ostatními konvenčními dopravníky, které byly popsány výše.

Tab. 3.: Základní parametry potrubní pošty [10]

Parametr	Hodnota
Rychlost přepravy	až 6 m/s
Hmotnost jedné zásilky	až 5 kg
Hlučnost	nízká
Spolehlivost	vysoká
Modularita	vysoká

### 2.4.4. Konstrukční prvky

Systém potrubní pošty se skládá z několika konstrukčních prvků. Pro lepší orientaci ve funkčnosti celého dopravního systému jsou jednotlivé části detailněji popsány v následujících podkapitolách. Na obrázku č. 18 je znázorněné základní schéma pneumatické dopravy.



Obr. 18.: Základní schéma pneumatické dopravy [11]

#### 2.4.4.1. Potrubí

Potrubí je jedním ze základních prvků celého systému. Potrubní tratě mohou dosahovat až několika kilometrů. Vyrábí se v mnoha rozměrech, ale v ČR se standardně dodává s průměrem 160 a 110 milimetrů. Soustava rovných úseků a kolen musí být dokonale utěsněna, aby nedocházelo k vyrovnávání tlaků s okolním prostředím a tím k razantnímu snížení výkonu. V dnešní době se jako materiál používá výhradně plast – PVC.



Obr. 19.: Ukázka potrubí [12]



#### 2.4.4.2. Přepravní pouzdra

K dalším základním prvkům potrubní pošty patří přepravní pouzdro. Podmínkou posouvání kapsle je utěsnění prostoru mezi přepravním pouzdem a vnitřním průměrem potrubí. K tomu slouží dva těsnící kroužky umístěné na obou koncích pouzdra. Kroužky jsou vyrobeny z pěnovité umělé hmoty, která svými vlastnostmi výborně těsní obvod a zároveň dosahuje nízkého koeficientu tření v kontaktu s potrubím.

Téměř každá firma si vyrábí vlastní modifikace a velikosti těchto nádob. Na obrázcích č. 20, 21, 22 jsou základní provedení od firmy Sumetzberger, která zároveň vlastní mnoho patentů souvisejících s mechanismem potrubní pošty.



Obr. 20. Pouzdro výklopné do boku [13]



Obr. 21.: Pouzdro s automatickou vykládkou [13]



Obr. 22.: Pouzdro pro přepravu hutního materiálu (vysoké teploty) [13]

#### 2.4.4.3. Stanice

Stanice slouží jako prostředník mezi člověkem a samotným dopravním systémem. Dochází zde k přijímání a odesílání jednotlivých zásilek. Dle požadavků se na trhu objevují od jednoduchých řešení po komplexní stanice s automatickou vykládkou/nakládkou. Na obrázcích č. 23, 24 jsou příklady od firmy Air-Log.



Obr. 23.: Jednoduchá stanice [14]



Obr. 24.: Vybavenější stanice [14]

#### 2.4.4.4. Diverter (přesměrovač)

Diverter (v češtině někdy přesměrovač, přepínač) slouží k přesměrování cesty transportovaného pouzdra. Konstruktivně se jedná o zahnutou trubku, která je spojena s jedním vstupem a pootočením do určitých úhlů mění výstupní cestu. Základní princip je zřejmý z obrázku č. 25. Počet výstupů teoreticky není omezen, ale standardně jsou vyráběny dvou až šesticestné divertery.



Obr. 25.: Pohled do vnitřku diverteru [15]

#### 2.4.4.5. Dmychadlo

Jak již bylo zmíněno, pro pohyb pouzdra v trubce je zapotřebí podtlaku/přetlaku, který se snaží přirozeně vyrovnávat právě změnou polohy daného pouzdra. Ke změně tlaku v trubkách je v této oblasti nejčastěji využíváno dmychadel s bočním kanálem (viz obrázek č. 26). Každé čerpadlo je limitováno výškou elevace patrony a vzdáleností přenosu kvůli tlakové ztrátě. Problém nedostatku výkonu jedné pohonné jednotky se řeší sériovým řazením.



Obr. 26.: Dmychadlo s bočním kanálem [15]

### 2.4.5. Údržba

Z hlediska všech dopravníků patří údržba pneumatické pošty k těm nejméně náročným. Pokud je systém instalován v čistých podmínkách, pak potřebuje pouze minimální údržbu. Ve znečištěném prostředí je nutné sání dmychadel opatřit filtry, které se musí pravidelně měnit dle manuálu údržby. Většina dílů celého systému je vyrobena z plastu PVC, který je odolný vůči povětrnostním podmínkám a nepodléhá korozi. Tento materiál tedy dodává celému dopravnímu systému dlouhou životnost.

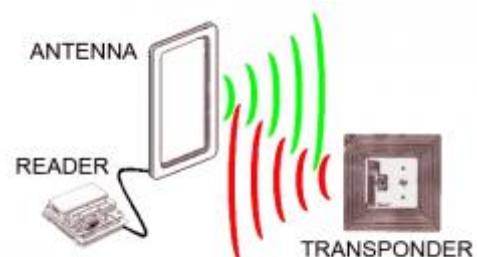
## 2.5. Identifikace pouzder

Aby bylo možné vytvořit automatické zařízení manipulující s větším množstvím přepravovaného kusového materiálu, v případě této práce uzavřených pouzder, můžeme pomocí různých technologií modifikovat jeho samostatnost.

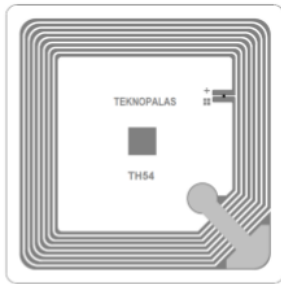
Základním prvkem samostatnosti strojového rozhodování je logistický přehled nad materiálem, kterým manipulujeme. Logistického přehledu se dosáhne zejména identifikací jednotlivých pouzder a zanesení informací do společné databáze. Automatizace v tomto návrhu je stanovena na úroveň elektronického systému, který bude mít přehled o pozici a stavu jednotlivých kapslí např. PLC. Ten pak bude komunikovat se všemi elektronicky automatizovanými prvky.

Identifikaci stanovené úrovně můžeme provést několika způsoby. V průmyslu se nejčastěji setkáme s technologiemi čárových kódů, RFID a NFC. Pro identifikaci pouzder bude nejvhodnější technologie RFID pro její jednoduchost, spolehlivost a nízkou cenu.

**RFID** - Radio Frequency Identification. Tato technologie se stala nástupcem čárových kódů. V principu se jedná o zařízení složené z antény a paměťového čipu, na kterém je uloženo identifikační číslo. Dle způsobu získávání informace z paměti dělíme RFID čipy na pasivní a aktivní. Aktivní verze obsahuje vlastní zdroj napájení, tudíž dokáže sama vysílat svou identifikaci. Mnohem rozšířenější čipy jsou ale čipy pasivní, a to díky nižší ceně. Principem pasivní identifikace je, že snímač čipu do svého okolí vysílá periodické pulsy, jimiž nabije kondenzátor pasivního čipu nacházející se v komunikační vzdálenosti. Tím mu dodá energii k odeslání identifikační odpovědi z paměti. Na obrázcích č. 28 až 30 jsou vidět běžná provedení RFID čipů. [16]



Obr. 27.: RFID technologie [17]



Obr. 30.: RFID nálepka [18]



Obr. 29.: RFID čip [19]



Obr. 28.: RFID ampule [20]

## 2.6. Automatické plnění pouzder – jednoúčelový stroj

### 2.6.1. Obecné informace

Jak samotný název napovídá, jedná se o stroje, které jsou konstruovány pro jeden účel. Tím rozumíme stroj vykonávající stále se opakující operaci na stále stejném polotovaru, výrobku atd. Jsou určeny pro hromadnou výrobu nebo pro úzce specializované technologie. [21]

Oproti univerzálním mají jednoúčelové stroje výhodu v možnosti využití plné automatizace. Tu můžeme provést právě za podmínky stále se opakujících stejných pracovních cyklů, pro které je stroj konstruován. A to zároveň poskytuje větší produktivitu a menší nároky na pracovní sílu. Nevýhodou je vysoká cena. Finanční náročnost je dána tím, že každý stroj konstruovaný pro specializované použití se tvoří jako prototyp, který s sebou přináší spoustu nákladů ve fázích vývoje, testování atd. [21]

### 2.6.2. Prvky jednoúčelových strojů

V této kapitole se věnuji rozboru základních konstrukčních prvků jednoúčelových strojů. Jelikož by se dalo uvést velké množství takových prvků, uvedu pouze ty, které připadají v úvahu s ohledem na moji aplikaci automatického plnění uzavřených pouzder.

#### 2.6.2.1. Rám

Rám plnicího stroje bude navrhován tak, aby mohl být přímo upevněn na pojízdný portál mostového vzorkovače. Dalším omezením návrhu je zadaná rozměrová obálka konstrukce. Existuje tedy omezení na velikost a hmotnost zařízení. Čím nižší budou ve výsledku požadované parametry, tím lépe. Vzhledem k těmto požadavkům se zaměřím na návrh z hliníkových profilů a zakrytování pomocí plechů.

- Hliníkové profily

V dnešní době existuje mnoho firem, které dodávají hliníkové profily jako stavebnicový konstrukční systém včetně veškerého příslušenství a spojovacích prvků.

Výhodou oproti svařené ocelové konstrukci je násobně nižší hmotnost a snazší rozebíratelnost díky stavebnicovému systému. Nevýhodou může být nižší tuhost, která ovšem v mojí aplikaci bude dostačující.



Obr. 31.: Ukázka hliníkových profilů firmy ITEM [22]

- Zakrytování

Rám složený z hliníkových profilů je potřeba zakrytovat, a to z důvodu zamezení vniku znečišťujících částic a částečně i ke zvýšení tuhosti konstrukce. V takovém případě se nám nabízí možnost využít plechů, případně plexiskel v místech, ve kterých by bylo vhodné vytvořit nahlížecí okno.

### 2.6.2.2. Pohony

- Pneumatické pohony

Do kategorie pneumatických pohonů by se dnes dalo zařadit nepřeberné množství pneumatických zařízení a jejich modifikací. V mém případě bude dostačující standardní provedení pneumatických válců s pístnicí. V navrhovaném plnicím zařízení bude také zapotřebí uchopovací funkce, která bude řešena pomocí některých z variant pneumatických chapadel.



Obr. 32.: Pneumatický válec dle normy ISO 15552 [23]

- Servomotory

Opět velice rozsáhlá kategorie, kterou zúžím specifikací pro zadání mé práce. Obecně se jedná o motory, u kterých je možnost řídit přesné natočení hřídele několika způsoby. Nejčastěji však pomocí regulované zpětné vazby, díky níž můžeme reálně posuzovat žádanou a skutečnou polohu natočení. Regulací jejich odchylky se tak postupně přibližujeme k požadované hodnotě.



Obr. 33.: Servomotor – Hiwin [24]



### 2.6.2.3. Lineární vedení

Lineární vedení je dalším nezbytným konstrukčním prvkem jednoúčelových strojů. Veškerý lineární pohyb, u kterého chceme ponechat jeden stupeň volnosti, často využívá právě lineárního vedení. Základní rozdělení dle principu pohybu je na kluzné a valivé lineární vedení. Valivá varianta využívá navíc ložisek, která zajišťují minimální tření a vůle např. při pohybu vozíku po kolejnici.



Obr. 34.: Lineární vedení QWH - Hiwin [25]

### 2.6.2.4. Elektronika

K dosažení vyššího stupně automatizace u jednoúčelových strojů se v dnešní době využívá zejména elektronizace. Ta spočívá v použití elektronických zařízení, konkrétně různých druhů senzorů, PID regulátorů, PLC automatů a frekvenčních měničů.

- Senzory

Senzory (dle některé literatury také snímače nebo čidla) nám dávají jedinečnou možnost dodat strojnímu zařízení zdroj informací o reálném světě. Dnes již nalezneme tisíce druhů a modifikací takových senzorů, díky nimž můžeme převádět fyzikální veličiny na elektrický signál, který slouží řídicímu systému pro další vyhodnocení. Mezi základní snímací veličiny patří: teplota, tlak, průtok, elektromagnetické záření (různých spekter), mechanické veličiny (např. poloha, síla, napětí atd.) a mnoho dalších. Na obrázcích č. 35 až 37 jsou příklady některých senzorů polohy, které připadají v úvahu při návrhu plnicího zařízení.



Obr. 37.: Kapacitní snímač [26]



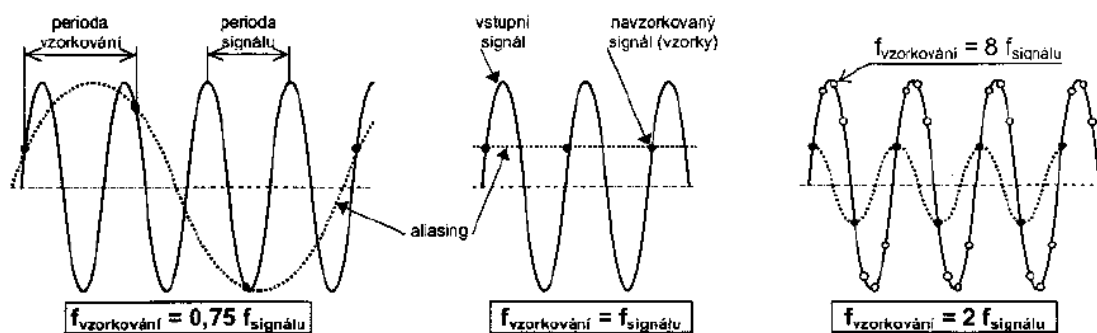
Obr. 35.: Magnetický senzor polohy válců [27]



Obr. 36.: Optoelektrický snímač [28]

Fyzikální princip snímání spočívá v převodu reálně získatelné veličiny snímaného děje na veličinu, kterou jsme schopni vyhodnocovat řídicím systémem (nejčastěji analogový napěťový nebo proudový signál). Abychom získali signál vhodný ke zpracování, upravíme ho filtrováním (propustíme pouze určitou část frekvenčního spektra) a zesílením pomocí zesilovačů. Zpravidla snímač vysílá napěťový signál v řádech mV, který zesílíme na standardní rozsah 0–10 V. A jelikož výpočetní jednotka není schopná vyhodnocovat analogový signál, musíme ho zdigitalizovat pomocí A/D převodníku, jehož výstupem je vzorkovaný signál. Rychlost vzorkování musí splňovat Nyquistovo kritérium:

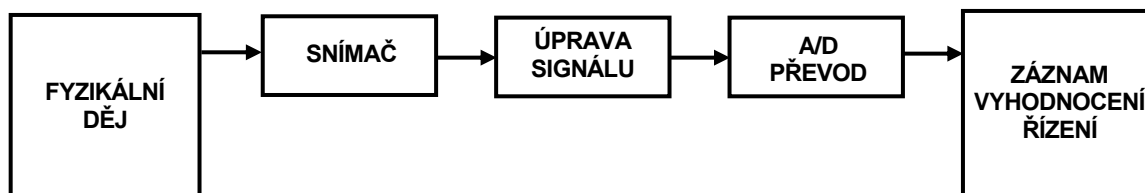
$$f_{\text{vzorkování}} > 2 \cdot f_{\text{signálu}} \quad (3)$$



Obr. 38.: Chyba aliasing při nedodržení Nyquistova kritéria [29]

Pro získání kvalitně vzorkovaného signálu se doporučuje volit 8x až 16x vyšší frekvenci. V případě, že toto kritérium není dodrženo, bude navzorkovaný signál odpovídat zcela jinému průběhu signálu viz obr. č. 38. Tato chyba se nazývá aliasing.

Obecné blokové schéma zapojení takových snímačů můžeme vidět na obr. č. 39. [29]



Obr. 39.: Obecné schéma funkce snímačů [29]

- PLC (Programmable Logic Controller)

PLC, v překladu programovatelný logický automat, je ve své podstatě počítač navržený speciálně pro řízení určité úlohy v průmyslu. V 70. letech byl tento řídicí

systém navržen tak, aby nahradil klasické reléové řídicí systémy. Kromě binárních vstupů a výstupů, jsou dnes již implementované funkce zpracování analogových veličin (měření síly, nastavování rychlosti, polohování). Zároveň porovnání aktuálních a požadovaných hodnot těchto signálů umožňuje realizaci klasických regulačních funkcí, principiálně jako PID regulátory. [30]

V případě zadání mé diplomové práce bude PLC využito k řízení všech polohovacích zařízení, dopravníku a přepravovaných kapslí. Takové řízení bude podmíněno zpětnou vazbou ze senzorů jednotlivých řízených mechanismů.



Obr. 40.: Ukázka PLC – Siemens LOGO [31]

### 2.6.2.5. Frekvenční měnič

Frekvenční měnič je zařízení, které slouží k přeměně elektrického proudu s určitou frekvencí na elektrický proud s jinou frekvencí. Zjednodušeně se toto zařízení skládá z usměrňovače, stejnosměrného meziobvodu a střídače. Nejprve se přivedené trojfázové střídavé napětí usměrní na stejnosměrné napětí. Ve stejnosměrném obvodu dochází ke stabilizaci napětí (vyhlazení). Nakonec se toto napětí opět rozkmitá střídačem (často na bázi tranzistoru IGBT), který dokáže měnit nejen frekvenci, ale i velikost napětí.

Díky velkému pokroku ve vývoji výkonných polovodičových součástí jsou dnes frekvenční měniče cenově dostupné. Proto jsou nyní nejčastěji využívány pro plynulou regulaci otáček asynchronních elektromotorů. [32]



*Obr. 41.: Frekvenční měniče Siemens SINAMICS G 110 [33]*

#### **2.6.2.6. Ostatní komponenty**

V této kategorii bych chtěl zmínit další komponenty, bez kterých by celý systém nemohl fungovat, ale není třeba je rozebírat v samostatných kapitolách. Z elektronické oblasti se jedná především o propojovací kabeláž, zesilovače, datové sběrnice atd. Z pneumatických komponent pak vzduchové hadice, propojovací technika, ventily a kompresor jako zdroj tlaku.

### 3. Konstrukce zařízení

Princip konstrukce navrhovaného zařízení bude spočívat v rozdělení na dvě základní části, které spolu budou kooperovat.

První částí rozumíme jednoúčelové zařízení, jehož funkcí je plnění přepravních kapslí definovanými vzorky. Tato část se bude nacházet přímo na portálovém pojezdu vzorkovače. Z uvedených důvodů je zřejmé, že jedním z nejsledovanějších parametrů této části bude zejména hmotnost. V případě, že se bude portálový pojezd pohybovat na profilech větších délek (až 20 metrů), bude docházet k velikým průhybům, které mohou vést až ke katastrofálním následkům.

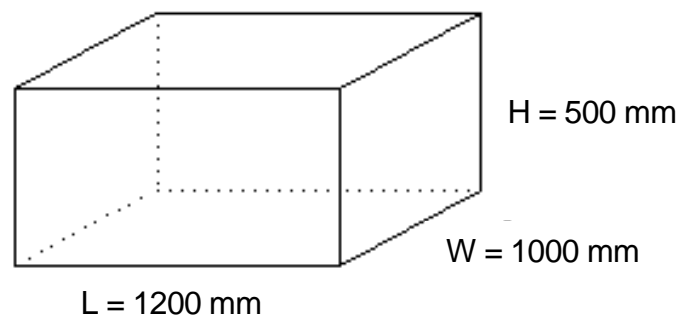
Druhou částí pak rozumíme přepravní zařízení, které má za úkol transportovat již naplněné a uzavřené kapsle. Transport bude probíhat tak, že pojezd s plnými pouzdry nejprve přijede k výchozímu bodu (nejpravděpodobněji některý ze sloupů stavební konstrukce), kde následně proběhne automatizovaná předávka pouzder ze zásobníku do potrubní pošty. Tento druh dopravníku bude koncipován obousměrně a dvoucestně. To znamená, že jedním vedením bude docházet k přepravě plných pouzder do laboratoře a druhým prázdných pouzder z laboratoře do zásobníku plnicího stroje.

Jelikož bude vykládka a nakládka probíhat zároveň, jeví se tento koncept jako jedno z nejúčinnějších řešení. V dalších kapitolách rozeberu podrobnější návrhy jednotlivých konstrukčních uzlů.

#### 3.1. Výchozí parametry

- Rozměry

Vstupními parametry plnicího stroje byly především jeho obálkové rozměry, které jsou vyneseny na obr. č. 42. Jedná se o maximální rozměry, které nesmí zařízení přesáhnout.



Obr. 42.: Obálkové rozměry zařízení [zdroj: autor]

- Hmotnost

Hmotnost zařízení nebyla číselně specifikována, ale vzhledem k tomu, že se celé zařízení bude pohybovat na portálovém vzorkovači, se klade požadavek na co nejnižší hmotnost. Z toho důvodu musí být návrh jak konstrukčně, tak materiálově přizpůsoben.

- Pohonné jednotky

Jako zdroj energie pohonných jednotek je doporučeno využít především pneumatiky. Jednak z důvodu toho že portálový vzorkovač, na který bylo toto plnicí zařízení zamýšleno, byl vybaven vlastním kompresorem, ale také proto, že základními výhodami pneumatických pohonů je jednoduchá konstrukce, nízká cena a hmotnost.

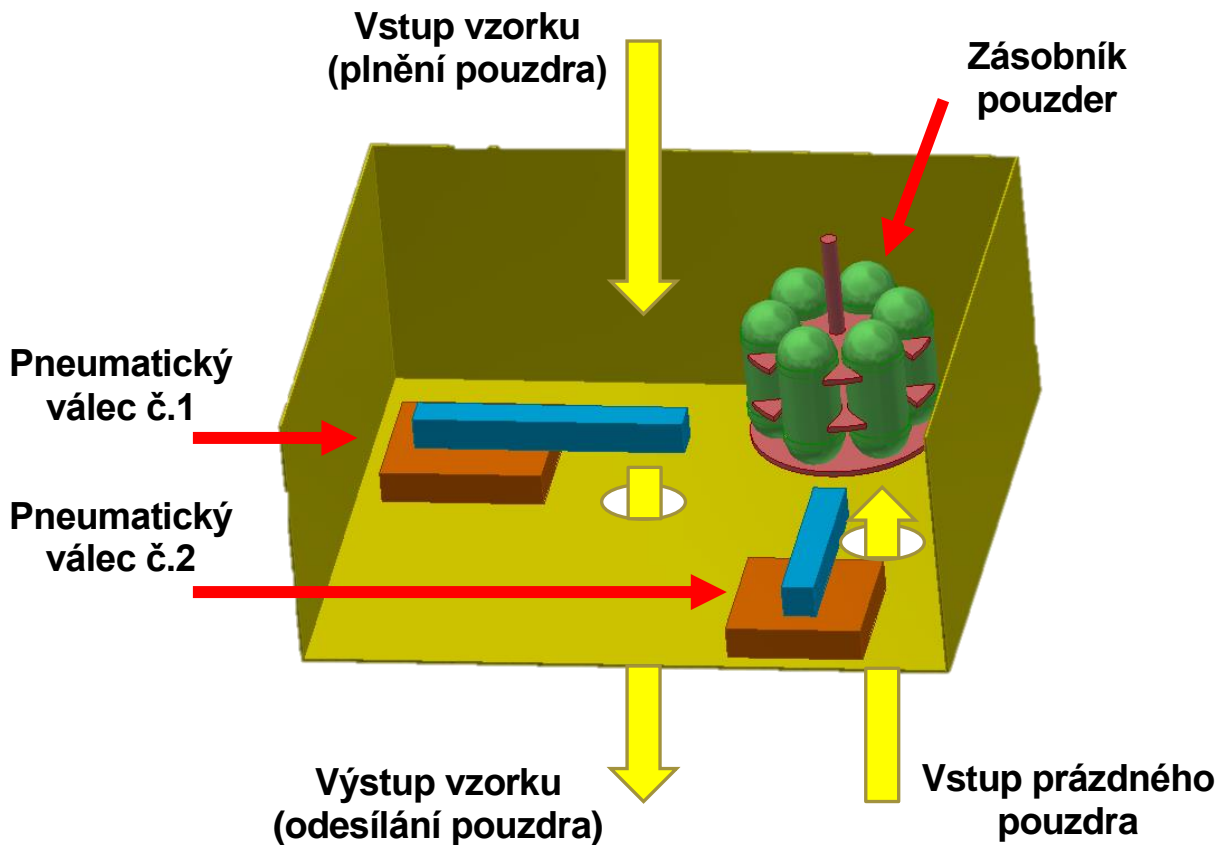
### 3.2. Návrh č.1

V prvním návrhu jsem se zaměřil na základní funkční principy celého plnicího stroje. Jedná se spíše o konceptuální návrh, ze kterého budou vycházet detailnější rozbory jednotlivých uzlů v dalších návrzích.

Zde jsem se zamýšlel především nad zásobníkem pouzder a principem mechanické manipulace pouzder v rámci celého zařízení. Dalším z důležitých faktorů bylo promyslet celkovou logistiku pouzder, aby na sebe jednotlivé procesy logicky navazovaly a nedocházelo ke kolizím. Na obrázku č. 43 je znázorněn tento konceptuální návrh.

Zásobník pouzder je navržen jako otočný karusel, který má 6 pozic. U zásobníku jsou dva pneumatické válce pootočené o 90 stupňů. Ty zajišťují vysouvání a zasouvání pouzder ze zásobníku.

V návrhu se uplatňuje následující algoritmus procesu: pneuválec č.1 vysune prázdné pouzdro ze zásobníku, počká na jeho naplnění a následně ho zpátky zasune do svého místa. Karusel se pootočí o pozici jednoho pouzdra a proces se opakuje. Tímto způsobem probíhá proces, dokud nejsou odebrány potřebné vzorky nebo se nenaplní celý zásobník. Po splnění předchozí podmínky se vzorkovač přesune na výchozí pozici, kde dojde k předávce pouzder mezi plnicím zařízením a potrubní poštou. Předávka probíhá tak, že pneuválec č.1 přesouvá plná pouzdra ze zásobníku do potrubní pošty a pneuválec č.2 přesouvá příchozí prázdné pouzdra z pošty do zásobníku. Vzhledem k tomu, že pneumatická pošta je koncipována dvoucestně, může proces odesílání a přijímání kapslí probíhat současně.



Obr. 43.: Prvotní konceptuální návrh [zdroj: autor]

Problematikou návrhu je značné nevyužití prostoru daného obálkou z výchozích parametrů. To je dané především tvarem karuselového zásobníku, který pojme pouze 6 nádob. Kapacita by se samozřejmě dala navýšit, ale díky kruhovému osázení pozic by vznikalo větší nevyužití místo uprostřed karuselu. Z toho důvodu se takový systém skladování jeví prostorově velice neúčinný.

### 3.3. Návrh č.2

V dalším návrhu jsem se soustředil na lepší prostorové využití, a to zejména konstrukční změnou celého zásobovacího systému. Také bylo zapotřebí detailně promyslet veškeré použité mechanismy, aby bylo zařízení smontovatelné a nedocházelo ke konstrukčním kolizím.

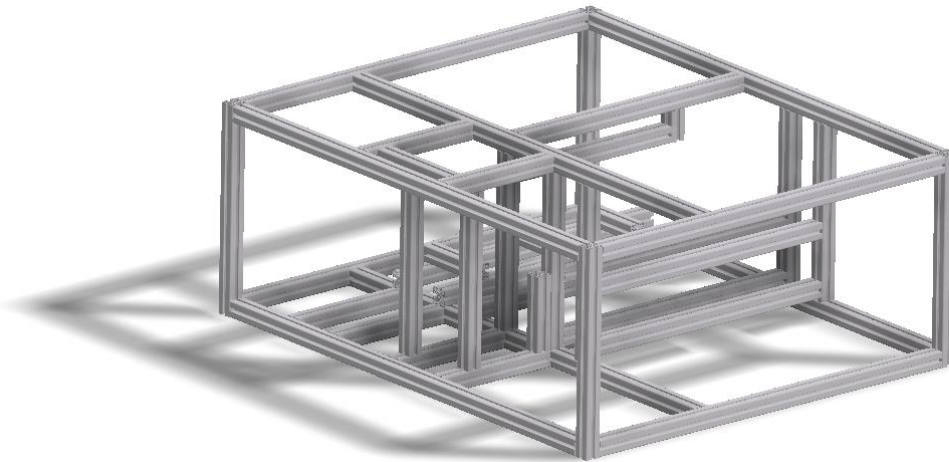
Aby se dalo celé zařízení snáze navrhovat a popsat, rozdělil jsem ho na dílčí konstrukční celky, které rozeberu v následujících kapitolách.



### 3.3.1. Rám zařízení

#### 3.3.1.1. Charakteristika

Jednou ze zmíněných vstupních podmínek je zaručit co možná nejnižší hmotnost. Rám zařízení zaujímá jeden z největších podílů hmotnosti na celé konstrukci. Proto je zapotřebí zvolit takový materiál, který bude hmotnostní podmínce vyhovovat, ale zároveň se nebude jeho cena pohybovat v astronomických částkách za moderní materiály. Jednou z vhodných možností je využití stavebnicového systému z hliníkových profilů. Ty mají přednost hlavně v jednoduchosti montáže a osazování komponent. Navržený rám plnicího zařízení je znázorněn na obrázku č. 44.



Obr. 44.: Navržený rám plnicího zařízení [zdroj: autor]

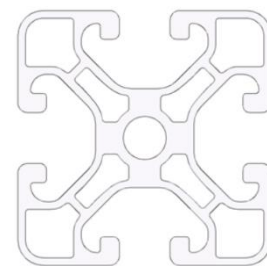
#### 3.3.1.2. Zvolené komponenty

Volím hliníkový profil 40x40 od firmy ITEM, která zároveň nabízí veškerý potřebný spojovací materiál. Jelikož vnitřní osazení rámu není kriticky zatěžující, bude tento materiál i dimenze profilu vyhovující z hlediska tuhosti i pevnosti.

Pro ukázkou si můžeme představit 1000 mm dlouhý zvolený profil zatížený uprostřed silou 1000 N (odpovídá odhadu vnitřní zátěže rozložené uvnitř celého rámu). V takovém případě dojde uprostřed k průhybu asi 4 mm. Pokud dochází k takovému průhybu pouze na jednom profilu, pak vzhledem k navržené vyztužené konstrukci, zatížení nehraje téměř žádnou roli.

Tab. 4.: Zvolené komponenty rámu [34]

<b>Typ profilu</b>	40x40 E natural
<b>Výrobce</b>	ITEM
<b>Materiál</b>	hliník



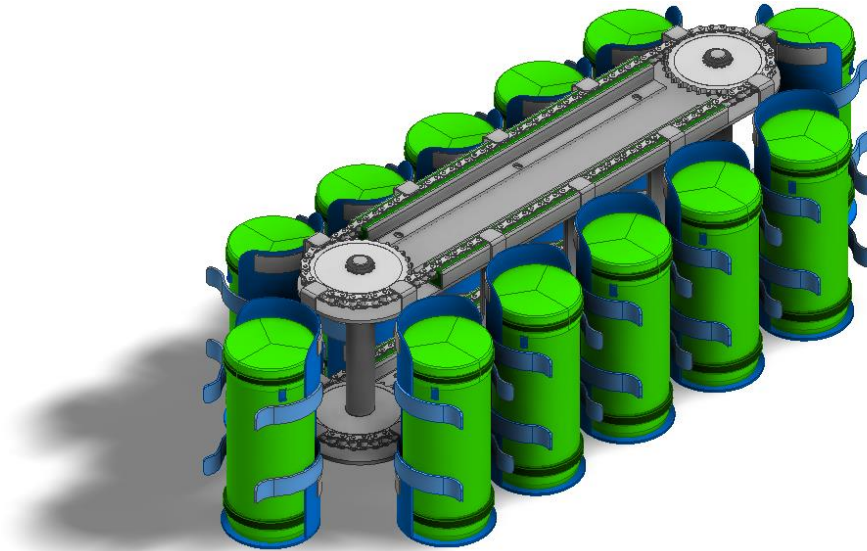
Obr. 45.: Průřez zvoleného profilu [34]



### 3.3.2. Zásobník pouzder

#### 3.3.2.1. Charakteristika

Zásobník pouzder musel projít zásadní změnou oproti prvnímu návrhu, a to kvůli jeho zmíněným nedostatkům. Upustil jsem od karuselového mechanismu, a navrhl oběžný řetězový zásobník viz obrázku č. 46.



Obr. 46.: Navržený zásobník pouzder [zdroj: autor]

Řetězový zásobník se skládá ze dvou vertikálně uložených hřídelí s rotační vazbou, kterou zajišťují ložiska osazené na rámu. Na hřídelích jsou umístěná řetězová kola vzájemně spojena řetězem. Aby bylo možné na řetěz upnout jednotlivá lůžka, je zapotřebí použít řetěz s unašeči, na který se lůžka přimontují. Řetěz musí být také opatřen vedením, jinak by při větších přenosových vzdálenostech docházelo k průvěsu. K napínání řetězu bude sloužit napínací šroub tlačící na domek ložiska, jehož šroubové spojení je vedeno v drážce rámu.

Celý řetězový mechanismus je zdvojený. Jednak proto, aby nedocházelo k odírání spodní části lůžka pouzder o rám zásobníku, ale také proto, aby naplněné pouzdro nemělo snahu vnášet krut do horního řetězu. Lůžka pro pouzdra jsou koncipována jako svařenec vyřezávané trubky a plechu tvořícího podstavec. Pro aretaci pouzdra jsou na lůžku přidělané úchytky z plastu, které svou pružností umožňují vysouvání a zasouvání pouzdra.

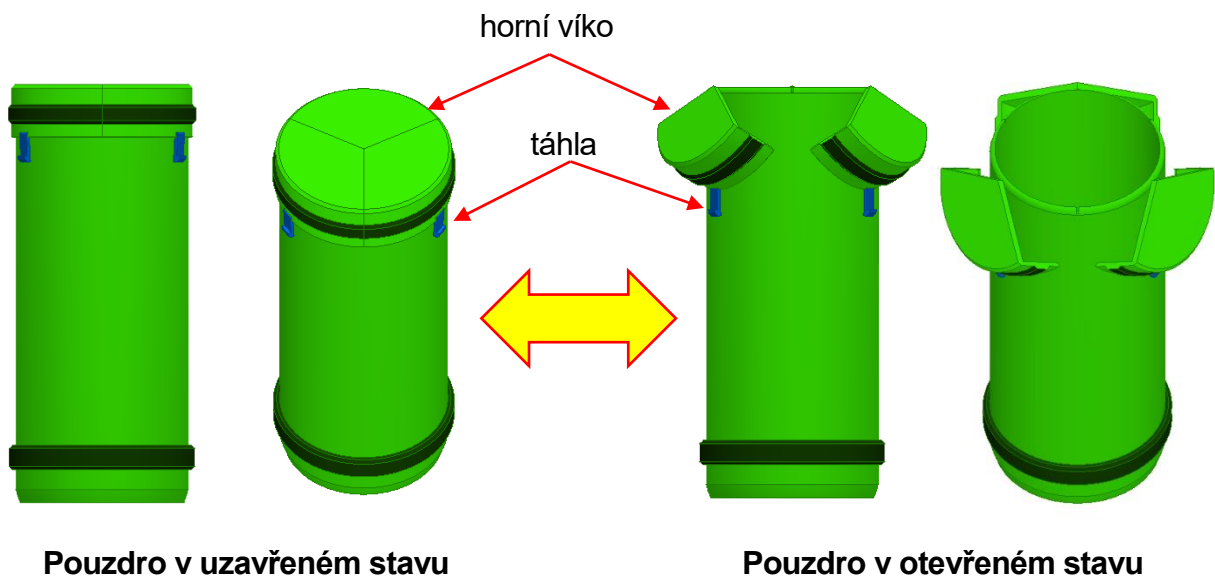
Největší výhodou řetězového zásobníku je jeho kapacitní variabilita, jelikož je možné při návrhu vzdálenost hřídelí upravovat dle potřeby, a tím i řetěz osazovat adekvátním počtem lůžek. Samozřejmě s nastavenou vzdáleností se musí volit vyhovující délka řetězu. Oproti prvnímu návrhu, který obsahoval 6 pozic, došlo k navýšení na kapacitu 12.

### 3.3.2.2. Komponenty

- Pouzdra

Jedním z nejdůležitějších komponentů celé potrubní pošty jsou samotná transportní pouzdra. Těch existuje nepřeberné množství a liší se především svými rozměry a uzavíracím mechanismem. Vzhledem k automatizaci, která probíhá uvnitř plnicího zařízení, je zapotřebí vybrat takové pouzdro, které je možné strojově otevírat a zavírat. Takové nabízí např. firma Sumetzberger.

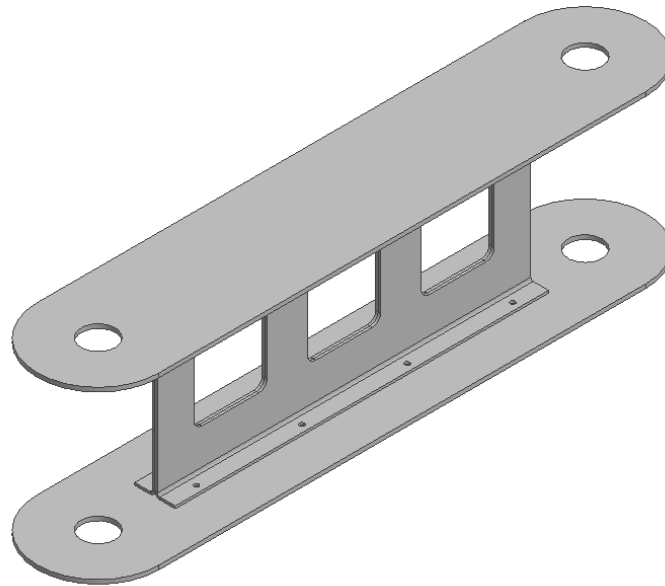
Mechanismus otevírání a zavírání spočívá v trojúhelníkovém rozdělení horního víka na tři části, z nichž každá část má vratnou pružinu, která nutí víko setrvávat v uzavřeném stavu. Dále má každá část své vlastní táhlo, při jehož zatažení dochází k otevření. Aby jednotlivé části držely správným způsobem na pouzdru, jsou umístěné ve speciálních ližinách, které drží systém pohromadě. Více viz patent EP0697354B1 Celý mechanismus je patrný z obr. č. 47. [13] [35]



Obr. 47.: Automaticky otevíratelná pouzdra [13]

- Rám

Rám konstrukce zásobníku je sestaven z vypalovaných plechů, které jsou vzájemně sešroubovány. Po otestování prototypu by se při další výrobě mohlo přejít k nýťování nebo svařování, jelikož u tohoto rámu není vyžadována rozebíratelnost. Maximální zatížení zde představují pouze naplněná pouzdra, osazené komponenty a vlastní váha (odhadem kolem 800 N). Jelikož je rám podložen hliníkovými profily a zároveň je málo zatěžován, není potřeba dělat kontrolní pevnostní výpočty. Navržený rám je patrný z obrázku č. 48.



Obr. 48.: Navržený rám dopravníku [zdroj: autor]

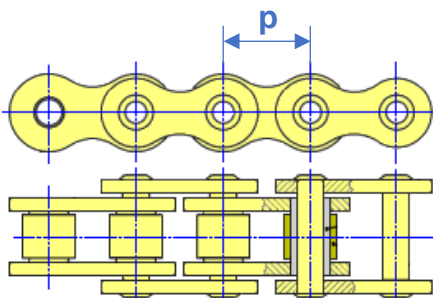
Tab. 5.: Parametry navrženého rámu zásobníku [zdroj: autor]

<b>Konstrukce</b>	plech
<b>Materiál</b>	S235JR
<b>Povrchová úprava</b>	zinkování
<b>Tloušťka plechu</b>	4 mm
<b>Celková hmotnost</b>	12 kg

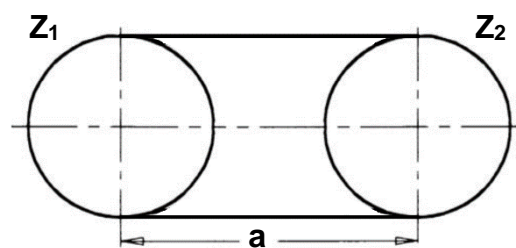
- Řetěz a řetězová kola

Řetěz v této aplikaci není téměř zatěžován ve svém tažném směru, ale dochází k boční zátěži řetězu přenášenou z tíhy lůžek skrze boční unašeče. Proto není řetěz dimenzován z hlediska svých tažných možností, ale spíše z hlediska vlastní robustnosti, která by měla zajistit bezproblémový chod.

Z toho důvodu volím řetěz typu **08B-1** s unašeči **M2** a k němu adekvátní řetězová kola.



Obr. 49.: Válečkový řetěz [36]



Obr. 50.: Řetězový převod [zdroj: autor]

Výpočet počtu článků řetězu:

osová vzdálenost:  $a = 603,25 \text{ mm}$

rozteč:  $p = 12,7 \text{ mm}$

počet zubů kol:  $z_1 = z_2 = 31$

$$X = 2 \cdot \frac{a}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left( \frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{p}{a} = 2 \cdot \frac{603,25}{12,7} + \frac{31 + 31}{2} \quad (1)$$

$$X = 126 \text{ článků}$$

Tab. 6.: Parametry zvoleného řetězu [37]

<b>Typ řetězu</b>	Válečkový řetěz 08B-1 M2
<b>Počet článků</b>	126
<b>Typ kola</b>	ploché
<b>Spojení</b>	drážkování
<b>Počet zubů obou kol</b>	31



Obr. 51.: Zvolený řetěz [37]

- Vedení řetězu

Jak už bylo zmíněno, aby nedocházelo k průhybům řetězu v závislosti na jeho zatížení, bude řetěz vybaven adekvátním vedením. Díky tomu bude zatížení přenášeno zejména do vedení a řetěz nebude poškozován průhybem.

Volím vedení **CKG 15V 08B-1** firmy **Murfieldt**, které je vyrobeno z materiálu PE-UHMW (vysokomolekulární polyetylén). Charakteristikou tohoto materiálu je vysoká odolnost proti opotřebení a díky samomaznosti má také dobré kluzné vlastnosti.

Tab. 7.: Parametry zvoleného vedení [38]

<b>Typ vedení</b>	CKG 15V 08B-1
<b>Výrobce</b>	Murfieldt
<b>Materiál</b>	PE-UHMW + pozinkovaná ocel



Obr. 52.: Ukázka vedení řetězu [38]

- Pohon

Aby byl celý zásobovací systém schopen oběhu, je ho zapotřebí opatřit pohonem. Největším problémem volby pohonu je zohlednit vertikálně omezený prostor daný obálkou.

Vzhledem k předchozí problematice budu vybírat mezi rotačními osami firmy Hiwin, které jsou charakteristické svým plochým tvarem. K přenosu kroutícího momentu

na hřídel dochází pomocí šroubované příruby a z hřídele na řetězové kolo pomocí drážkování.

Zjištění potřebného kroutícího momentu je zde komplikované z hlediska neurčitosti všech odporů. Výpočet tedy zjednoduším pouze na překonávání třecího odporu ve vedení a následně vynásobím dostatečným koeficientem, který by měl zaručit bezproblémový chod.

Při navrhování pohonu je potřeba se zamyslet nad taktem procesu. Ten můžeme stanovit jako cyklus naplnění jednoho vzorku do pouzdra, jeho uložení do zásobníku a přípravu dalšího pouzdra. Norma ČSN EN ISO 24333 stanovuje, že z každého vzorkovacího bodu se odebírá jeden vzorek. To znamená, že po naplnění jednoho pouzdra získává zařízení čas na provedení celého cyklu. Doba, za kterou se portál vzorkovače přesune na další vzorkovací místo, záleží zejména na konstrukci portálu, ale pro základní dimenzování volím čas 12 sekund (vytáhnutí sondy, přesun, zavedení sondy). Za takovou dobu se stihne cyklus přípravy nové kapsle bez problému. Cyklům procesu se budu dále věnovat v kapitole 3.3.5.

Z předchozího odstavce vyplývá, že problematikou návrhu pohonů není čas cyklu. Z toho důvodu mohu v návrhu zanedbat dynamické momenty (zrychlení a zpomalení setrvačných hmot) a soustředit se zejména na moment statické zátěže.

### Výpočet:

maximální hmotnost pohybujících se částí:	$m_m = 60 \text{ Kg}$
koeficient tření PE UHMW – ocel:	$\mu = 0.12 \text{ [y]}$
poloměr řetězového kola:	$r = 62,5 \text{ mm} = 62,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
zvolený koeficient:	$k = 2$
odporový moment:	

$$M_o = F_o \cdot r = (m_m \cdot g \cdot \mu) \cdot r = (60 \cdot 9,81 \cdot 0,15) \cdot 62,5 \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

$$M_o = 5,5 \text{ Nm}$$

$$M_{pohon} = M_o \cdot k = 5,5 \cdot 2 = 11 \text{ Nm}$$

Vzhledem k předchozímu výpočtu volím rotační osu **TMN93** firmy **Hiwin**, jejíž parametry jsou vyneseny do tabulky č. 8.

Tab. 8.: Parametry zvoleného pohonu [39]

<b>Označení motoru</b>	TMN93
<b>Výrobce</b>	HIWIN
<b>Trvalý moment</b>	13,2 Nm
<b>Špičkový moment*</b>	39,6 Nm

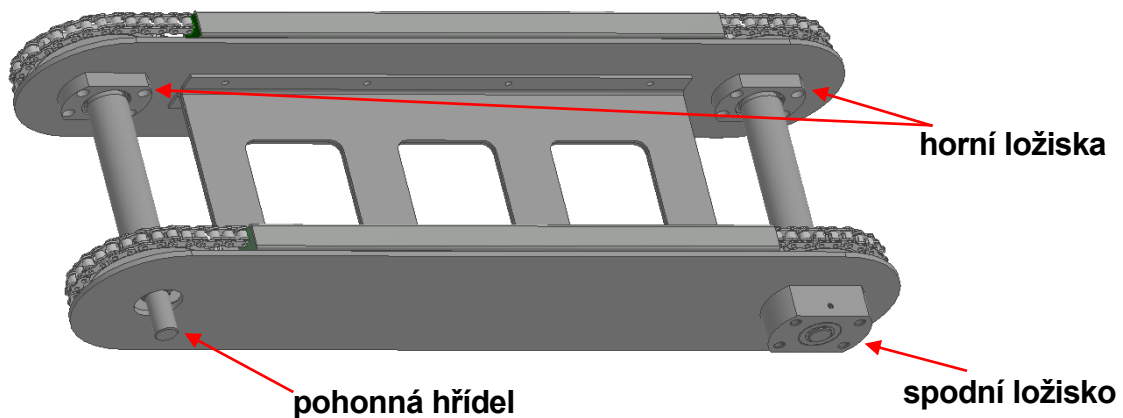
\*po dobu 1 s

- Ložiska

K uložení hřídelí a zajištění jejich rotace s minimálním třením se musí opatřit ložisky. Horní části obou hřídelí jsou osazeny radiálními kuličkovými ložisky s přírubovými domky, aby se do horního plechu daly snadno namontovat. K zachycení axiální síly, vyvolané tíhou pohyblivých částí zásobníku, jsem zvolil spodní část rámu. A to z důvodu, že na jedné hřídeli může být tato síla zachycena v přírubě samotného pohonu. Na druhé hřídeli pak volím ložiskový domek, který obsahuje radiální i axiální ložisko k zachycení obou reakcí. Umístění ložisek je patrné z obrázku č. 54.



Obr. 53.: Rotační osa HIWIN TMN93 [39]



Obr. 54.: Uložení ložisek na rámu zásobníku – pohled zespodu [zdroj: autor]



Tab. 9.: Parametry horních ložisek [40]

<b>Typ ložiska</b>	BGCA 6806 ZZ
<b>Vnitřní průměr</b>	30 mm
<b>Vnější průměr</b>	42 mm
<b>Statické zatížení</b>	3,65 kN
<b>Dynamické zatížení</b>	4.7 kN


 Obr. 55.: Radiální ložisko  
BGCA 6806 ZZ [40]

Tab. 10.: Parametry spodního ložiska [41]

<b>Typ ložiska</b>	BGCS20
<b>Vnitřní průměr</b>	30 mm
<b>Vnější průměr</b>	47 mm
<b>Statické zatížení</b>	47 kN
<b>Dynamické zatížení</b>	21,2 kN


 Obr. 56.: Radiální a axiální  
ložisko BGCS30 [41]

### 3.3.3. Plnění pouzder

#### 3.3.3.1. Charakteristika

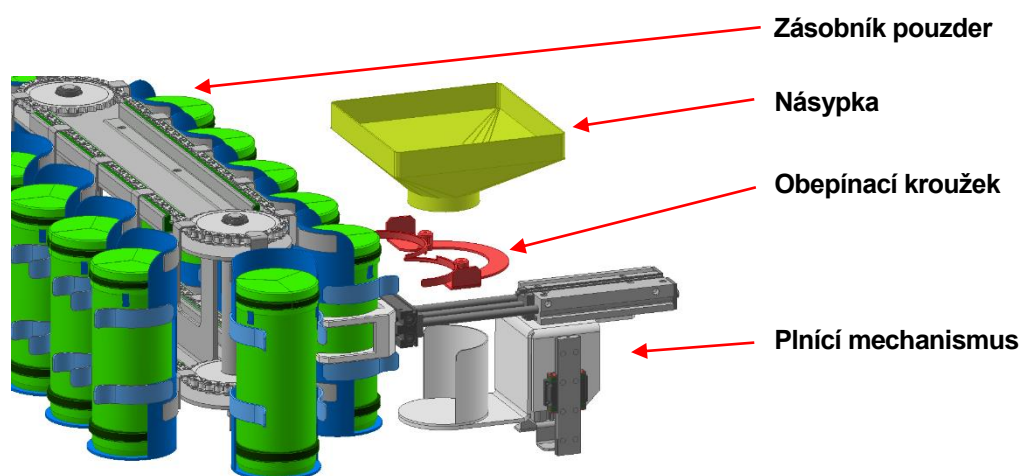
Plnění pouzdra se ukázalo jako jedno z nejproblematictějších míst návrhu plnicího zařízení. Bylo totiž zapotřebí dodržet normou danou podmínku uzavřeného pouzdra, dále zachovat úroveň plné automatizace a zároveň vytvořit nekomplikovaný mechanismus, který by se vešel do rámu.

Firma Sumetzberger sice vyrábí pouzdra vhodné do automatizace, ale jejich nakládkový/vykládkový systém je natolik komplikovaný, že ho zde není možné využít. Zprvce musí mít pod kontrolou přesné natočení pouzdra kvůli zachycení táhel otevírajících vrchní víko a zadruhé je svými rozměry příliš veliký a do rámu by se nevešel.

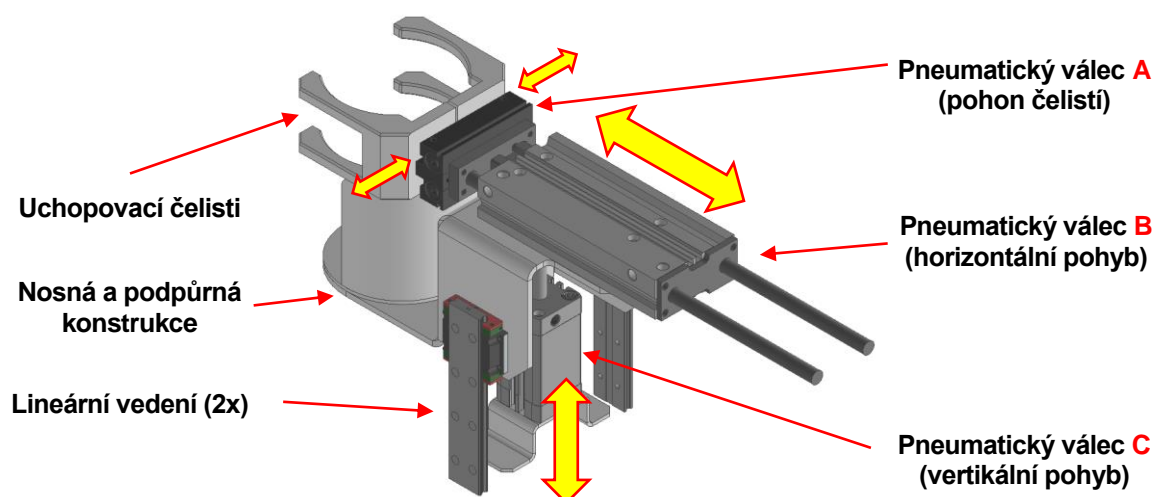
Z těchto důvodů jsem se pokusil navrhnout mechanismus, který by se zmíněných nedostatků vyvaroval. Celý systém je poháněn pouze třemi pneumatickými válci, které zajišťují veškerý pohyb. Jeden slouží k vysouvání/zasouvání pouzder ze zásobníku, druhý plní funkci otevírání pouzdra a třetí pohání přidržující čelisti.

Aby nebylo potřeba kontrolovat natočení pouzdra, navrhl jsem obepínací kroužek, který obepne celou nádobu kolem dokola, čímž je zaručena aretace všech tří táhel. Kroužek je rozdělen na dva půlkroužky vybavené torzní pružinou, která je nutí setrvávat v otevřeném stavu. Správný úhel otevření je nastaven dorazy. Přibližující se pouzdro samovolně kroužky uzavírá, až dojde k těsnému obepnutí a tím i zajištění táhel proti pohybu. V momentě, kdy jsou táhla nehybně uchyceny a spodní válec tlačí mechanismus nahoru, dochází automaticky k otevírání pouzdra.

Na následujících obrázcích je postupně vysvětlený mechanismus plnění pouzdra. Rám celého zařízení je potlačen z důvodu lepší orientace v obrázcích.

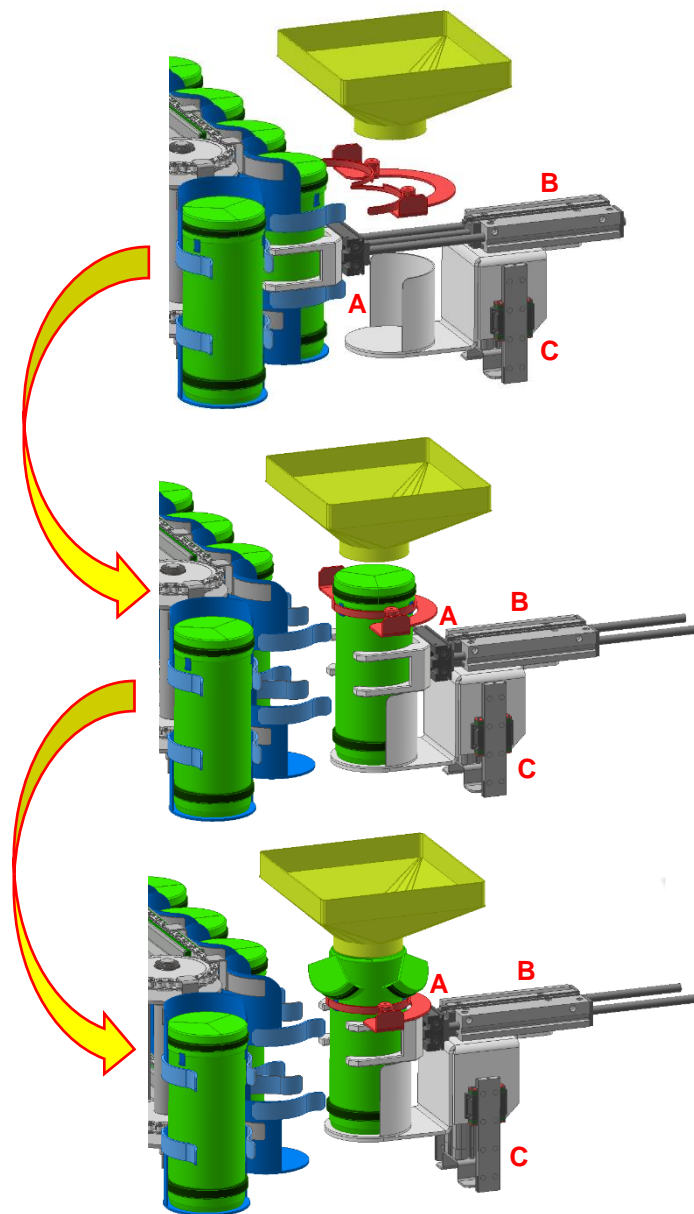


Obr. 57.: Popis plnicího zařízení [zdroj: autor]



Obr. 58.: Popis plnicího mechanismu [zdroj: autor]





Obr. 59.: Schéma procesu plnění pouzder  
[zdroj: autor]

1. Zásobník pouzder se zastaví na určité pozici
2. Válec B se vysune.
3. Válec A uchopí pouzdro.
4. Válec B se zasouvá a zároveň se vlivem tláčení pouzdra uzavírají obepínací půlkroužky
5. Pouzdro je usazeno v lůžku plnicího mechanismu a táhla jsou kompletně aretovány obepínacími kroužky
6. Válec C se vysouvá nahoru a zároveň dochází k otevření pouzdra vlivem udržování táhel v předchozí pozici
7. Zpětný chod funguje nápodobně, vrátíme-li se postupně k bodu 1.

### 3.3.3.2. Komponenty

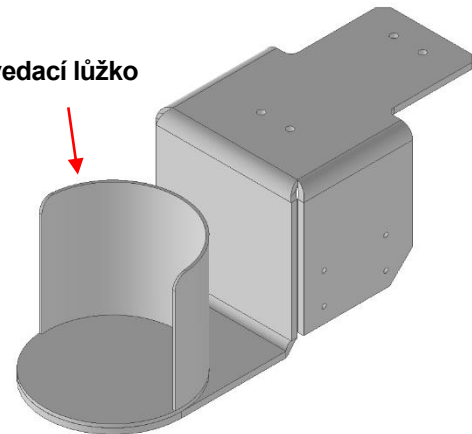
- Rám

Podpurný a nosný rám je opět koncipován jako svařenec z vyřezávané trubky a ohýbaného plechu. Jeho funkcí je držet sestavu pohromadě, ale zároveň také funguje jako podpurná část u zvedání pouzdra při jeho otevírání. Pouzdro je zvedáno spodním lůžkem rámu, a ne pouze třecí silou způsobenou čelistmi.

Tab. 11.: Parametry navrženého rámu

<b>Konstrukce</b>	plech, trubka
<b>Materiál</b>	S235JR
<b>Povrchová úprava</b>	zinkování
<b>Tloušťka plechu</b>	4 mm
<b>Celková hmotnost</b>	3,2 Kg

Zvedací lůžko



Obr. 60.: Navržený rám plnicího mechanismu  
[zdroj: autor]

- Lineární vedení

Pro zajištění vertikálního lineárního posuvu tohoto dílčího uzlu se stabilní dráhou a co nejmenším třením, bude opatřen lineárním kuličkovým vedením. Lineární vedení je symetricky zdvojeno, aby se co nejvíce zabránilo vzpříčení vozíku vedení. Způsob uložení je patrný na obrázku č. 59.

Tab. 12.: Parametry zvoleného vedení [42]

<b>Typ vedení</b>	kuličkové
<b>Výrobce</b>	Hiwin
<b>Označení</b>	WEH 17 CA
<b>Statické zatížení</b>	9 460 N



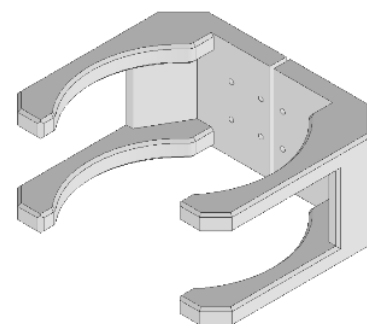
Obr. 61.: Lineární kuličkové vedení Hiwin [42]

- Čelisti

Uchopení pouzdra je zajištěno čelistmi, které jsou namontované na pneumatickém chapadlu. Pro pohánění čelistí bylo zvoleno pneumatické chapadlo **MHF2-16D** od **SMC**. Návrhový výpočet je rozepsán níže v kategorii pohonů.

Tab. 13.: Parametry navržených čelistí [zdroj: autor]

<b>Typ výrobku</b>	obrobek
<b>Materiál</b>	hliník



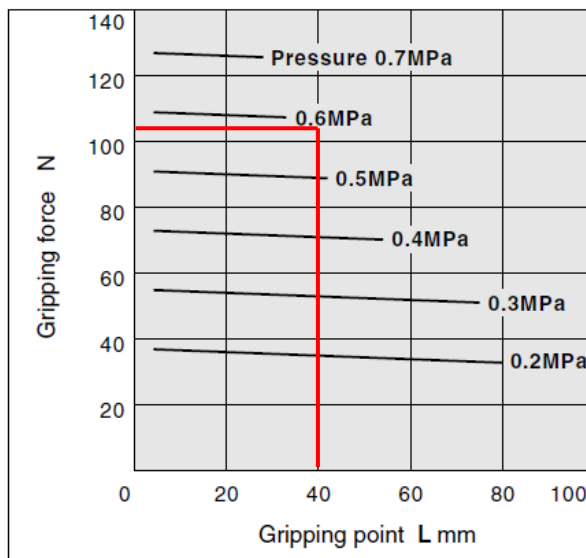
Obr. 62.: Čelisti – obrobek [zdroj: autor]

- Pohony

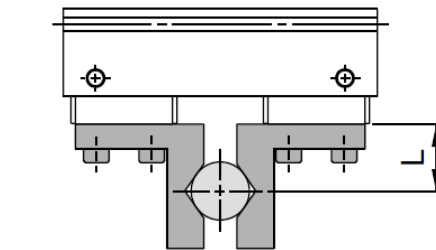
U navrženého konstrukčního celku jsem volil pouze pneumatické pohony z důvodu jejich jednoduché konstrukce a nízké ceny. Všechny použité jednotky jsou vybaveny magnetickými čidly pro snímání koncových poloh pneumatických válců. Tím získává řídicí systém aktuální přehled o situaci v zařízení a může proces lépe kontrolovat.

### Pneumatický válec A

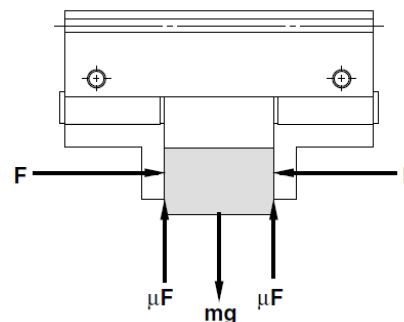
Jak již bylo zmíněno, pro pohon čelistí jsem zvolil pneuválec **MHF2-16D** od **SMC**. Ten svými válci dokáže vyvolat sílu zhruba 105 N při 6 barech a vzdálenosti 40 mm od chapadel viz obrázky č. 64 a 65.



Obr. 65.: Graf efektivní síly [43]



Obr. 64.: Vzdálenost L [43]



Obr. 63.: Model výpočtu [43]

Kontrolní výpočet:

maximální hmotnost vzorku s pouzdem:  $m = 4 \text{ Kg}$

součinitel tření mezi PVC a hliníkem:  $\mu = 0.4 \text{ [x]}$

$$m_{max} \cdot g = 2 \cdot (F \cdot \mu) \cdot a \quad (3)$$

$$m_{max} = \frac{2 \cdot (F \cdot \mu)}{g}$$

$$m_{max} = \frac{2 \cdot (105 \cdot 0,4)}{9,81} = 8,56$$

$$m < m_{max} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Tab. 14.: Parametry zvoleného válce A [43]

Typ pohonu	pneumatický válec
Označení	MHF2
Průměr válce	16 mm
Zdvih válce	32 mm
Síla uchopovací (6 bar)	105 N



Obr. 66.: Pneumatický válec MHF2 [43]

### Pneumatický válec B

Tento válec se stará pouze o horizontální přesouvání pouzdra. Největší problematikou této operace je velký zdvih (150 mm) a příčná síla působící na pístnici. Proto volím pneuválec s vedením **MGPM**, který je na takové zatížení konstruován. Parametry tohoto válce jsou uvedeny v tab. 15. Ze silových parametrů se může zdát, že je válec předdimenzován, ale důležitějším parametrem je v tomto případě příčná síla působící na pístnici. Správná volba se tedy provede pomocí grafu na obr. č. 67.

Maximální přenášená hmotnost  $m = 4 \text{ Kg}$

Vzdálenost těžiště  $L = 55 \text{ mm}$

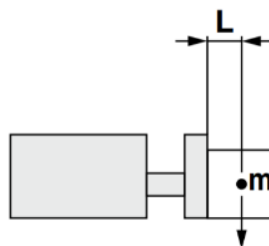
→ S určitou bezpečností proto volím průměr válce 25 mm.

Tab. 15.: Parametry zvoleného válce B [44]

Typ pohonu	pneumatický válec
Označení	MGPM
Průměr válce	25 mm
Zdvih válce	150 mm
Síla vysouvání (6 bar)	295 N
Síla zasouvání (6 bar)	247 N



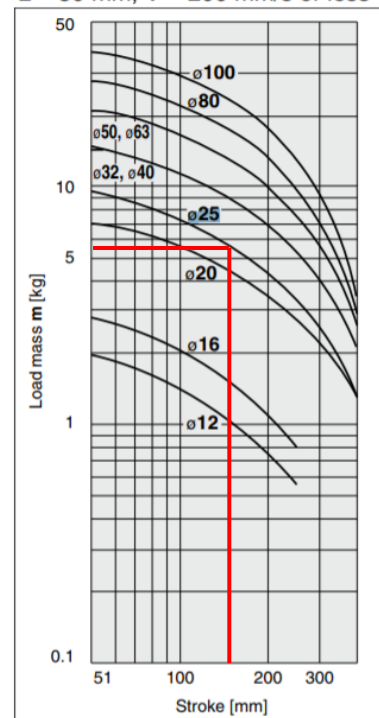
Obr. 69.: Pneumatický válec MGPM [44]



Obr. 68.: Poloha těžiště [44]

### MGPM12 to 100

L = 50 mm, V = 200 mm/s or less



Obr. 67.: Graf přípustného zatížení v příčném směru [44]

## Pneumatický válec C

Třetí pneumatický válec obstarává pouze horizontální pohyb pro otevření pouzdra. Těžiště zatížení sice nepůsobí přímo v ose pístnice, ale díky symetricky zdvojenému kuličkovému vedení přeneseme na pístnici pouze axiální sílu a vyosení můžeme při návrhu zanedbat. Do výpočtu však musíme připočítat odpor pružin a zácvaků, které nutí víko pouzdra setrávat v uzavřeném stavu. Bližší informace o těchto odporech nejsou bohužel k dispozici, a proto válec částečně předimenzuji. Cenově nedojde k velikému rozdílu a zároveň se dosáhne jistoty funkčnosti.

Kontrolní výpočet:

Maximální hmotnost pouzdra:  $m_1 = 4 \text{ Kg}$

Hmotnost plnicího zařízení:  $m_2 \cong 12 \text{ Kg}$

Zdvihová síla válce:  $F_{max} = 482 \text{ N}$

$$F = (m_1 + m_2) \cdot g \quad (4)$$

$$F = (4 + 12) \cdot 9,81 = 157 \text{ N}$$

$$F < F_{max} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Tab. 16.: Parametry zvoleného válce C [45]

<b>Typ pohonu</b>	pneumatický válec
<b>Označení</b>	ADN
<b>Průměr válce</b>	32 mm
<b>Zdvih válce</b>	50 mm
<b>Síla vysouvání (6 bar)</b>	482 N
<b>Síla zasouvání (6 bar)</b>	414 N



Obr. 70.: Pneumatický válec ADN [45]

### 3.3.4. Transport pouzder

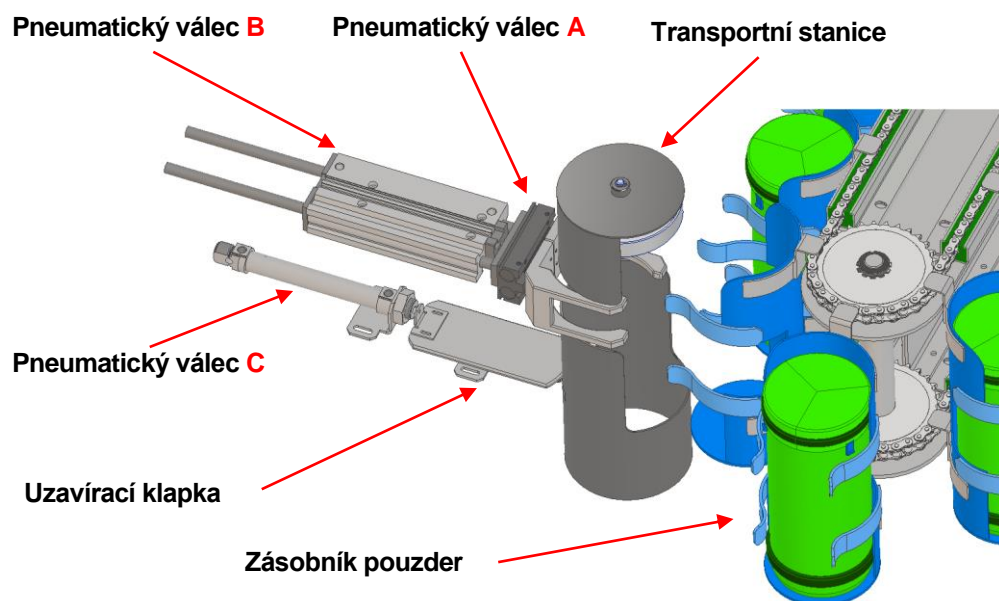
#### 3.3.4.1. Charakteristika

Problematikou transportu je přesun pouzder z oběžného zásobníku do potrubní pošty. Výhodou navrženého konceptu však je, že se celý proces dá vyřešit jedním lineárním pohybem a čelistmi s uchopovací funkcí

Transportní mechanismus je názorný na obr. č. 71. Pro lepší orientaci je opět potlačen rám, na kterém jsou komponenty uchyceny. Stejně jako u plnicího mechanismu se jedná o soustavu třech pneumatických válců. Jeden slouží k přesunu pouzdra z pošty (transportní stanice) do zásobníku a opačně, druhý obstarává funkci čelistí a třetí otevírá/uzavírá přístup do potrubí. Třetí válec slouží také jako podpůrný prvek ve chvíli, kdy je zapotřebí udržet pouzdro ve výchozí pozici pro transport a zároveň neběží dmychadlo, které by ho udržovalo ve stabilní poloze.

Zásadní vstupní podmínkou pro výměnu kapslí mezi potrubní poštou a zásobníkem je, že musí probíhat ve výchozím bodu předávky, který je vysvětlen v kapitole 2.3. Zde totiž nastává propojení celého plnicího stroje s potrubní poštou, jež je stabilně umístěna ve výchozím bodu předávky.

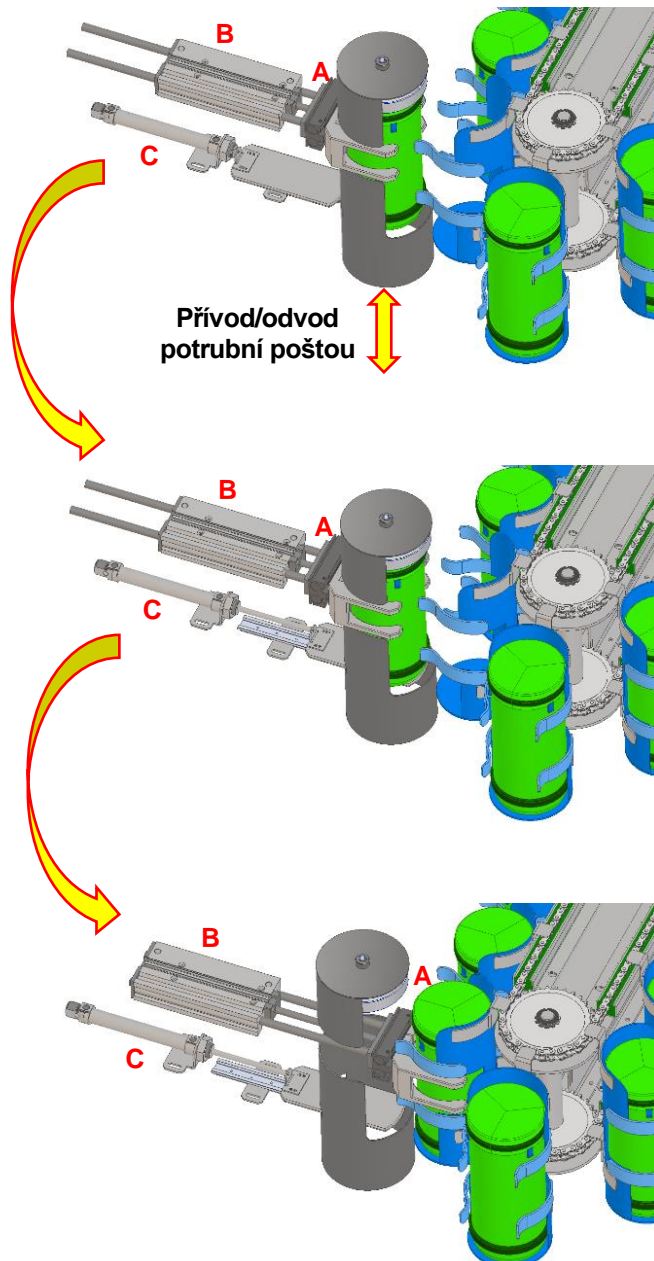
Celý transportní systém je zdvojený, aby mohlo současně probíhat vyprazdňování zásobníku a zároveň jeho plnění prázdnými pouzdry. Zdvojení je názorné na obrázcích č. 77 až 82.



Obr. 71.: Transportní mechanismus [zdroj: autor]



Proces plnění zásobníku:



1. Potrubní poštou se přepraví pouzdro do transportní stanice a dmychadlo ho tlačí na dorazovou pružinu.

2. Válec C výsuvem uzavře klapku potrubí a vypne se dmychadlo.

3. Válec A uchopí pouzdro.

4. Válec B se vysouvá a přemísťuje tak pouzdro do lůžka oběžného zásobníku.

5. Válec A upouští pouzdro.

6. Válec B a C se zasouvají a čeká se na další pouzdro.

Obr. 72.: Schéma procesu transportu pouzder  
[zdroj: autor]

Proces vyprazdňování zásobníku probíhá stejnými pohyby, akorát se přemísťují pouzdra ze zásobníku do potrubní pošty.

### 3.3.4.2. Komponenty

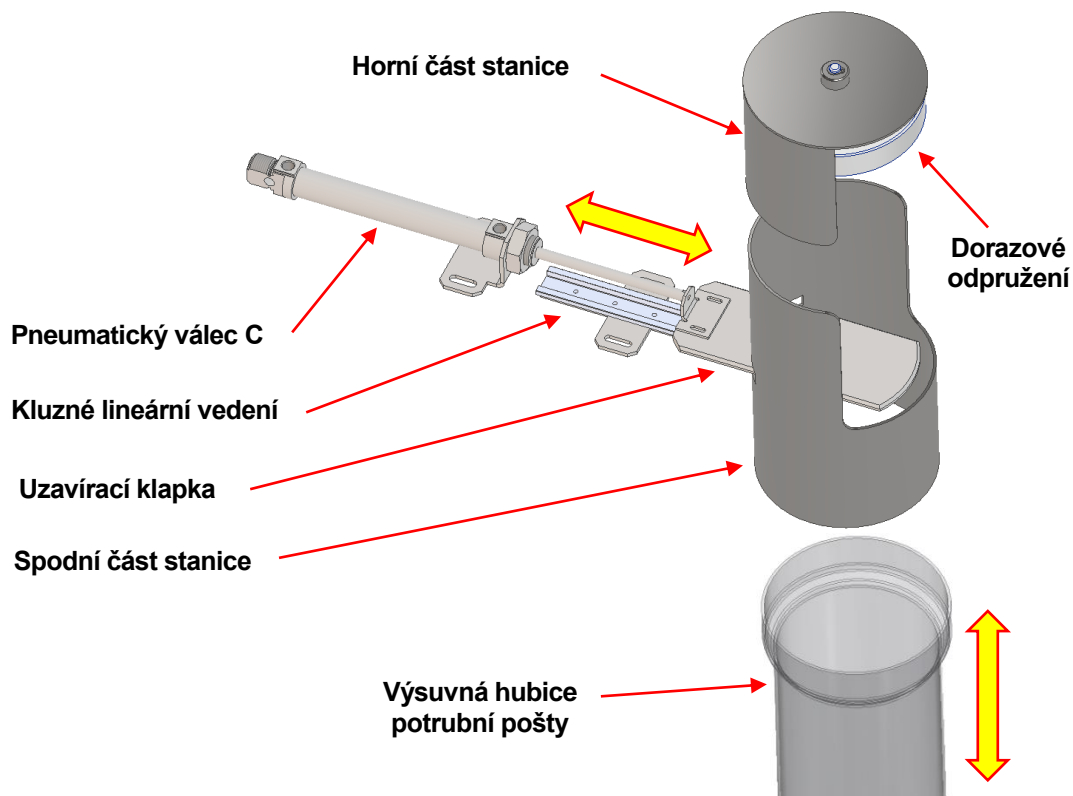
Z hlediska komponentů je v tomto konstrukčním celku využito více již popsaných součástí (zásobník, čelisti atd.), proto se podrobněji budu věnovat pouze výše neuvedeným.

- Transportní stanice

Pro transport pouzdra z potrubní pošty do zásobníku a opačně je nezbytně nutný určitý mezistupeň, kde se pouzdro stabilizuje a je možné s ním manipulovat, aniž by bylo pod tlakem dmyhadla. Mechanismus transportní stanice je znázorněn na obrázku č. 73. Ze schématu jsem vynechal pneumatický válec A a B, jejichž funkce je popsána v kapitole 3.3.3.1.

Postupný algoritmus fungování samotné výměny pouzder byl vysvětlen v předchozí kapitole. Je však zapotřebí ještě zmínit, že jakmile se celý portál vzorkovače přemístí do výchozího bodu předávky, výsuvná hubice zajistí vzduchotěsné propojení s potrubní poštou.

Horní část stanice je dále vybavena dorazovým odpružením, aby docházelo k tlumení nárazů pouzder o horní víko při příjmu pouzdra poštou pod tlakem.



Obr. 73.: Schéma transportní stanice ve výchozím (předávacím) bodu [zdroj: autor]

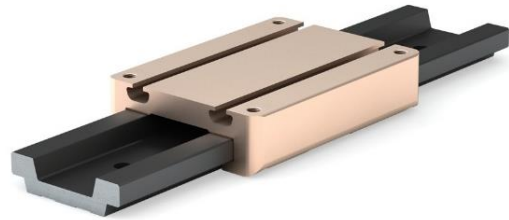


- Kluzné lineární vedení

Z předchozích obrázků je patrné, že uzavírací klapka neleží přímo na pístnici, ale je podpořena vedením. To především pro případ zatížení od plného pouzdra, které by svou tíhou mohlo válec příčně přetěžovat. V tomto případě jsem místo kuličkového zvolil kluzné lineární vedení, které je levnější a hlavně dostačující. Vnitřní obložení pojezdu je samomazné a nedochází ke kontaktu kov na kov.

Tab. 17.: Parametry zvoleného kluzného vedení [46]

<b>Typ</b>	UGA LPUG LS
<b>Výška profilu</b>	24 mm
<b>Materiál pojezdu</b>	hliník
<b>Materiál kolejnice</b>	nerez
<b>Materiál kluznice</b>	Frelon (PTFE)



Obr. 74.: Zvolené kluzné lineární vedení [46]

- Pohony

V transportním mechanismu jsou použity totožné pneumatické válce A a B jako v plnicím mechanismu. Bližší informace viz kapitola 3.3.3.2. Jediná změna nastala u třetího válce. Zde bohatě postačí obyčejný kruhový válec s přibližovacím magnetickým čidlem. Zároveň vzhledem k tomu, že bude válec překonávat pouze tření z kluzného vedení, není potřeba silových výpočtů. Volím válec **DSNU** o průměru 20 mm, který je provedením i dimenzí odpovídající.

Tab. 18.: Parametry zvoleného pohonu [47]

<b>Typ pohonu</b>	pneumatický válec
<b>Označení</b>	DSNU
<b>Průměr válce</b>	20 mm
<b>Zdvih válce</b>	110 mm
<b>Síla vysouvání (6 bar)</b>	189 N
<b>Síla zasouvání (6 bar)</b>	158 N



Obr. 75.: Pneumatický válec DSNU [47]

### 3.3.5. Algoritmus řízení

Pro lepší představu řízení celého procesu plnění pouzder je v následujících kapitolách popsáno základní algoritmické schéma a umístění senzorů, které jsou pro takové řízení nezbytné. Principiálně stejné schéma je pak naprogramováno do řídicího PLC modulu.

#### 3.3.5.1. Typy a umístění senzorů

V této podkapitole se nachází seznam senzorů potřebných pro správné fungování a řízení procesu plnění pouzder.

- indukční senzor

funkce: detekce kovových materiálů

umístění: na rámu, pod jedním z lůžek na zásobníku

úloha: detekce přítomnosti lůžka zásobníku, pro řízení přesné polohy zásobníku

- kapacitní senzor

funkce: detekce nekovových materiálů

umístění: 1 – na rámu nad lůžkem zásobníku u plnicího mechanismu  
2 – na rámu obepínacích kroužků  
3,4 – v transportní stanici

úloha: 1 – detekce přítomnosti pouzdra v zásobníku  
2 – detekce přítomnosti pouzdra v plnicím mechanismu  
3,4 – detekce přítomnosti pouzdra v transportní stanici

- magnetický senzor

funkce: detekce magnetických materiálů

umístění: na všech pneumatických válcích

úloha: detekce polohy pístu ve válcích

- RFID čip a čtečka

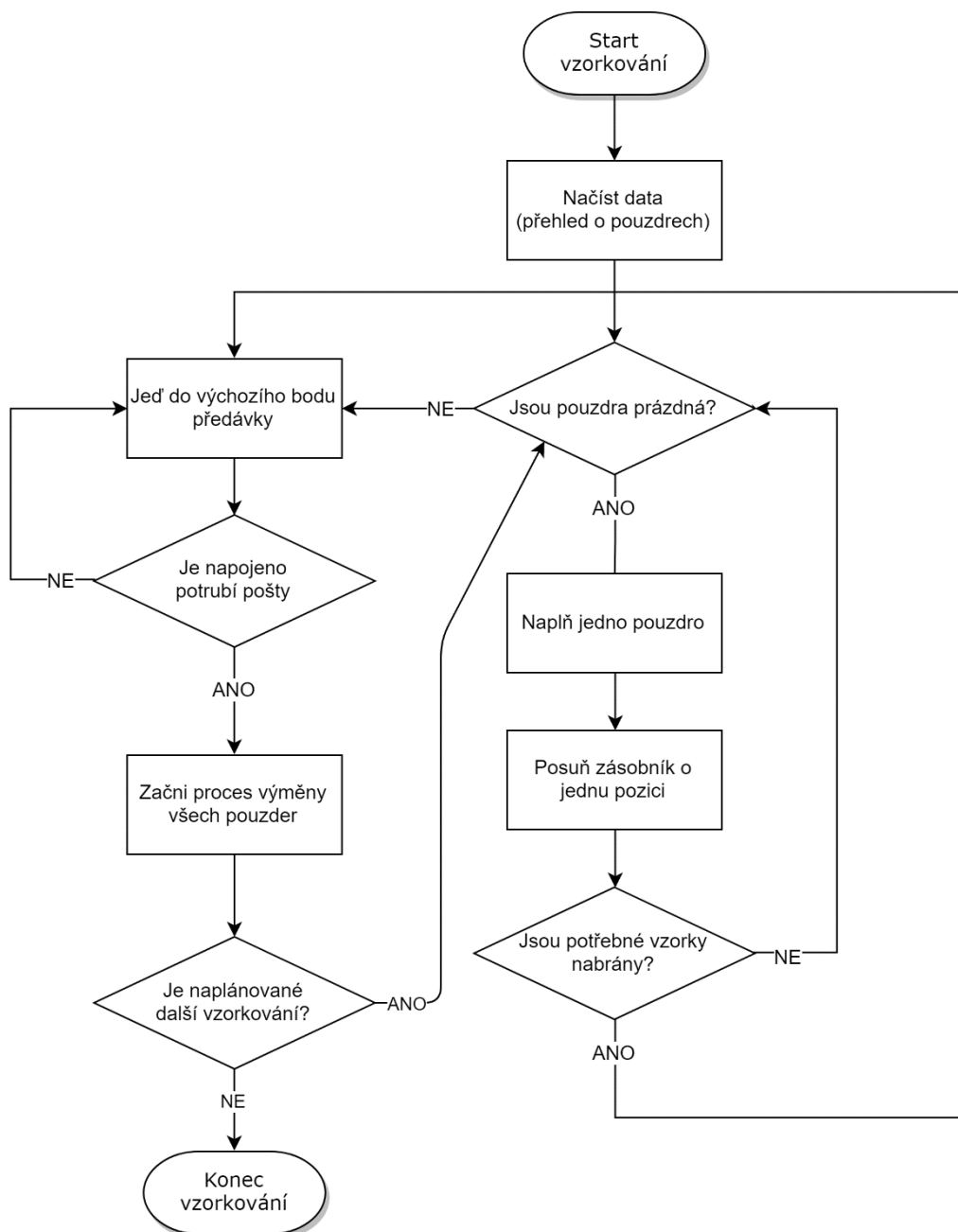
funkce: identifikační systém

umístění: čip – v každém pouzdru implantovaná RFID ampule  
čtečka – příchozí nebo odchozí transportní stanice

úloha: mapování stavu pouzder – poloha, stav (plné/prázdné)

### 3.3.5.2. Algoritmické schéma

Na obrázku č. 76 je základní algoritmické schéma logického řízení. Jedná se v podstatě o větvenou soustavu logických podmínek, jenž musí stroj následovat. Na obrázku je znázorněna pouze zjednodušená interpretace, jež by se samozřejmě dala větvit do detailnějších parametrů a podmínek. Do takového robustního algoritmu se pak plánuje mnoho paralelních procesů a meziprocesů, které mohou mít na starost například bezpečnost nebo akutní údržbu. Pro představu řídicí logiky je ale toto zjednodušení názornější.

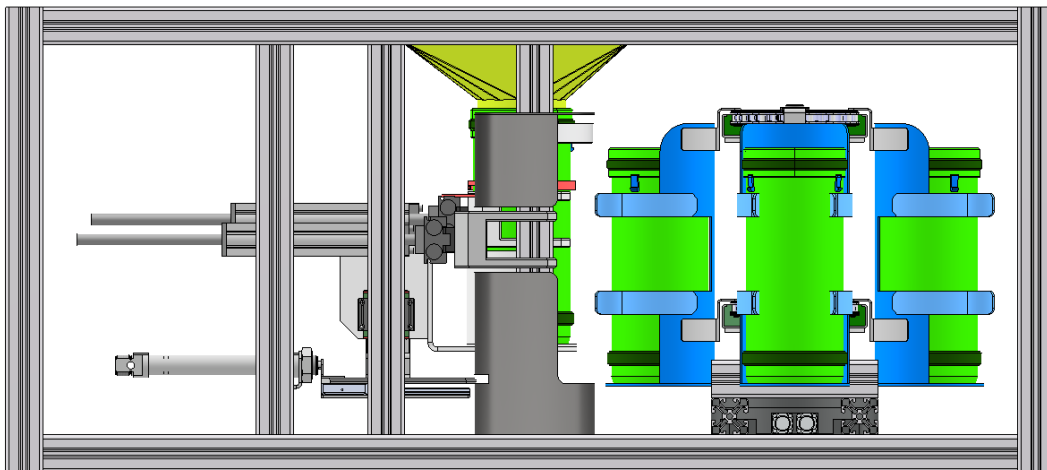


Obr. 76.: Schéma řídicího algoritmu [zdroj: autor]

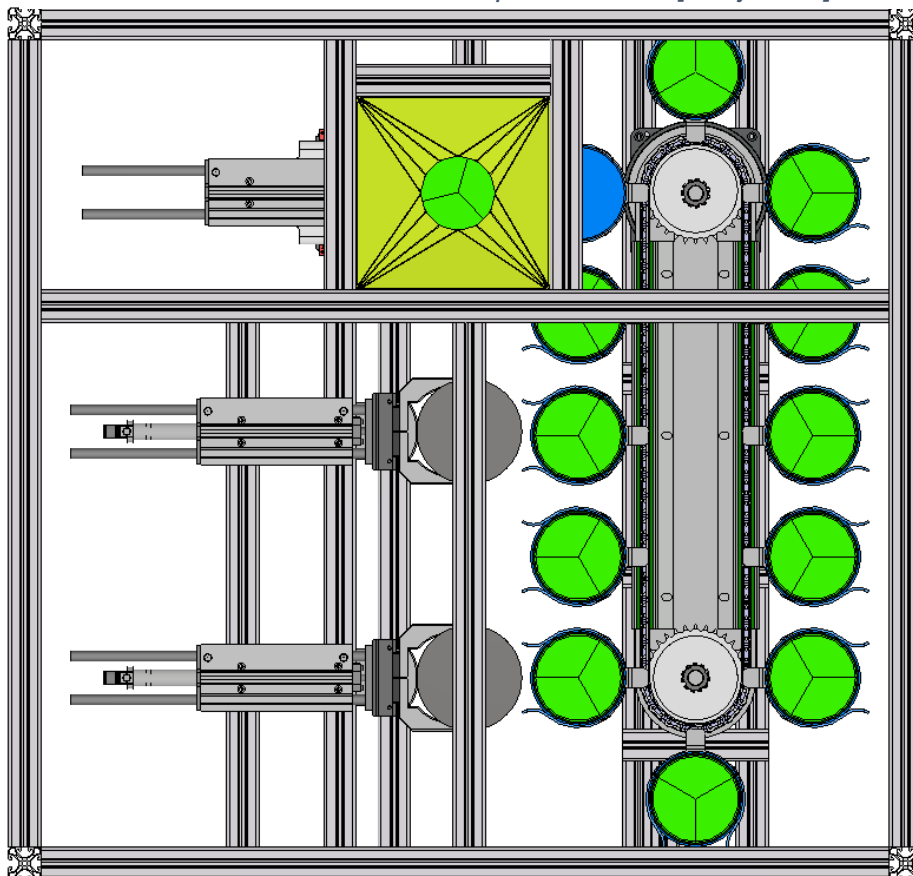
## 4. Sestavení kompletního zařízení

Tato finální kapitola se věnuje grafickému souhrnu celého sestavní plnicího stroje. Na základě vstupních podmínek, následujících návrhů a vypočtených parametrů byl vytvořen 3D model, ze kterého by nadále vznikala detailní výkresová dokumentace.

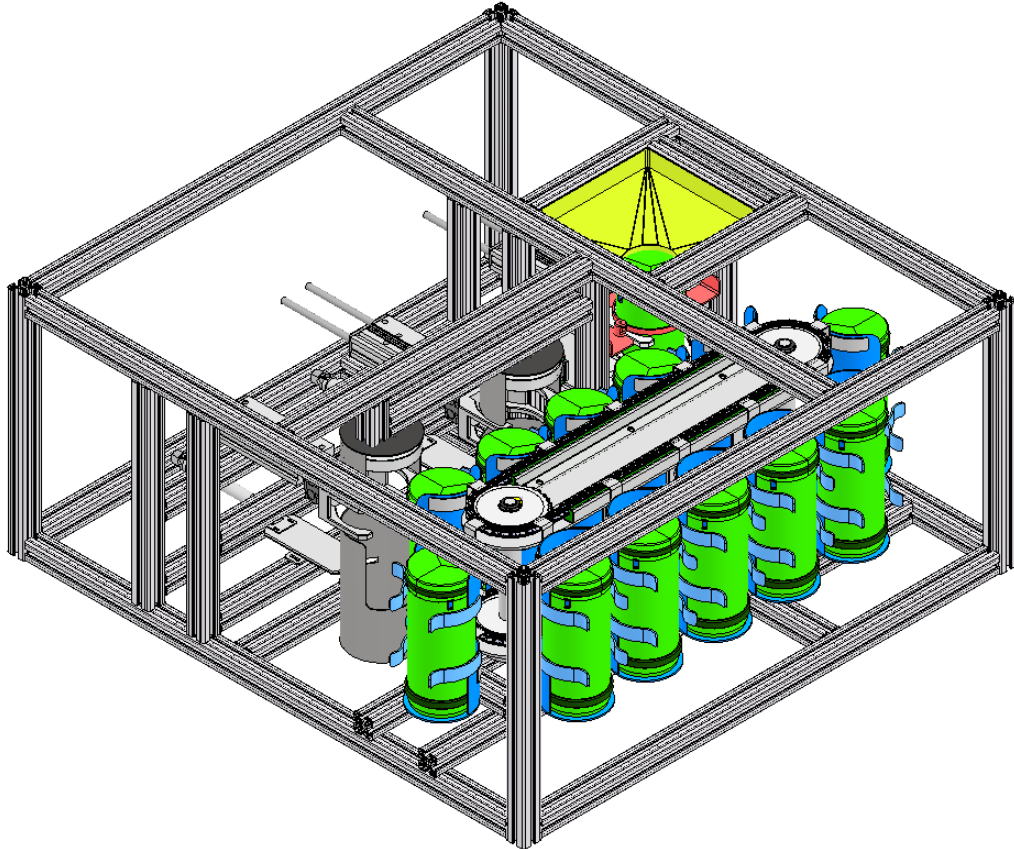
Na obrázcích č. 77 až 80 je vidět kompletní sestavení umístěné v rámu bez zakrytování. Na obrázcích č. 81, 82 je vyobrazené pouze vnitřní osazení, pro lepší přehled v sestavě.



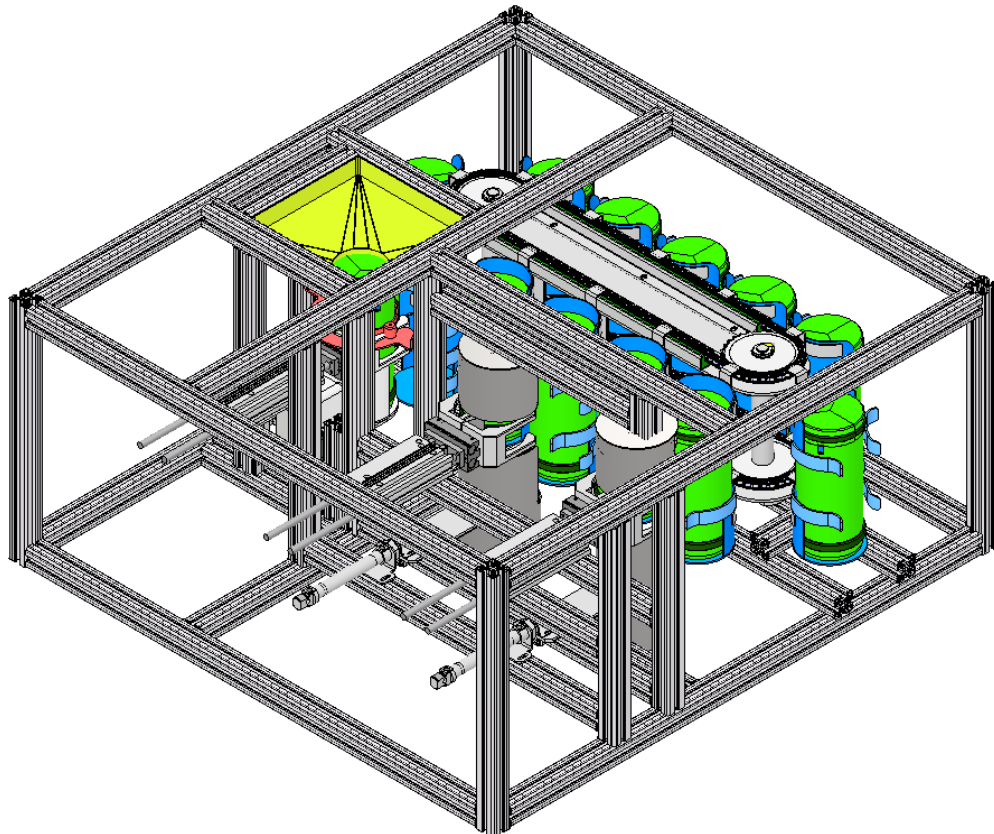
Obr. 78.: Sestava zařízení – pohled z boku [zdroj: autor]



Obr. 77.: Sestava zařízení – pohled shora [zdroj: autor]

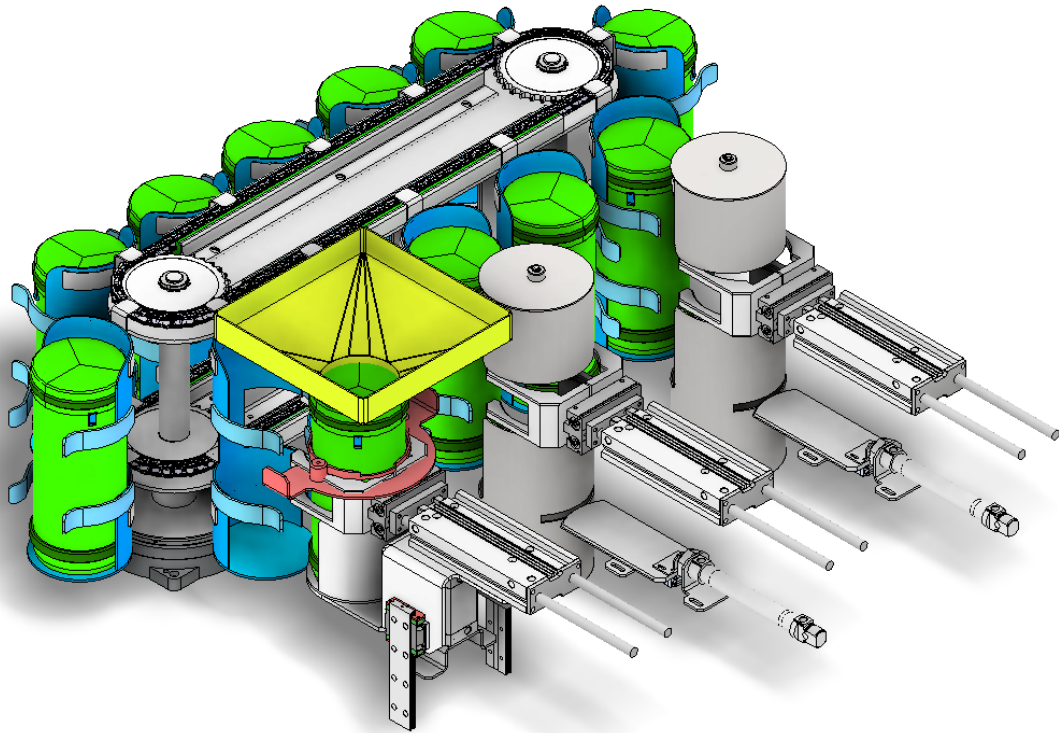


Obr. 79.: Sestava zařízení – ISO pohled 1 [zdroj: autor]

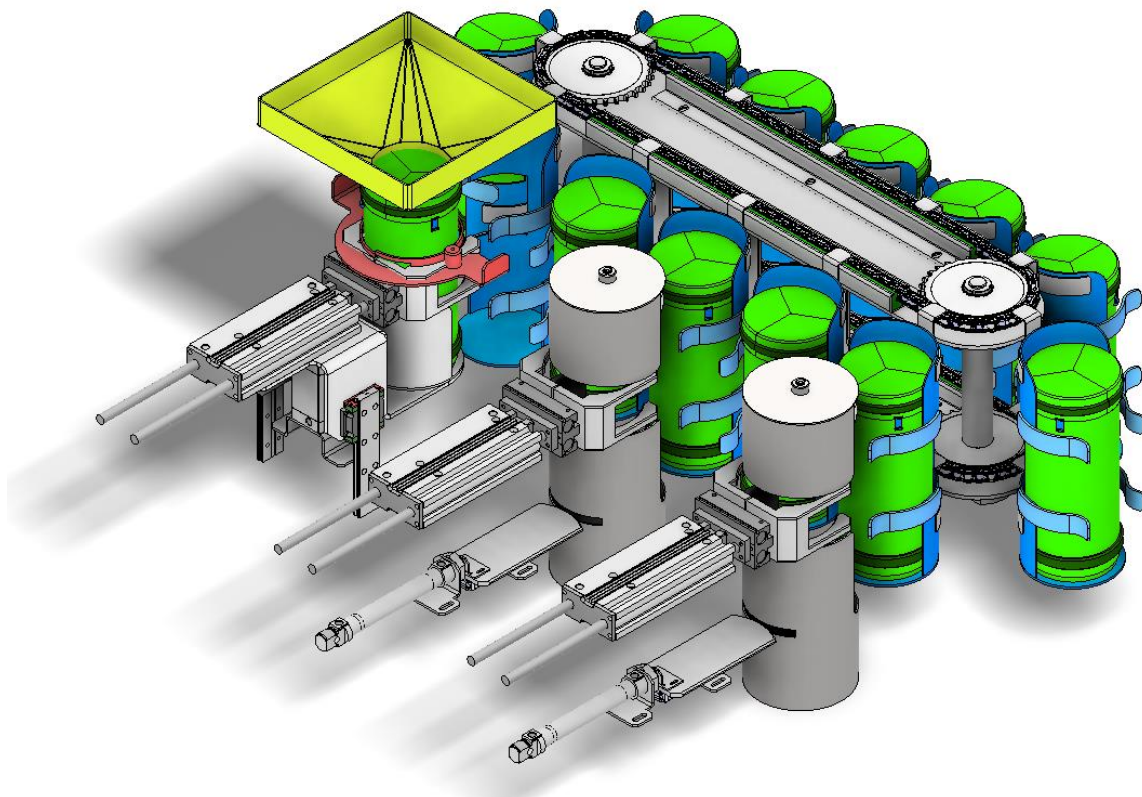


Obr. 80.: Sestava zařízení – ISO pohled 2 [zdroj: autor]





Obr. 81.: Sestava zařízení bez rámu – ISO pohled 1 [zdroj: autor]



Obr. 82.: Sestava zařízení bez rámu – ISO pohled 2 [zdroj: autor]

## 5. Závěr

Úkolem mé diplomové práce bylo navrhnout zařízení pro plnění a dopravu vzorku zrnin v uzavřeném pouzdře.

V první části práce jsem se věnoval podrobné rešerši o způsobech dopravy vhodných pro transport uzavřeného pouzdra. U každého způsobu jsem uvedl základní charakteristiku včetně výhod a nevýhod týkajících se aplikace tohoto zadání. Z nasbíraných poznatků se jako nejlepší řešení jevila přeprava pomocí potrubní pošty. Tuto variantu jsem následně rozebral podrobněji pro lepší porozumění při návrzích plnicího zařízení.

Dále bylo zapotřebí se zamyslet nad všemi komponenty, které eventuálně připadaly v úvahu k navrhovanému zařízení. Pro všechny tyto komponenty jsem vytvořil stručné popisy, jejich funkčnosti a použití.

Po nabytí veškerých znalostí potřebných k vytvoření návrhu plnicího zařízení jsem se zamýšlel nad principem mechanismů, kterých je v takovém stroji zapotřebí. V prvním návrhu jsem koncepčně rozpracoval zejména logistiku pouzder, mechanismus pohybů a zásobník pouzder. Z hlediska logistiky jsem se rozhodl transport koncipovat obousměrně a dvoucestně, a to tak, aby mohla probíhat vykládka a nakládka pouzder současně. Většinu mechanismů jsem se rozhodl řešit pomocí pneumatických válců, které se oproti ostatním pohonům jevíly nejvýhodněji. Při koncipování vnitřního úložného prostoru pro pouzdra vznikla myšlenka otočného karuselového zásobníku. Výhodou bylo zejména vlastní rotace karuselu, a proto veškerá manipulace s pouzdry mohla probíhat se staticky uloženými pneuválci. Nepříjatelným nedostatkem však byla malá kapacita doplněná o neúčinné využití prostoru.

V druhém návrhu jsem se proto zaměřil převážně na zásobování pouzder ve stroji. S podobným principem, z předchozího konceptu, jsem navrhl oběžný řetězový zásobník. Ten svými vlastnosti eliminoval zmíněné nedostatky a byl dále podrobněji rozpracován. Také jsem dokončil detaily veškerého pohybového aparátu a vytypoval použité komponenty. Po sestavení celého zařízení se všemi komponenty se obálka stroje vešla do zadaných rozměrů. V jednom směru se dokonce podařilo rozměr snížit o 180 mm oproti zadání.

Aby zařízení pracovalo se stanovenou úrovní automatizace, bylo zapotřebí ho opatřit logickým řídicím systémem. Sepsal jsem tedy seznam potřebných senzorů, které

poskytují řídicí jednotce informace o aktuálním stavu procesu. Dále jsem vytvořil základní řídicí algoritmus, podle kterého by mělo řízení probíhat.

Z dokončeného návrhu byl vytvořen 3D model plnicího zařízení, jež je včetně základní výkresové dokumentace vložen do příloh této diplomové práce.



## Seznam použité literatury

- [1] Norma. ČSN EN ISO 24333:2010 „Obiloviny a výrobky z obilovin – vzorkování“
- [2] Grainsamplers [online]. [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: <http://grainsamplers.com>
- [3] Fasteners [online]. [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: <http://www.fasteners-cz.cz/priklady-pouziti-nerezove-oceli-v-prumyslu-i-domacnosti>
- [4] Conveyors and parts. *ULTIMATION* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <https://www.ultimationinc.com/replacement-parts/buy-belt-conveyors/conveyor-belt-for-sale/>
- [5] Doprava partikulárních materiálů. *HMZ* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <http://users.fsid.cvut.cz/~jiroutom/vyuka/hmz/hmz12.pdf>
- [6] Válečkové dopravníky. *FEIFER* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <https://www.feifer.cz/dopravnik-dp190-plast-val-d-2000-mm-p-100-mm>
- [7] Chain Driven Live Roller. TITAN Conveyors [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <https://www.titanconveyors.com/products/chain-driven-live-roller>
- [8] Spádové potrubí. *TAURUS* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <https://www.taurus-sro.cz/spadove-potrubi.html>
- [9] PTS for hospitals. *Sumetzberger* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: [https://www.sumetzberger.at/fileadmin/user\\_upload/Sumetzberger\\_PTS\\_for\\_Hospitals.pdf](https://www.sumetzberger.at/fileadmin/user_upload/Sumetzberger_PTS_for_Hospitals.pdf)
- [10] Pneumatic networks. *DOUGLAS-SELF* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <http://douglas-self.com/MUSEUM/COMMS/pneumess/pneumess.htm>
- [11] Potrubní pošta. *ANIMATRANS* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <http://www.animatrans.cz/>

- [12] Pneumatic tube systems in hospitals. *FREUND* [online]. [cit. 2019-07-19].  
Dostupné z: <https://freund.dk/wp-content/uploads/2018/04/58-090-006e-V2.0-Hospital-Brochure.pdf>
- [13] Pneumatic tube systems. *SUMETZBERGER* [online]. [cit. 2019-07-19].  
Dostupné z: <https://www.sumetzberger.at/en/downloads/>
- [14] Pneumatic tube systems for industrial use. *AIR-LOG* [online]. [cit. 2019-07-19].  
Dostupné z: <https://www.air-log.com/en/industry.html>
- [15] Peruskomponentit. *PAMTECH* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z:  
<https://www.pamtech.fi/peruskomponentit>
- [16] Historie RFID. *RFID-EPC* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z:  
<https://www.rfid-epc.cz/co-je-rfid/historie-rfid>
- [17] RFID Technologie. *ALEDO* [online]. [cit. 2019-07-19]. Dostupné z:  
<https://www.aledo.cz/prumyslova-identifikace/jak-funguje-rfid-technologie/>
- [18] Technologie RFID. *COSMOTRON* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z:  
<http://www.cosmotron.cz/produkty/rfid/technologie>
- [19] RFID čip Sebury standard. *GMElectronic* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z:  
<https://www.gme.cz/rfid-cip-sebury-standard-em-125-khz>
- [20] RFID GLASS CAPSULE. *Sparkfun* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z:  
<https://www.sparkfun.com/products/9416>
- [21] ŘASA, Jaroslav, Vladimír GABRIEL a Přemysl POKORNÝ. *Strojírenská technologie 3 - Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění*. Scientia, 2005. ISBN 80-7183-336-3.

- [22] Hliníkové profily. *ITEM* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://cz.item24.com/cs/svet-produktu/stavebnicovy-system-mb/>
- [23] Profilové válce. *RS* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://cz.item24.com/cs/svet-produktu/stavebnicovy-system-mb/>
- [24] Servomotory. *HIWIN* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/motory/servo-motory/120\\_servo-motor-frms-750w](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/motory/servo-motory/120_servo-motor-frms-750w)
- [25] Lineární vedení. *HIWIN* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-we-qw/277\\_vozik-qwh](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-we-qw/277_vozik-qwh)
- [26] Kapacitní snímače. *SICK* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/detekcni-snimace/kapacitni-snimace/cm/c/g206089>
- [27] Magnetické senzory. *SICK* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/magneticke-senzory-polohy-valcu/senzory-pro-valce-s-t-drazkou/mzt7/c/g346668>
- [28] Optoelektrické snímače. *SICK* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicke-snimace/>
- [29] REMEK, Branko. *Experimentální metody a měření v dopravní technice*. Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04921-1.
- [19] PLC. *Automatizace-HW* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/co-se-skryva-pod-oznacnim-plc>
- [31] Logické moduly. *RS* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/p/products/1653226/>



- [32] NOVÁK, Jaroslav. *Elektromechanické systémy v dopravě a ve strojírenství*. Nakladatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02457-1.
- [33] Frekvenční měniče. *Intergear* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: [http://www.intergear.eu/produkty/frekvencni\\_menice/siemens/Sinamics%20G110%20katalog%20CZ%20PFM-0509%202005.pdf](http://www.intergear.eu/produkty/frekvencni_menice/siemens/Sinamics%20G110%20katalog%20CZ%20PFM-0509%202005.pdf)
- [34] Construction profile. *ITEM* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://product.item24.de/en/products/product-catalogue/productdetails/products/construction-profiles-8-1001042794/profile-8-40x40-e-natural-7000009/>
- [35] LUGER, Michael. *Carrier or a tube mail system and loading tube for a station belonging to that system*. EP0697354B1. Uděleno 1994.
- [36] Design chains. *Autodesk* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <http://help.autodesk.com/view/INVENTOR/2016/CSY/?guid=GUID-F7B55633-DDE2-4740-A642-8E2099E3A031>
- [37] Válečkové řetězy. *AMECO* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <http://eshop.ameco.cz/produkty/Valcekove-retaze-s-priamymi-nastavcami-M2-siroke-2-x-p-1str>
- [38] Vedení pro válečkové řetězy. *MURTFELDT* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: ] <https://www.murtfeldt.cz/produkty/vedeni-retezu-remenu-a-kluzne-profilu/vedeni-pro-valeckove-retezy/typ-ckg-15v/>
- [39] Rotační osa TMN. *HIWIN* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/rotacni-osy/270\\_rotacni-osa-tmn](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/rotacni-osy/270_rotacni-osa-tmn)
- [40] Bearings with Housings. *MISUMI* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://th.misumi-ec.com/vona2/detail/110190100119/>

- [41] Bearings with Housings - Thrust Bearings. *MISUMI* [online]. [cit. 2019-07-31].  
Dostupné z: <https://th.misumi-ec.com/vona2/detail/110190101010/>
- [42] Kuličkové vedení WEH. *HIWIN* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z:  
[https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-we-qw/35\\_vozik-weh](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-we-qw/35_vozik-weh)
- [43] Low Profile Air Gripper MHF2. *SMCpneumatics* [online]. [cit. 2019-07-31].  
Dostupné z: <https://www.smc Pneumatics.com/pdfs/MHF.pdf>
- [44] Compact guide cylinder. *SMCetech* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z:  
<https://content2.smcetech.com/pdf/MGP.pdf>
- [45] Válce dle norem ADN/AEN, ISO 21287. *FESTO* [online]. [cit. 2019-07-31].  
Dostupné z:  
[https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/ADN\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/ADN_CZ.PDF)
- [46] UGA Low Profile Uni-Guide Linear Slide. *PBClinear* [online]. [cit. 2019-07-31].  
Dostupné z: <https://www.pbcllinear.com/Products/Gliding-Surface-Technology/UGA-Low-Profile-Uni-Guide-Linear-Slide>
- [47] Kruhové válce DSNU/DSNUP/DSN/ESNU/ESN. *FESTO* [online]. [cit. 2019-07-31]. Dostupné z:  
[https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DSNU\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DSNU_CZ.PDF)

## Seznam zkratek a symbolů

Značka	Jednotka	Název
$a$	$mm$	osová vzdálenost
$p$	$mm$	rozteč řetězu
$z$	1	počet zubů
$x$	1	počet článků řetězu
$m_m$	$Kg$	max. hmotnost
$\mu$	1	koeficient tření
$k$	1	koeficient bezpečnosti
$g$	$m \cdot s^{-2}$	gravitační zrychlení
$r$	$mm$	poloměr
$M_o$	$N \cdot m$	odporový moment
$M_{pohon}$	$N \cdot m$	moment pohonu
$F$	$N$	síla
$F_{max}$	$N$	maximální síla

## Seznam obrázků

Obr. 1.: Schéma rozmístění odebíracích bodů [1].....	3
Obr. 2.: Vzorkovač - sloupová varianta [2].....	4
Obr. 3.: Vzorkovač - portálová varianta [2] .....	4
Obr. 4.: Jednocestná sonda [2] .....	5
Obr. 5.: Dvoucestná sonda [2] .....	5
Obr. 6.: Spirálová sonda [2].....	5
Obr. 7.: Zjednodušené schéma logistiky vzorku zrnin [zdroj: autor].....	6
Obr. 8.: Schéma pásového dopravníku [5] .....	7
Obr. 9.: Pásový dopravník [4].....	7
Obr. 10.: Válečkový gravitační dopravník [6] .....	8
Obr. 11.: Válečkový dopravník hnaný [7] .....	8
Obr. 12.: Skluzová trubka [8].....	9
Obr. 13.: Přepavní pouzdro uvnitř potrubní pošty [9].....	10
Obr. 14.: Instalované potrubí – Londýn [10].....	11
Obr. 15.: Přejímky potrubní pošty – Londýn [10] .....	11
Obr. 16.: Přejímka pražské PP [10].....	12
Obr. 17.: Historické schéma pražské PP [10].....	12
Obr. 18.: Základní schéma pneumatické dopravy [11].....	13
Obr. 19.: Ukázka potrubí [12] .....	13
Obr. 20. Pouzdro výklopné do boku [13].....	14
Obr. 21.: Pouzdro s automatickou vykládkou [13] .....	14
Obr. 22.: Pouzdro pro přepravu hutního materiálu (vysoké teploty) [13] .....	14

Obr. 23.: Jednoduchá stanice [14] .....	14
Obr. 24.: Vybavenější stanice [14] .....	14
Obr. 25.: Pohled do vnitřku diverteru [15] .....	15
Obr. 26.: Dmychadlo s bočním kanálem [15] .....	15
Obr. 27.: RFID technologie [17].....	16
Obr. 28.: RFID ampule [20] .....	17
Obr. 29.: RFID čip [19].....	17
Obr. 30.: RFID nálepka [18] .....	17
Obr. 31.: Ukázka hliníkových profilů firmy ITEM [22].....	18
Obr. 32.: Pneumatický válec dle normy ISO 15552 [23] .....	18
Obr. 33.: Servomotor – Hiwin [24].....	18
Obr. 34.: Lineární vedení QWH - Hiwin [25] .....	19
Obr. 35.: Magnetický senzor polohy válců [27]].....	19
Obr. 36.: Optoelektrický snímač [28].....	19
Obr. 37.: Kapacitní snímač [26].....	19
Obr. 38.: Chyba aliasing při nedodržení Nyquistova kritéria [29] .....	20
Obr. 39.: Obecné schéma funkce snímačů [29] .....	20
Obr. 40.: Ukázka PLC – Siemens LOGO [31] .....	21
Obr. 41.: Frekvenční měniče Siemens SINAMICS G 110 [33] .....	22
Obr. 42.: Obálkové rozměry zařízení [zdroj: autor].....	23
Obr. 43.: Prvotní konceptuální návrh [zdroj: autor] .....	25
Obr. 44.: Navržený rám plnicího zařízení [zdroj: autor].....	26
Obr. 45.: Průřez zvoleného profilu [34] .....	26
Obr. 46.: Navržený zásobník pouzder [zdroj: autor] .....	27
Obr. 47.: Automaticky otevíratelná pouzdra [13] .....	28
Obr. 48.: Navržený rám dopravníku [zdroj: autor].....	29
Obr. 49.: Válečkový řetěz [36].....	29
Obr. 50.: Řetězový převod [zdroj: autor] .....	29
Obr. 51.: Zvolený řetěz [37] .....	30
Obr. 52.: Ukázka vedení řetězu [38] .....	30
Obr. 53.: Rotační osa HIWIN TMN93 [39] .....	32
Obr. 54.: Uložení ložisek na rámu zásobníku – pohled zespodu [zdroj: autor].....	32
Obr. 55.: Radiální ložisko BGCA 6806 ZZ [40].....	33
Obr. 56.: Radiální a axiální ložisko BGCS30 [41].....	33
Obr. 57.: Popis plnicího zařízení [zdroj: autor].....	34
Obr. 58.: Popis plnicího mechanismu [zdroj: autor].....	34
Obr. 59.: Schéma procesu plnění pouzder [zdroj: autor].....	35
Obr. 60.: Navržený rám plnicího mechanismu [zdroj: autor] .....	36
Obr. 61.: Lineární kuličkové vedení Hiwin [42].....	36
Obr. 62.: Čelisti – obrobek [zdroj: autor] .....	36
Obr. 63.: Model výpočtu [43] .....	37
Obr. 64.: Vzdálenost L [43].....	37
Obr. 65.: Graf efektivní síly [43].....	37
Obr. 66.: Pneumatický válec MHF2 [43] .....	38
Obr. 67.: Graf přípustného zatížení v příčném směru [44] .....	38
Obr. 68.: Poloha těžiště [44].....	38
Obr. 69.: Pneumatický válec MGPM [44].....	38
Obr. 70.: Pneumatický válec ADN [45] .....	39
Obr. 71.: Transportní mechanismus [zdroj: autor] .....	40
Obr. 72.: Schéma procesu transportu pouzder [zdroj: autor] .....	41



Obr. 73.: Schéma transportní stanice ve výchozím (předávacím) bodu [zdroj: autor].	42
Obr. 74.: Zvolené kluzné lineární vedení [46]	43
Obr. 75.: Pneumatický válec DSNU [47]	43
Obr. 76.: Schéma řídicího algoritmu [zdroj: autor]	45
Obr. 77.: Sestava zařízení – pohled shora [zdroj: autor]	46
Obr. 78.: Sestava zařízení – pohled z boku [zdroj: autor]	46
Obr. 79.: Sestava zařízení – ISO pohled 1 [zdroj: autor]	47
Obr. 80.: Sestava zařízení – ISO pohled 2 [zdroj: autor]	47
Obr. 81.: Sestava zařízení bez rámu – ISO pohled 1 [zdroj: autor]	48
Obr. 82.: Sestava zařízení bez rámu – ISO pohled 2 [zdroj: autor]	48

## Seznam tabulek

Tab. 1.: Základní fyzikální vlastnosti jednoho vzorku [1]	3
Tab. 2.: Přehled parametrů vybraných dopravníků	10
Tab. 3.: Základní parametry potrubní pošty [10]	12
Tab. 4.: Zvolené komponenty rámu [34]	26
Tab. 5.: Parametry navrženého rámu zásobníku [zdroj: autor]	29
Tab. 6.: Parametry zvoleného řetězu [37]	30
Tab. 7.: Parametry zvoleného vedení [38]	30
Tab. 8.: Parametry zvoleného pohonu [39]	32
Tab. 9.: Parametry horních ložisek [40]	33
Tab. 10.: Parametry spodního ložiska [41]	33
Tab. 11.: Parametry navrženého rámu	36
Tab. 12.: Parametry zvoleného vedení	36
Tab. 13.: Parametry navržených čelistí [zdroj: autor]	36
Tab. 14.: Parametry zvoleného válce [43]	38
Tab. 15.: Parametry zvoleného válce [44]	38
Tab. 16.: Parametry zvoleného válce [45]	39
Tab. 17.: Parametry zvoleného kluzného vedení [46]	43
Tab. 18.: Parametry zvoleného pohonu [47]	43

## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výkres sestavy plnicího zařízení	DP-01-00-00
Příloha č. 2 – Kusovník sestavy plnicího zařízení	DP-01-00-K
Příloha č. 3 – Výkres sestavy řetězového zásobníku	DP-01-02-00
Příloha č. 4 – Kusovník sestavy řetězového zásobníku	DP-01-02-K
Příloha č. 5 – CD obsahující diplomovou práci v elektronické podobě, 3D model pohonu a výše uvedené přílohy v elektronické podobě	