



**FAKULTA  
ŠROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh prototypu vhazovací šachty  
podzemních kontejnerů s možností vážení  
odpadu**

**Design of the Throw-in Shaft of  
Underground Containers with Municipal  
Waste Weighting Ability**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2021**

**Miloš KADLEC**

**Studijní program:** B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
**Studijní obor:** 2301R000 Studijní program je bezoborový  
**Vedoucí práce:** Ing. Jan Hoidekr



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kadlec** Jméno: **Miloš** Osobní číslo: **483246**  
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 prototypu vřazovací šachty podzemních kontejnerů s možností vážení odpadu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of the Throw-in Shaft of Underground Containers with Municipal Waste Weighting Ability**

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši celosvětově známých řešení pro evidenci sběru komunálního odpadu
2. Navrhněte konstrukci a design vřazovací šachty s elektronickým zámekem:
  - Do šachty je možné vhodit odpad pouze o definovaném objemu
  - Systém dokáže zvažít vřazovaný odpad
  - Otevírání šachty je realizováno nášlapným pedálem, po odemčení
3. Vytvořte 3D model navrženého konstrukčního řešení a vytvořte výrobní dokumentaci prototypu
4. Vybrané konstrukční uzly pevnostně zkontrolujte
5. Proveďte ekonomické zhodnocení navrženého řešení

Seznam doporučené literatury:

- J. Leinveber and P. Vávra, Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření, 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011.
- ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 170 s. ISBN 978-80-01-04138-3.
- POSPÍCHAL, Jaroslav. Technické kreslení. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 84 s. ISBN 978-80-01-03214-52008.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Jan Hoidekr, ústav konstruování a částí strojů FS**

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

Datum zadání bakalářské práce: **23.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **04.06.2021**

Platnost zadání bakalářské práce:

Ing. Jan Hoidekr  
podpis vedoucí(ho) práce

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

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

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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.

**30.4.2021**

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Návrh prototypu vhazovací šachty podzemních kontejnerů s možností vážení odpadu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hoidekra. Veškerá použitá literatura je uvedena na konci práce.

V Praze 18. 8. 2021

Miloš Kadlec

## **Poděkování:**

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Hoidekrovi za trpělivost, věcné rady a celkové vedení práce. Dále chci poděkovat rodině a mé přítelkyni za podporu během studia. V neposlední řadě chci poděkovat umělci Yzomandiasovi, jehož hudba mě provázela celým studiem.

## Anotační list

Jméno autora: Miloš Kadlec

Název BP: Návrh prototypu vhazovací šachty podzemních kontejnerů s možností vážení odpadu

Anglický název: Design of the Throw-in Shaft of Underground Containers with Municipal Waste Weighting Ability

Rok: 2021

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství

Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Ústav: Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí BP: Ing. Jan Hoidekr

Bibliografické údaje:	počet stran	43
	počet obrázků	68
	počet tabulek	0
	počet příloh	1

Klíčová slova: vhazovací šachta, podzemní kontejner, vážení odpadu

Keywords: throw-in shaft, underground container, waste weighting,

Anotace:

Cílem této práce je navrhnout konstrukci a design vhazovací šachty s elektronickým zámekem. Součástí práce je 3D model navrženého konstrukčního řešení v aplikaci Autodesk Inventor a pevnostní kontrola vybraných konstrukčních uzlů.

Abstract:

The aim of this thesis is to devise the construction and design of an throw-in shaft with an electronic lock. The work includes a 3D model of the proposed design in Autodesk Inventor and strength check of selected structural nodes.

# Obsah

1. Úvod.....	1
1.1. Svoz komunálního odpadu .....	1
2. Rešerše.....	2
2.1. Konkurenční řešení.....	2
2.1.1. Podzemní kontejner – Elkoplast .....	2
2.1.2. Podzemní kontejner – Komunální technika, s.r.o. ....	3
2.2. Předchozí koncepty .....	3
2.2.1. Kladkový mechanismus .....	3
3. Vývojové cesty.....	5
3.1. Firemní požadavky.....	5
3.2. Konstrukční analýza předchozího mechanismu.....	6
3.2.1. Zhodnocení konceptu .....	7
3.3. Táhlový mechanismus.....	7
3.3.1. Táhlový mechanismus – 1. koncept .....	8
3.3.2. Táhlový mechanismus – 2. koncept .....	9
3.3.3. Táhlový mechanismus – 3. koncept .....	11
4. Konstrukční návrh .....	12
4.1. Kinematický uzel pedál – buben .....	13
4.2. Kinematický uzel pedál – deska .....	14
5. 3D model.....	16
5.1. Fáze mechanismu .....	16
5.1.1. Počáteční fáze.....	16
5.1.2. Mezifáze.....	17
5.1.3. Konečná fáze .....	18
5.2. Montáž.....	20
5.3. Konstrukční celky mechanismu .....	28
5.3.1. Nosná konstrukce .....	28
5.3.2. Uchycení .....	29
5.3.3. Pedál .....	30
5.3.4. Táhla.....	30
5.3.5. Páka .....	31
5.3.6. Deska .....	32
5.3.7. Buben.....	34
5.3.8. Krycí šachta .....	34
5.3.9. Plášť.....	35
6. Pevnostní analýza .....	36
6.1. Pedál .....	36
6.2. Čep zámku .....	38
7. Závěr.....	39

## 1. Úvod

Jednou z největších výzev moderní společnosti je nakládání s odpadem. Důležitou součástí tohoto nakládání s odpadem je výběr a přizpůsobení míst, kde mohou lidé odpad vyhodit. Z osobní zkušenosti je nejčastějším provedením těchto míst ohraničená plocha, na které se nacházejí pojízdné plastové kontejnery.

V dnešní době však čím dál tím častěji vznikají kontejnery podzemní, které podle výrobců poskytují značné výhody oproti kontejnerům tradičním. Hlavními výhodami jsou především estetická stránka a čistota.

Jedním z výrobců podzemních kontejnerů je firma Meva Group, s jejíž spoluprací vzniká tato práce.

Součástí mého zadání je vytvořit mechanismus podzemního kontejneru na předem normovanou přírubu. Další specifikace jsou předem dané některé rozměry, možnost kontejneru zvažít vhozený odpad a systém, který umožní přístup jen po použití čipu.

Cílem této práce je vytvoření návrhu a výkresové dokumentace daného podzemního kontejneru.

### 1.1. Svoz komunálního odpadu

Dle zákona č. 541/2020 Sb., [1] o odpadech, komunálním odpadem označujeme odpad směsný a tříděný odpad z domácností a dále směsný odpad a tříděný odpad od jiných původců, pokud jsou povaha a složení podobné odpadu z domácností. Jako komunální odpad nechápeme odpad z výroby, zemědělství, lesnictví, rybolovu, septiků, kanalizační sítě a čistíren odpadních vod, včetně kalů, vozidla na konci životnosti ani stavební a demoliční odpad.

Pokud osoba odloží odpad na místo k tomuto účelu určenému, je obec brána jako původce komunálního odpadu. Povinnosti obce je tedy přebrat veškerý komunální odpad, který vzniká na jejím území činností nepodnikajících fyzických osob, a určit místa pro oddělené soustředování komunálního odpadu.

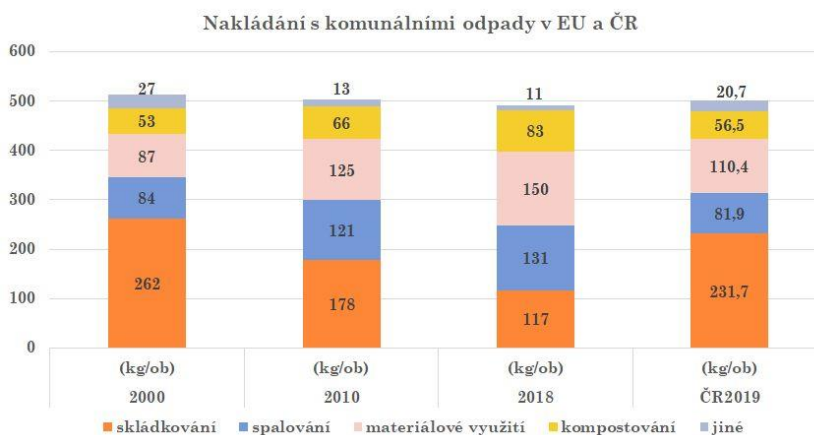
Oddělené soustředování složek komunálních odpadů zajišťuje obec pomocí sběrných nádob na tříděný odpad, pytlovým způsobem sběru nebo určením místa pro odkládání jednotlivých složek komunálních odpadů v rámci sběrného dvora [2].

Odpad vyhozený do sběrných nádob je svážen popelářskými vozy. Tříděný odpad je svážen samostatně a následně končí na dotřídňovací lince, kde je z něj odstraněno všechno, co do něj nepatří. Například papír a nápojové kartony putují do papíren jako druhotná surovina, PET láhve putují k zpracovatelům, kteří plastové láhve melou na PET lupínky, které se mohou využít v textilním průmyslu, a plastové sáčky, fólie nebo tašky se převážně regranulují a následně slouží k výrobě nových fólií [3].

Směsný odpad končí například na skládkách nebo ve spalovnách. Na skládkách končí zhruba 46 % komunálního odpadu (údaj z r. 2019). Skládku je nutné dobře zabezpečit, aby nedošlo k průsaku škodlivých a toxických látek do půdy a do podzemních vod. Dalším nebezpečím tohoto skladování jsou požáry, při kterých mohou vznikat toxické zplodiny.

V roce 2019 skončilo ve spalovnách 12 % odpadu. Odpad ve spalovnách je používán jako palivo k energetickým účelům. Odpad dovezený do spalovny je nejprve roztříděn, protože ne všechny odpad lze spálit a některý odpad lze použít pro recyklaci. Po spálení zůstane struska, která se následně také ukládá na skládku [4].

Celkově podle údajů MŽP bylo v roce 2019 46 % komunálního odpadu na osobu skládkováno, 12 % energeticky využito a 41 % využito materiálově. V porovnání s EU se tedy v ČR skládá v průměru dvojnásobek komunálního odpadu (Obr. 1) [5].



Obr. 1: Nakládání s komunálním odpadem

## 2. Rešerše

### 2.1. Konkurenční řešení

Součástí rešerše bylo také nahlédnutí na některá řešení konkurenčních firem, a to nejen na internetu, ale i v okolí. Jedná se pouze o design vnějších součástí jednotlivých produktů, ale i tak je možné získat inspiraci pro návrh vlastního konceptu.

#### 2.1.1. Podzemní kontejner – Elkoplast

Jedním z výrobců podzemních kontejnerů je firma Elkoplast. Dle jejich webu hlavní výhodou podzemních kontejnerů spočívá v efektivním využití prostoru sběrného místa, zvýšení estetického vzhledu a čistotě. Konceptně se jedná o ocelové kontejnery zapuštěné do země a chráněné vnějším betonovým sílem. Vyráběné jsou varianty o objemu 3, 4 a 5 m<sup>3</sup>. Přístup do kontejneru může být omezen mechanicky, elektronicky nebo čipovým klíčem. Kontejnery jsou vyrobeny dle normy EN 13071 [6].



Obr. 2: Kontejner – Elkoplast



### 2.1.2. Podzemní kontejner – Komunální technika, s.r.o.

Dalším distributorem podzemních kontejnerů je firma Komunální technika, která na území ČR nabízí produkty nizozemské společnosti Bammens. Na jejich webu lze nalézt, že tyto podzemní kontejnery nabízejí moderní řešení odpadového hospodářství například v exponovaných centrech měst nebo v historické či památkové zóně. Kontejner je uložen ve voděvzdorné betonové šachtě. Tyto kontejnery se vyrábějí s objemem 3, 4 a 5 m<sup>3</sup> [7].

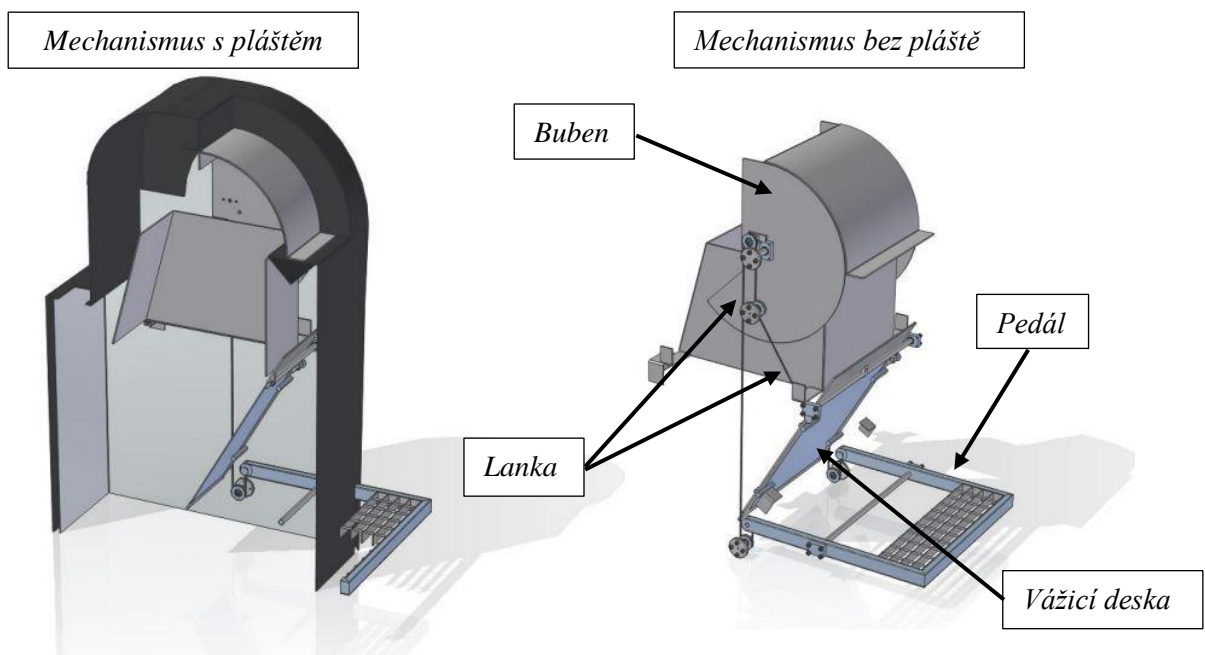


Obr. 3: Kontejner – Komunální technika [7]

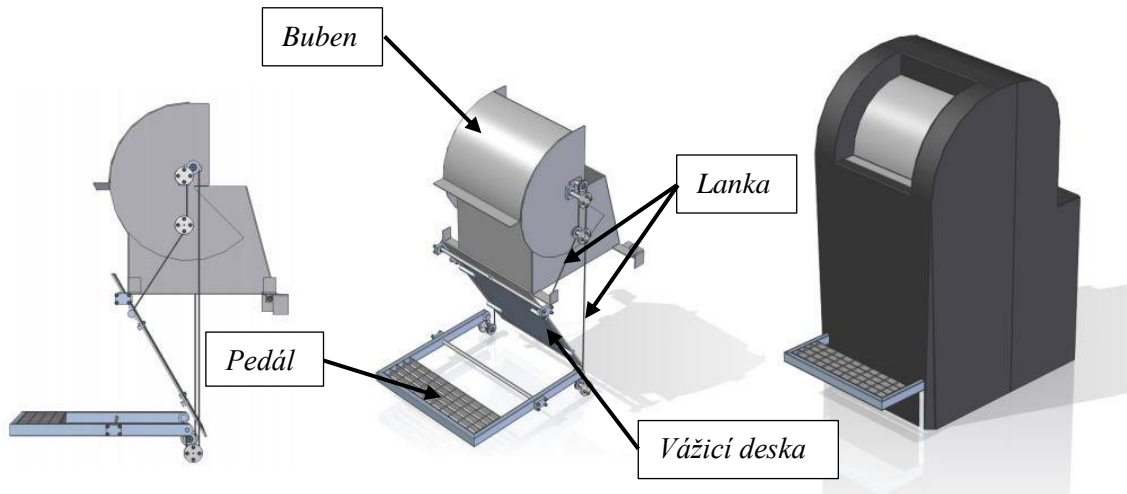
## 2.2. Předchozí koncepty

### 2.2.1. Kladkový mechanismus

V rámci předmětu Projekt II byly již minulý akademický rok zpracovány dva koncepty vřazovací šachty podzemního kontejneru. Právě na jeden z těchto konceptů tato práce ze začátku navazovala. Šlo o mechanismus kladkový, kde byla funkce zajišťována lankou. Lze určit tři hlavní prvky mechanismu (Obr. 4). Samotnou funkci lze rozdělit do tří fází.

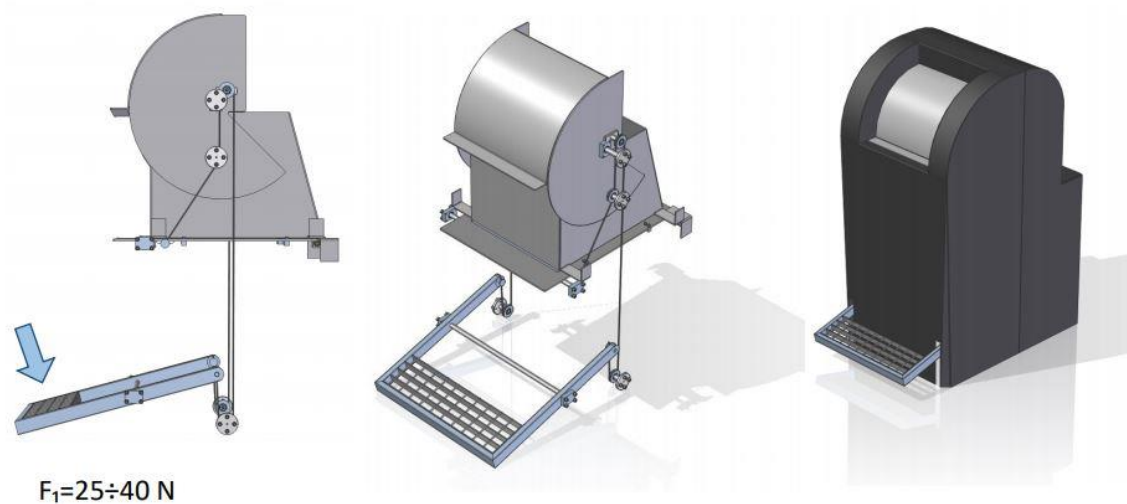


Obr. 4: Hlavní konstrukční celky mechanismu [8]



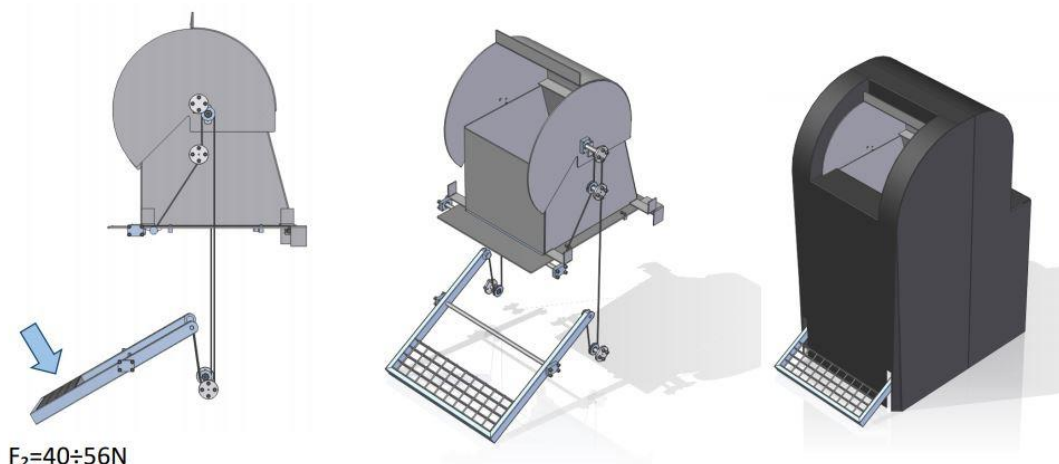
*Obr. 5: Počáteční poloha [9]*

V počáteční poloze (Obr. 5) je pedál v horní poloze, vážicí deska je sklopena a buben je zavřen.



*Obr. 6: Mezipoloha [9]*

Do mezipolohy (Obr. 6) se mechanismus dostane po sešlápnutí pedálu do půlky rozsahu dráhy. Vážicí deska se zvedne a buben zůstává zavřen.



Obr. 7: Konečná poloha [9]

Do konečné polohy (Obr. 7) se mechanismus dostane po sešlápnutí pedálu po celé délce jeho dráhy. K otevírání bubnu dojde až po zaaretování vážicí desky. Pedál se po puštění vrátí do počáteční polohy stejně jako buben. Na vážicí desce se nejdříve zvaží odpad a až poté se uvolní aretační čepy a deska se vrátí do počáteční polohy [8] [9].

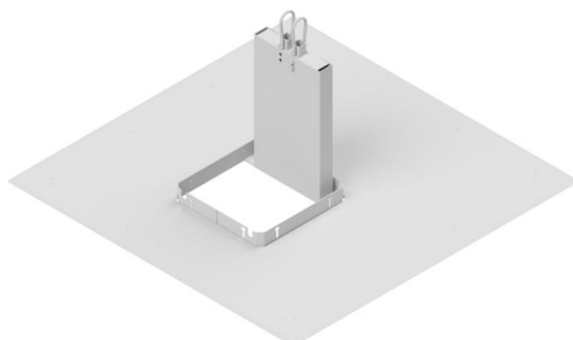
### 3. Vývojové cesty

#### 3.1. Firemní požadavky

Tato práce probíhá ve spolupráci s firmou Meva Group. Z firemního prostředí vzniklo několik požadavků:

- výška vhazovací šachty maximálně 760 mm
- maximální výška horní plochy pedálu 150 mm
- minimální vzdálenost mezi pedálem a zemí při sešlápnutí 10 mm
- kompatibilita s normovanou přírubou [10]
- personifikovaný přístup na čip
- do mechanismu lze vhodit odpad pouze ve fázi k tomu určené

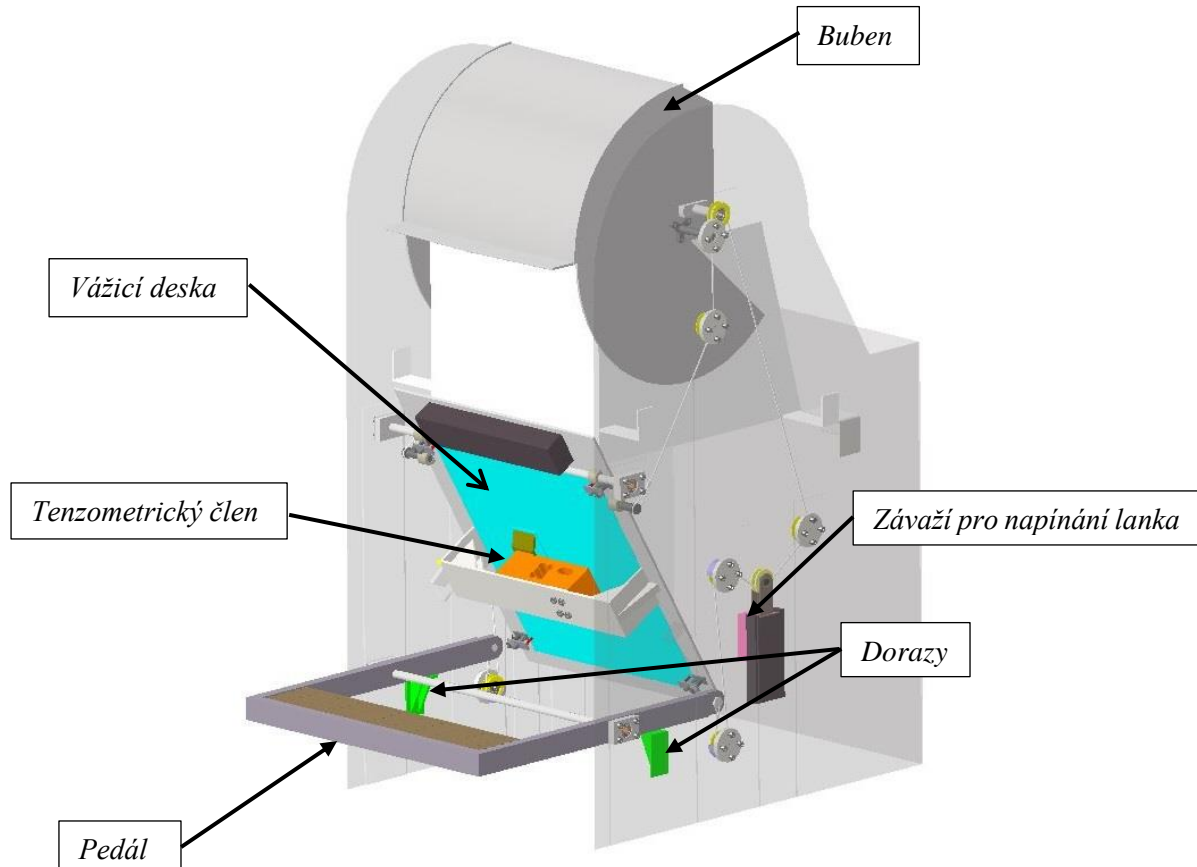
Součástí konceptu je vážení vhozeného odpadu. Aby byla tato funkce objektivní, je potřeba předejít zacházení, které by mohlo tuto funkci ovlivnit. Je tedy nutné mechanismus navrhnout tak, aby nebylo možné například vhození odpadu bez zvažení nebo nadlehčování váženého odpadu během samotného vážení.



Obr. 8: Normalizovaná příruba [10]

### 3.2. Konstrukční analýza předchozího mechanismu

Tato analýza se zabývá mechanismem kladkovým (Obr. 9.) (Obr. 11). Princip vychází z již zmíněného projektu, který byl zpracován v rámci rešerše [8] [9]. V zájmu korektního fungování konceptu byly nutné úpravy součástí i vzájemných vztahů.



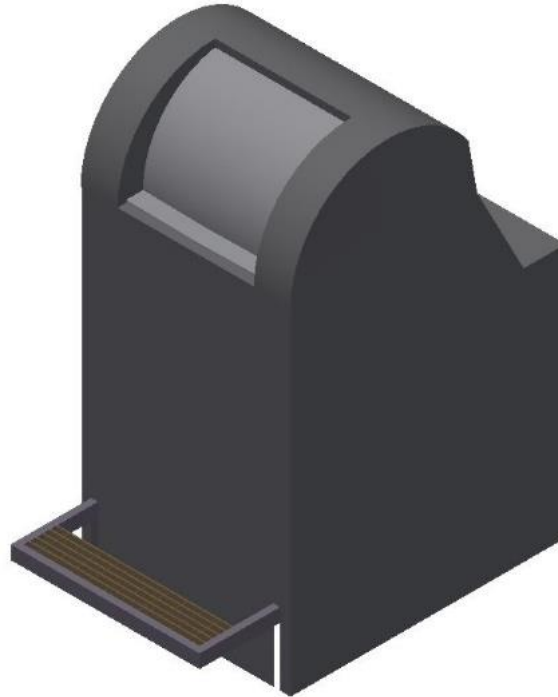
Obr. 9: Kladkový mechanismus bez pláště

Jedním z řešených problémů byla možnost vypadnutí lanka z kotoučů a to především v případě rychlého puštění pedálu z konečné polohy. Tento problém byl vyřešen závažím, které by napínalo samotné lanko. Toto závaží by se pohybovalo po kolejnici, aby byl zajištěn pohyb pouze ve svislém směru.

Dále byly vyměněny 4 menší tenzometrické snímače za jeden větší excentrický. Excentrický snímač je schopný zvážit i nerovnoměrně rozložený materiál na vážicí desce, proto stačí pouze jeden. Jako vhodný tenzometrický člen byl určen snímač Scaime AH/ C3 (Obr. 10), který má výrobcem deklarovanou nosnost 30 kg [11].



Obr. 10: Tenzometrický snímač Scaime [11]



*Obr. 11: Kladkový mechanismus s pláštěm*

### **3.2.1. Zhodnocení konceptu**

Toto zhodnocení probíhalo především z pohledu Meva Group. Pohyb zajištěný lanky sebou přináší mnohé komplikace. Mezi tyto komplikace patří především jeho nespolehlivost, tedy možnost vypadnutí z kotoučů a značná citlivost na naklonění při montáži. Dalším problémem je výška mechanismu, kvůli které hrozí při montáži poškození celé konstrukce.

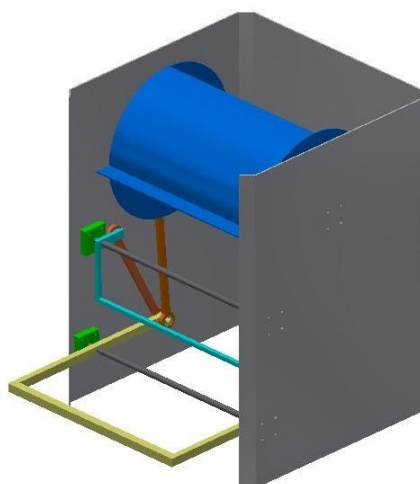
Celkově tedy zápory značně převažují nad jakýmkoliv výhodami. Pro další postup bylo doporučeno zajistit pohyb v mechanismu pomocí táhel.

### **3.3. Táhlový mechanismus**

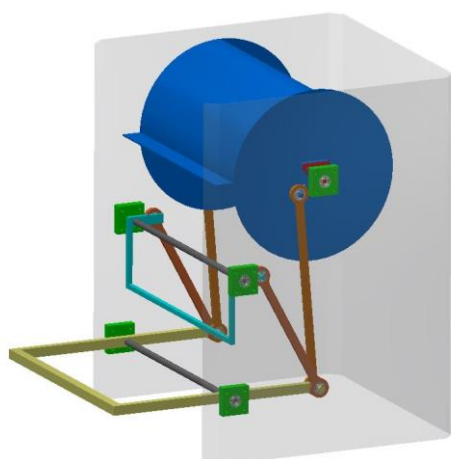
V následujících kapitolách jsou zpracovány návrhy mechanismu, ve kterém byl pohyb zajištěn táhly. Úkolem bylo zajistit rotaci bubnu a vážicí desky sešlápnutím pedálu. Jedinými zadanými parametry, od kterých jsem se mohl odrazit, tedy byla maximální celková výška mechanismu, minimální vzdálenost pedálu od země při sešlápnutí a maximální výška horní plochy pedálu. Rozměry dané pro polohy pedálů mohly nabídnout alespoň nějakou představu o úhlu natočení pedálu ve spodní poloze.

### 3.3.1. Táhlový mechanismus – 1. koncept

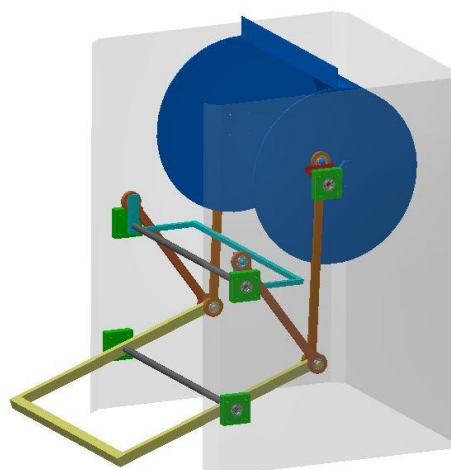
Pro tento koncept již nešlo vycházet z kinematických poměrů jako u mechanismu kladkového. Hlavní konstrukční prvky byly zachovány (buben, deska, pedál). Jediná podstatná změna je přidání páky, která by zajišťovala pohyb desky do konečné polohy, ale pohyb desky zpět do počáteční polohy by na ní nebyl závislý, tedy pohyb desky by nebyl závislý na pohybu pedálu. Funkce pohybu má být opět zajištěna rotací pedálu v předem daném rozsahu. Pohyb je zajištěn táhly. Bylo však nutné vypočítat poloměry, na kterých se může otáčet deska a bubnu o 90°. Tato rotace je uvažována mezi počáteční a konečnou polohou. Poloměry otáčení desky a bubnu se rozumějí jako vzdálenost mezi místem spojení s táhlem a osou daných součástí. Táhla zachovávají konstantní délku, proto pohyb konce táhla spojeného s pedálem přímo odpovídá pohybu konce táhla spojeného s danou součástí (buben, deska). Tento předpoklad tedy dovoluje vytvořit jednoduchý teoretický model (Obr. 12). Tyto výpočty budou detailně rozebrány až u finálního konceptu.



Obr. 12: Koncept táhlového mechanismu



Obr. 13: Počáteční poloha



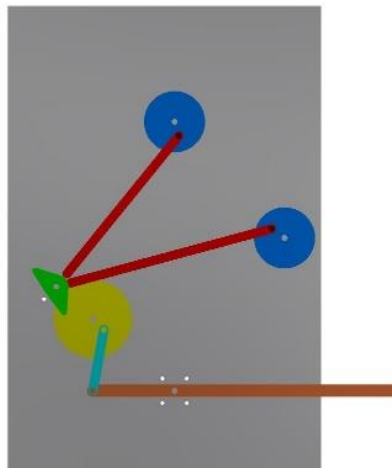
Obr. 14: Konečná poloha

Na obrázcích nahoře je znázorněna počáteční (Obr. 13) a konečná poloha (Obr. 14) zjednodušeného modelu, kde jsou vidět pohyb a rotace táhel způsobené sešlápnutím pedálu. Páka je modelována světle modře, buben tmavě modře, táhla oranžově a pedál žlutě.

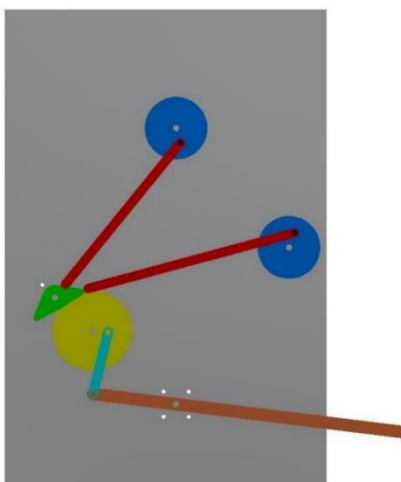
I přes jednoduchost modelu byly viditelné nedostatky tohoto konceptu. Největší nedostatek spočíval v tom, že když se začal sešlapávat pedál, začal se již při mírném sešlápnutí otevírat buben, a tím bylo možné vhodit odpad do kontejneru v této mezifázi bez toho, aniž by byl zvážen. Kvůli tomuto problému koncept nesplňuje požadavky. Pro další koncepty bylo pro lepší přehlednost a úsporu času doporučeno vytvářet modely pouze schématické.

### 3.3.2. Táhlový mechanismus – 2. koncept

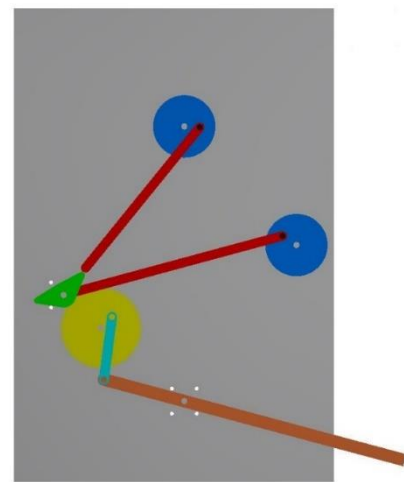
Hlavním problémem minulého konceptu byla jeho samotná funkčnost, bylo tedy nutné zajistit, aby se samotný buben začal otevírat až po zvednutí desky. Zajistit toto fázování bylo možné přes vačky (Obr. 15), které by se nacházely jedné hřídeli natočené od sebe tak, aby se buben začal otevírat až po zvednutí desky. Na schématu jsou buben a deska znázorněny pouze modrými kruhy, avšak tato kapitola má za úkol pouze najít správnou rotaci těchto částí v závislosti na pohybu pedálu, tedy pro tento účel je schéma dostačující.



*Obr. 15: 2. koncept – počáteční poloha*



*Obr. 16: 2. koncept – mezipoloha*



*Obr. 17: 2. koncept – konečná poloha*

Pro tento koncept je nutné mít hřídel, na které jsou umístěné vačky, rotující násobně více než samotný pedál. Proto bylo nutné umístit do mechanismu ozubený převod, ve kterém je pohyb hnacího kola vykonáván táhlem spojeným s pedálem. Vačky tedy jsou na stejné hřídeli s pastorkem a jedná se o převod do rychla. Pro zajištění správné funkce vaček musely být na bocích táhel umístěny zarážky, aby byl zajištěn posuvný pohyb daných táhel pouze v jednom směru.

Na prvním schématu (Obr. 16) je vidět, že první vačka posunula táhlo spojené s pákou, která by v detailním modelu nadzvedla vázicí desku, jež by byla po zbytek pohybu zajištěna aretačními čepy až do zvážení, stejně jako to bylo zamýšleno v kladkovém mechanismu. Na druhém schématu (Obr. 17) je vidět posuv druhého táhla, které by otevřelo buben, a tím by byl umožněn vhoz odpadu. Po puštění pedálu by mechanismus opět prošel všemi třemi polohami. Během tohoto pohybu zpět by táhlo opět nadzdvihlo páku, která by v tomto případě již neplnila žádnou funkci, protože deska by byla držena aretačními čepy.

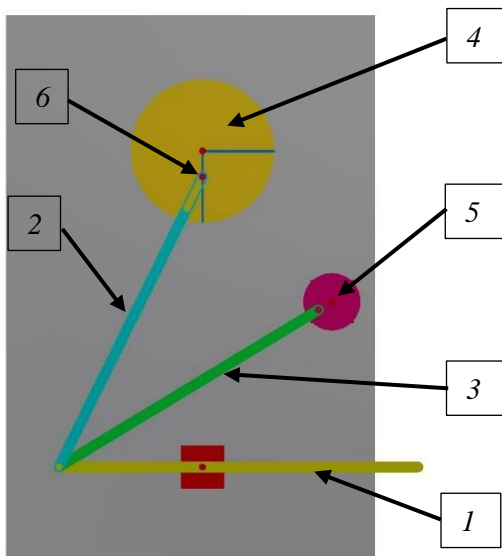
Z funkčního hlediska by tento koncept vyhovoval. Avšak tento koncept by byl velmi náročný na přesnost součástí a sestavení. Dále by v tomto vačkovém mechanismu bylo velké abrazivní opotřebení. Navíc by bylo nutné zajistit navracení táhel do původní polohy, takže by se pouze ještě zvýšily třecí síly, a tedy i samotné opotřebení. Z pohledu firmy byl celý pohyb přenášen až zbytečně velkým počtem součástí a byl zbytečně složitý. Tyto faktory zbytečně zvyšují pravděpodobnost poruchy. Bylo tedy doporučeno zkusit vytvořit koncept nový.



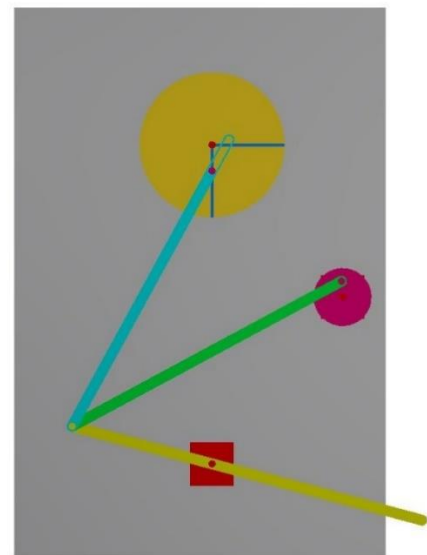
### 3.3.3. Táhlový mechanismus – 3. koncept

Třetí koncept se navrátil ke konceptu prvnímu, kde je pohyb zajištěn táhly přímo spojenými s pedálem a danými součástmi. Rozdíl oproti prvnímu konceptu tedy byl proveden především pomocí drážky na táhle spojující pedál s bubnem. Pro lepší přehlednost je ke každé součásti přiřazeno číslo. K otevření bubnu dochází ve fázi, kdy je výseč vpravo nahore. Ve schématu sec opět pouze uvažuje závislost pohybu součástí na pohybu pedálu.

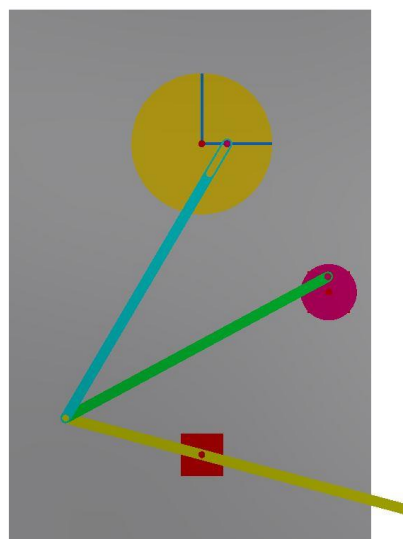
- Pedál – 1
- Táhlo spojující pedál s bubnem – 2
- Táhlo spojující pedál s deskou – 3
- Buben – 4
- Deska – 5
- Čep na bubnu pohybující se v drážce táhla – 6



Obr. 18: 3. koncept – počáteční poloha



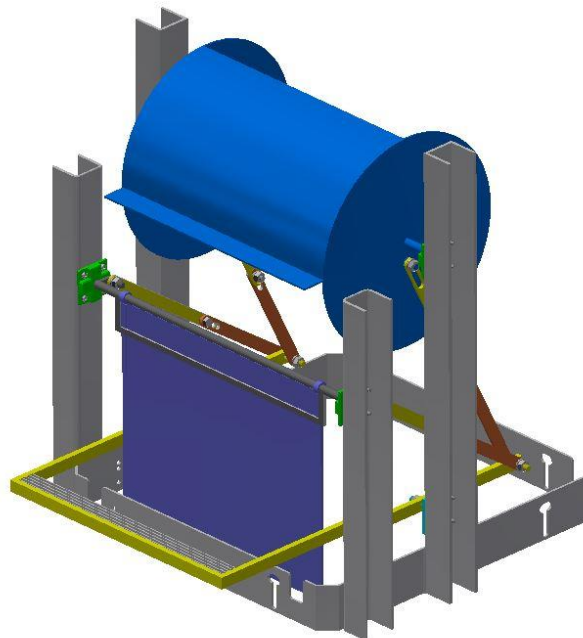
Obr. 19: 3. koncept – mezipoloha



Obr. 20: 3. koncept – konečná poloha

Počáteční poloha (Obr. 18) je taktéž shodná s prvním konceptem. Buben (4) je zavřený, čep (6) se nachází v horním konci drážky, deska (5) je ve svislé poloze. V mezipoloze (Obr. 19) nedojde k pohybu bubnu (4), pouze se táhlo (2) posune v rozsahu drážky do horní polohy, tedy čep (6) se nachází ve spodním konci drážky. Deska (5) je ve vodorovné poloze. V konečné poloze (Obr. 20) je buben (1) puštěn zámek, který automaticky reaguje na aretační čepy vážící desky (5). Těžiště bubnu (4) je excentrické, takže po povolení zámku dojde k jeho rotaci, a tedy otevření. Pohyb zpět je opět zajištěn táhlem (2), které stáhne buben (4) zpět do počáteční polohy, a druhým táhlem (3), které stáhne desku (5) do počáteční polohy.

Tento koncept z funkčního hlediska vyhovuje. Ze strany firmy byla oceněna především jeho jednoduchost a bylo navrženo, aby tento koncept byl doveden do finální podoby.



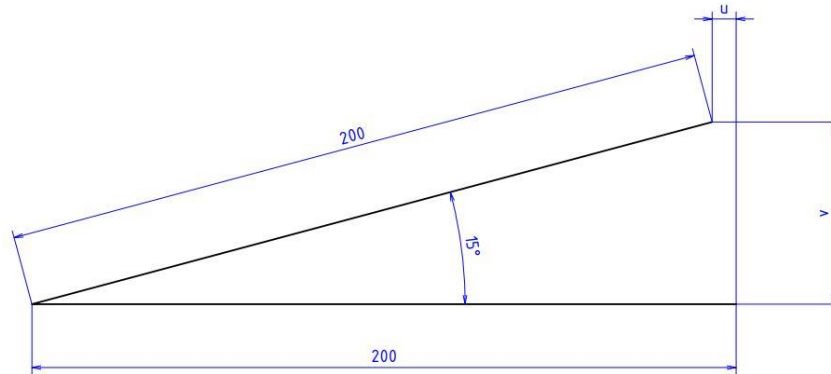
*Obr. 21: Zjednodušený finální koncept*

#### **4. Konstrukční návrh**

Pro zajištění funkčnosti tohoto mechanismu bylo nutné vyřešit poloměry, na kterých bude možné otočit buben a desku, aby byla zajištěna funkčnost mechanismu. Tyto výpočty můžeme rozdělit na dva kinematické uzly.

#### 4.1. Kinematický uzel pedál – buben

Aby mohly být splněny zadané požadavky, vychází otočení pedálu o  $15^\circ$ , nejprve je tedy potřeba určit svislý a vodorovný posun konce pedálu při tomto sešlápnutí o tento daný úhel (Obr. 22).

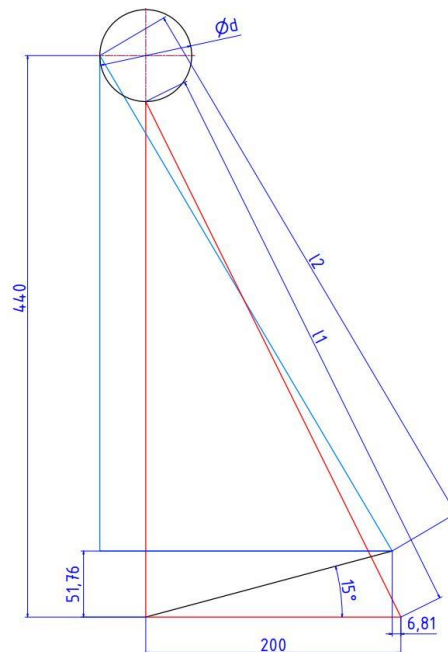


Obr. 22: Natočení pedálu

Pro výpočet se využije vlastností pravoúhlého trojúhelníka:

$$v = \sin(15^\circ) \cdot 200 = 51,76 \text{ mm} \quad (1)$$

$$u = \cos(15^\circ) \cdot 200 = 193,19 \text{ mm} \quad (2)$$



Obr. 23: Kinematický uzel pedál – buben

Na schématu kinematického uzlu pedál – buben (Obr. 23) je znázorněna počáteční (červeně) a konečná poloha (modře). V tomto mechanismu je délka táhel konstantní, a tedy  $l_1 = l_2$ . Díky tomuto předpokladu a pomocí Pythagorovy věty získáme dvě kvadratické rovnice, které dáme sobě rovné, a následně se výpočet zjednoduší na rovnici lineární.

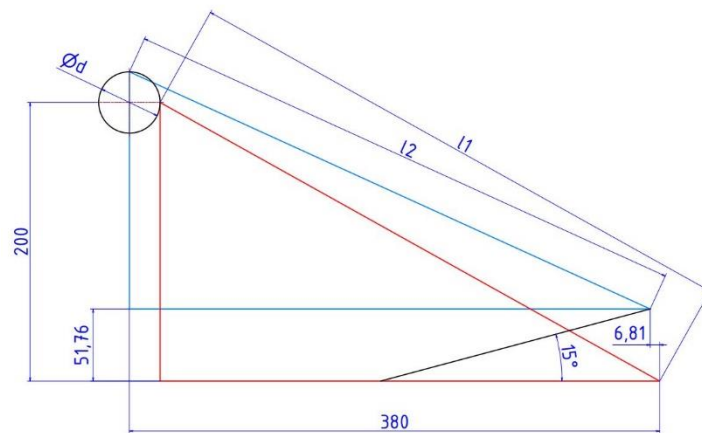
$$l_1 = \sqrt{(440 - r)^2 + (200)^2} \quad (3)$$

$$l_2 = \sqrt{(440 - 51,76)^2 + (200 - 6,81 + r)^2} \quad (4)$$

$$r = \frac{440^2 + 200^2 - 388,24^2 - 193,19^2}{(880 + 386,38)} = 35,96 \text{ mm} \quad (5)$$

Výpočtem tedy vyšel poloměr roven 35,96 mm.

## 4.2. Kinematický uzel pedál – deska



Obr. 24: Kinematický uzel pedál – deska

Svislý a vodorovný posuv konce pedálu použijeme z předchozí podkapitoly. Pro výpočet poloměru otáčení zachováme stejný předpoklad konstantní délky táhla  $l_1 = l_2$ . Následující výpočty budou obdobné jen s jinými rozměry. Ve schématu (Obr. 24) je opět znázorněna počáteční (červeně) a konečná poloha (modře).

$$l_1 = \sqrt{(380 - r)^2 + (200)^2} \quad (6)$$

$$l_2 = \sqrt{(380 - 6,81)^2 + (200 - 51,76 + r)^2} \quad (7)$$

$$r = \frac{380^2 + 200^2 - 373,19^2 - 148,24^2}{(760 + 296,48)} = 21,91 \text{ mm} \quad (8)$$

Výpočtem tedy vyšel poloměr roven 21,91 mm. Dále můžeme dosazením získat funkční délky táhel.

$$l_{\text{táhla pedál-buben}} = \sqrt{(440 - 35,96)^2 + (200)^2} = 450,83 \text{ mm} \quad (9)$$

$$l_{\text{táhla pedál-deska}} = \sqrt{(380 - 21,91)^2 + (200)^2} = 410,16 \text{ mm} \quad (10)$$

Délka táhla mezi pedálem a bubnem vyšla 450,83 mm. Pro táhlo mezi pedálem a deskou délka vyšla 410,16 mm.

Posledním výpočtem je určení délky drážky táhla spojovacího pedál s bubnem. Pro toto určení je možné využít schématu kinematického uzlu pedál – buben. Jako konec drážky je uvažována funkční délka tohoto táhla a jako začátek se určí vzdálenost mezi koncem pedálu v konečné pozici a bod spojení táhla s bubnem v poloze počáteční (Obr. 23). Z toho vyplývá tato jednoduchá rovnice:

$$l_{\text{začátek drážky}} = \sqrt{(440 - 35,96 - 51,76)^2 + (200 - 6,81)^2} = 401,78 \text{ mm} \quad (11)$$

Délka drážky tedy je 49,05 mm.

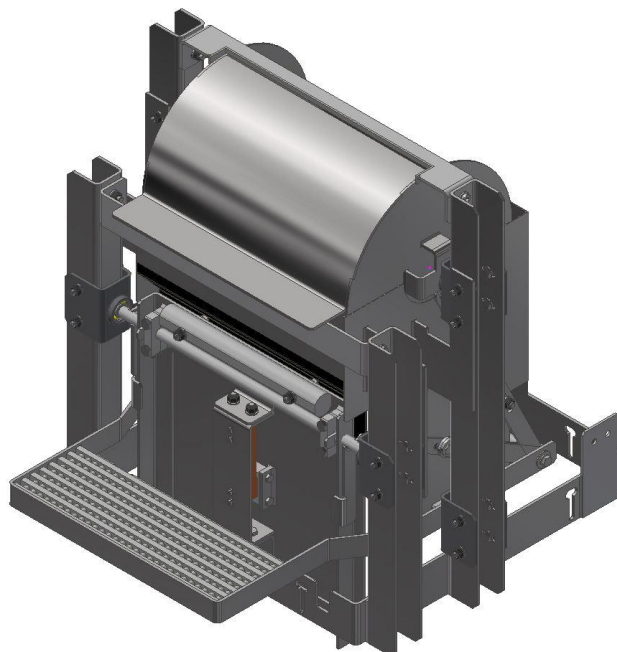
## 5. 3D model

Tato kapitola se věnuje finálnímu 3D modelu, a to i jeho montáži a funkčnosti v jednotlivých fázích. Samotný model byl vytvářen ve studentské verzi programu Autodesk Inventor Professional 2021. Pro vytváření modelů a výkresů bylo vycházeno ze strojnických tabulek [12], skript [13] [14] a katalogů výrobců.

### 5.1. Fáze mechanismu

K zajištění správně funkčnosti prochází mechanismus několika fázemi. Tyto fáze byly navrženy tak, aby nemohlo dojít k nesprávnému použití podzemního kontejneru. Pro lepší názornost je použit model bez pláště.

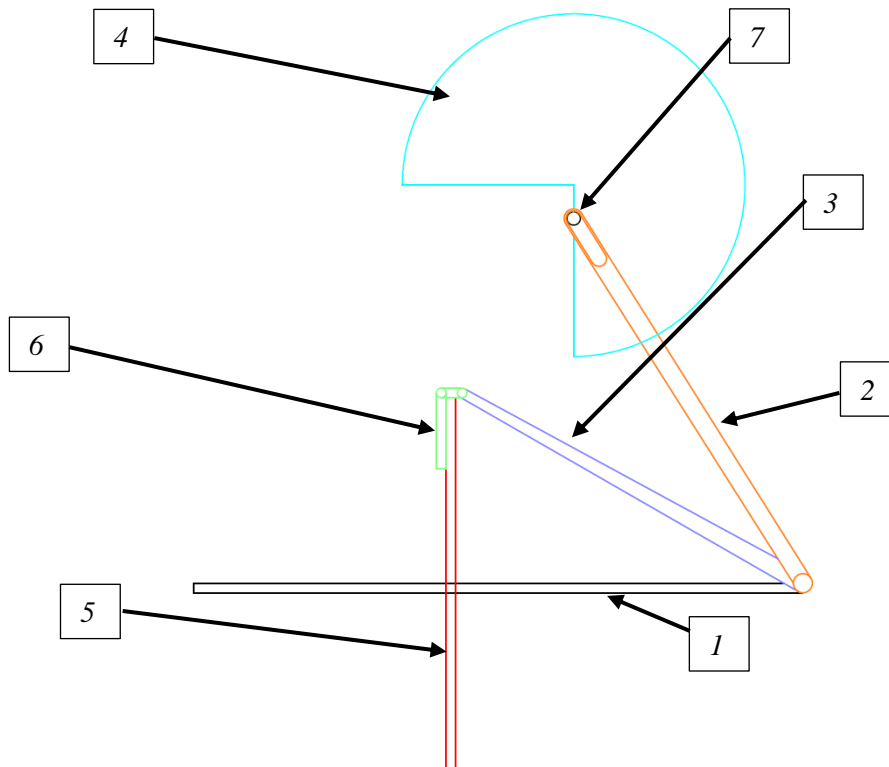
#### 5.1.1. Počáteční fáze



*Obr. 25: Model bez pláště v počáteční fázi*

Pro větší přehlednost jsou jednotlivé součásti opět očíslovány jako v případě schematického modelu. Otevření bubnu je v tomto případě otočení výseče doleva nahoru.

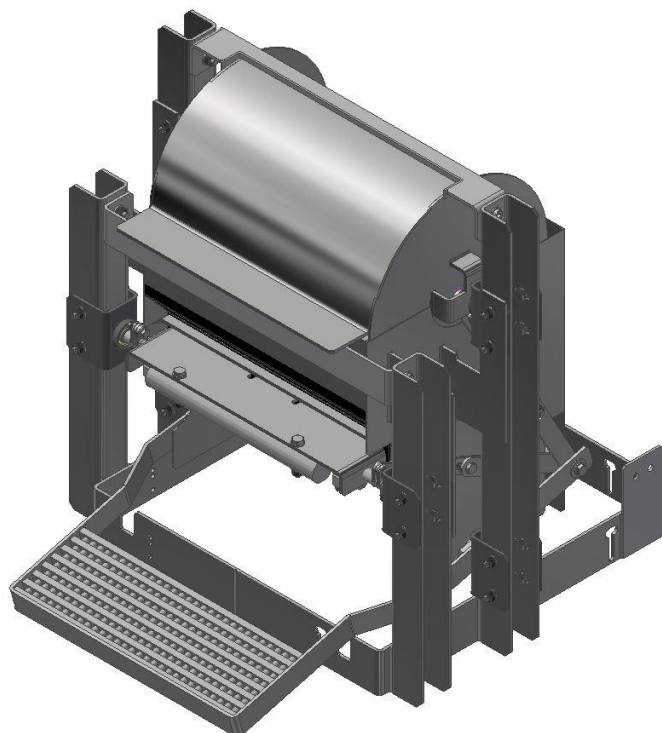
- Pedál – 1
- Táhllo spojující pedál s bubnem – 2
- Táhllo spojující pedál s deskou – 3
- Buben – 4
- Deska – 5
- Páka – 6
- Čep na bubnu pohybující se v drážce táhla – 7



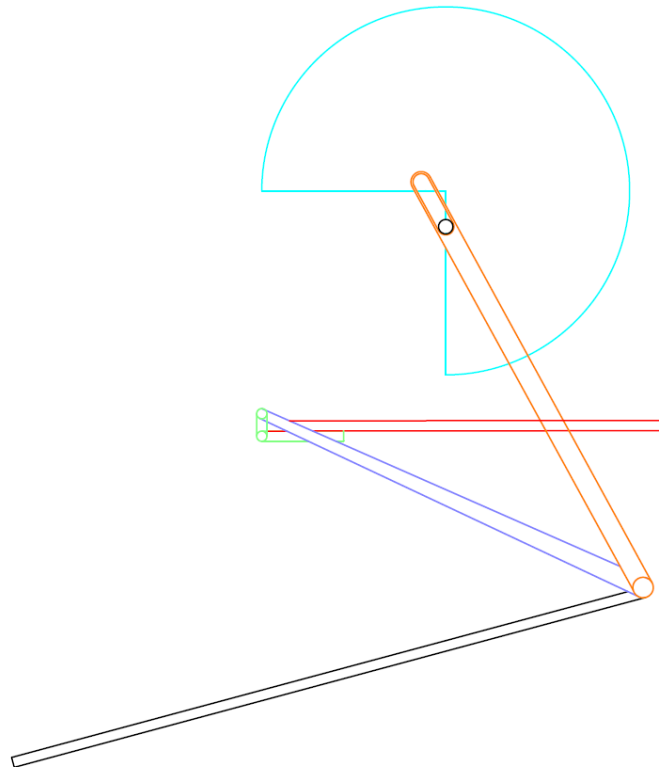
Obr. 26: Kinematické schéma počáteční fáze

Otevření bubnu je v tomto případě otočení výseče doleva nahoru. V počáteční fázi (Obr. 25) (Obr. 26) je pedál (1) ve vodorovné pozici a buben je zavřený (4). Deska (5) a páka (6) jsou ve svislé poloze. Čep bubnu (7), který přenáší pohyb, je v horním konci drážky táhla (2).

### 5.1.2. Mezifáze



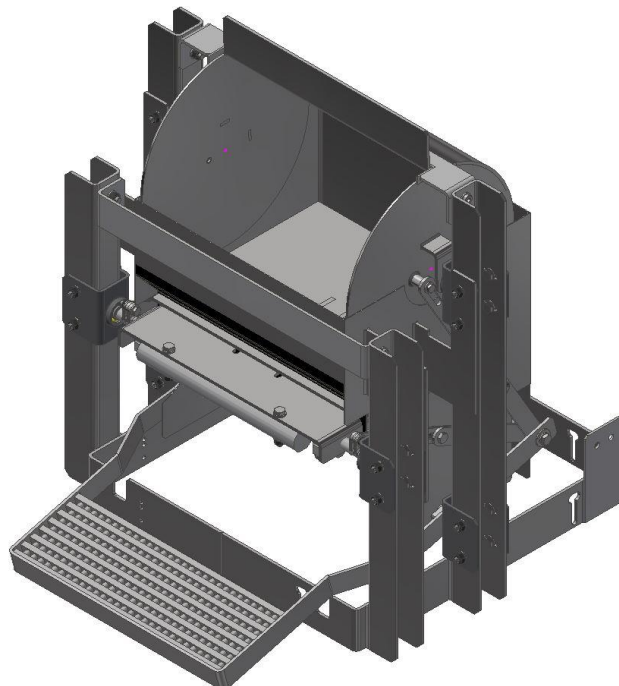
Obr. 27: Model bez pláště v mezifázi



*Obr. 28: Kinematické schéma mezifáze*

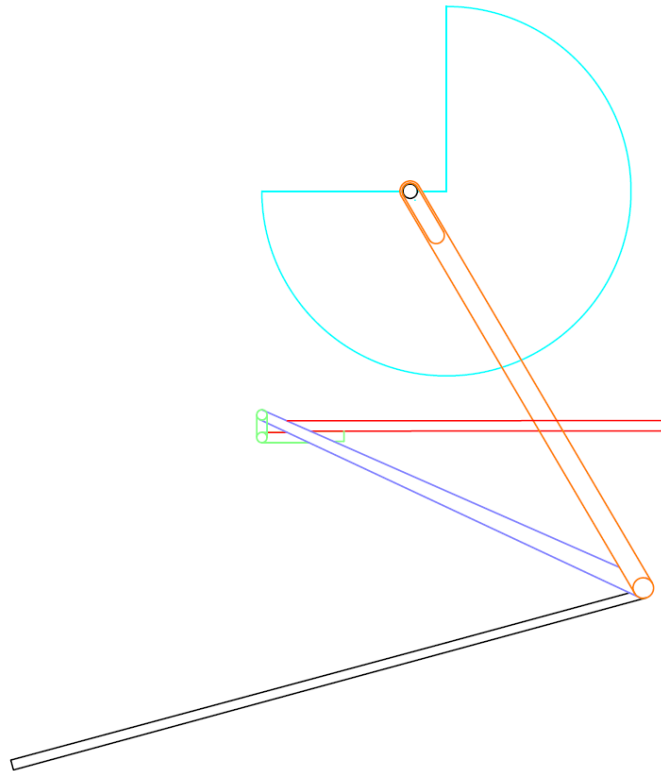
V mezifázi (Obr. 27) (Obr. 28) je pedál (1) sešlápnut o 15 stupňů, deska (5) je pákou (6) přemístěna do horní polohy, buben (4) je stále zavřený. Čep bubnu (7) je ve spodním konci drážky táhla (2). V této fázi by byl buben (4) držen zámek, který měl být normalizován firmou, bohužel v době tvoření této práce ještě nebyl poskytnut.

### **5.1.3. Konečná fáze**



*Obr. 29: Model bez pláště v konečné fázi*





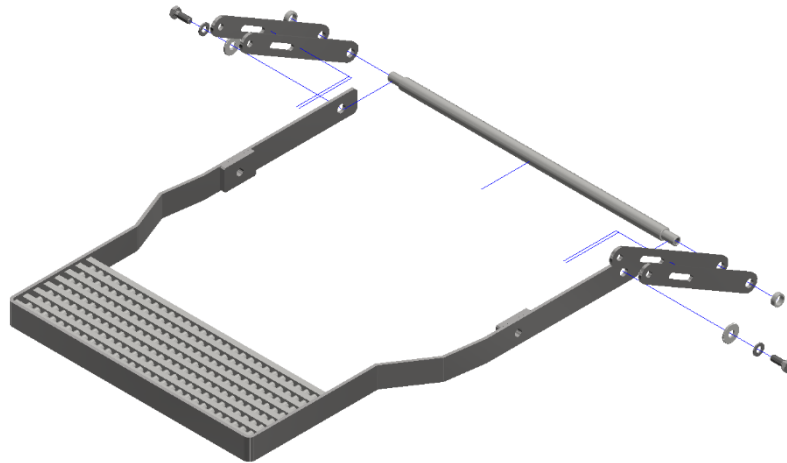
*Obr. 30: Kinematické schéma konečné fáze*

V konečné fázi (Obr. 29) (Obr. 30) je pedál (1) stále sešlápnut a páka (6) s deskou (5) jsou stále v horní poloze. Zámek by v této poloze byl odemčený a buben (4) by byl excentricky vyvážen, aby se sám od sebe otevřel. Čep bubnu (7) tedy bude opět v horním konci drážky táhla (2**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). V této poloze je pro obsluhující osobu možné vhodit odpad a tento odpad následně bude zvážen.

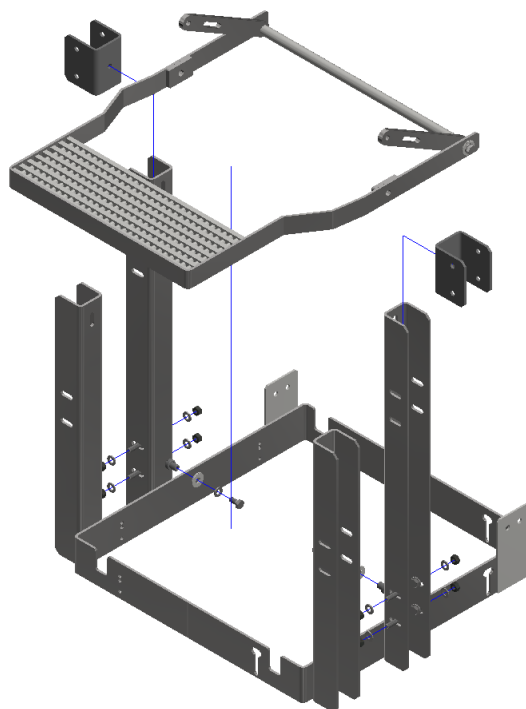
Aby bylo zajištěno objektivní zvážení odpadu, bude deska (5) v této fázi zajištěna zámkem obdobným jako pro buben (4). Deska (5) je do této polohy přemístěna pákou (6), která ale není s deskou spojena, takže páka se pohybuje v závislosti na pedálu na rozdíl od desky. Další nutnou věcí pro objektivní zvážení je zavření bubnu, aby nemohlo docházet například k odlehčování váženého odpadu. Po sundání nohy z pedálu je pedál vlastní vahou vrácen zpět do počáteční fáze (Obr. 26). Protože čep bubnu (7) je v horním konci drážky táhla, zavírá se buben současně s klesáním pedálu (1). Dále po zavření bubnu je odpad zvážen a po zvážení je odemčen zámek, následně se tedy deska vrací do svislé polohy. Návratem desky se mechanismus dostal do své počáteční fáze a může dojít k dalšímu použití.

## 5.2. Montáž

Tato podkapitola se zabývá sestavami už jako celky, podrobnější popis sestav bude v kapitole následující. Montáž začíná složením pedálu a táhel. Pedál se musí dočasně roztáhnout, aby se do sestavy mohla vložit hřídel, na které jsou umístěny spodní části táhel (Obr. 31). Dále je tato hřídel axiálně zajištěna deskami se šrouby.

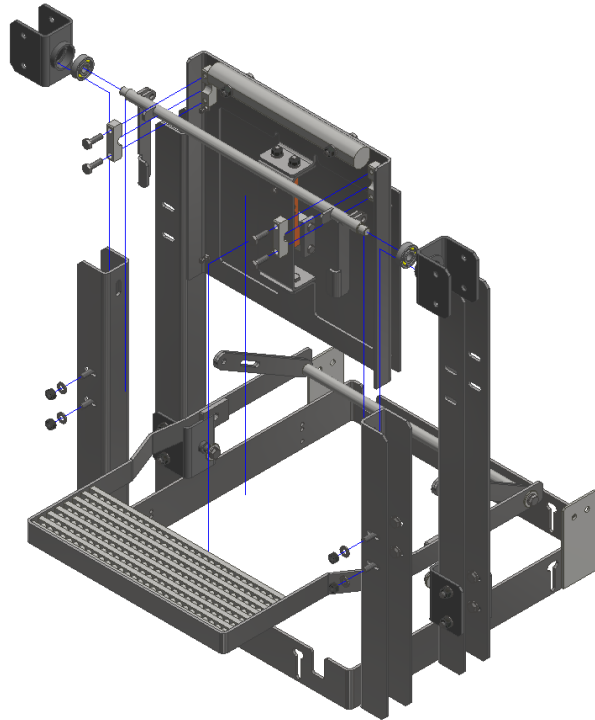


*Obr. 31: Sestavení pedálu se spodními částmi táhel*



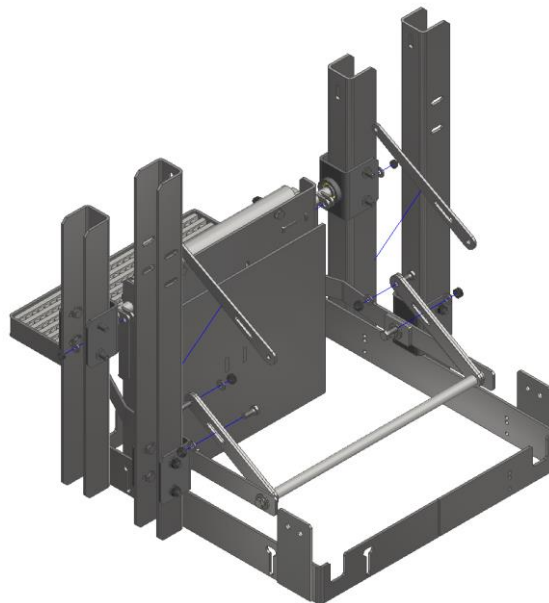
*Obr. 32: Uchycení pedálu na konstrukci pomocí svařenců uchycení*

Pedál je nasazen na svařence uchycení a tato dvě uchycení jsou nasazena na nosnou konstrukci. Sestava je zajištěna šrouby a maticemi (Obr. 32).



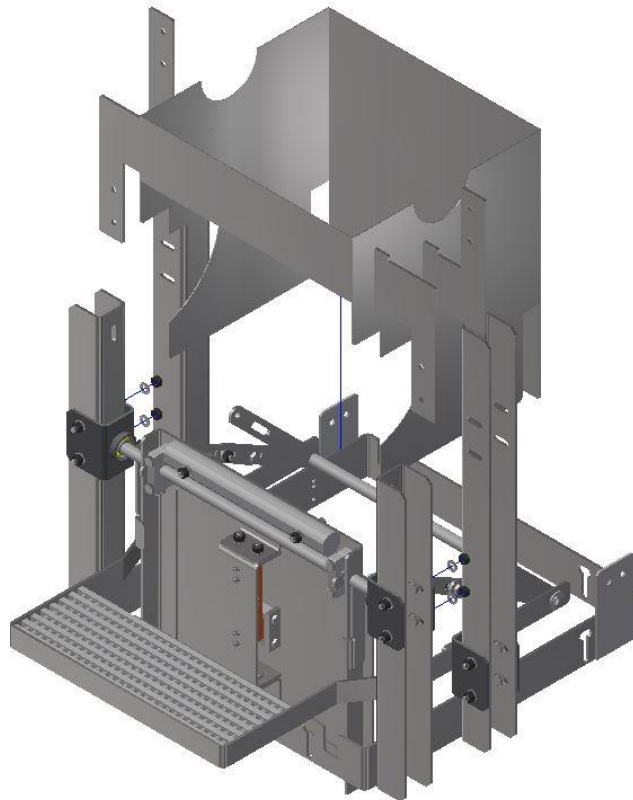
*Obr. 33: Uchycení páky a desky na konstrukci pomocí svařenců uchycení*

Páka se na konstrukci nasazuje obdobně jako pedál, tedy opět pomocí svařenců uchycení (Obr. 33). Na konstrukci jsou svařence uchycení zajištěny opět maticemi a šrouby, avšak pouze z jedné strany. Na tato uchycení se také nasazují ložiska, aby byla ulehčena rotace celé součásti. Vybrána byla jednořadá radiální kuličková ložiska SKF 6302 [15]. Na páku se deska nasazuje pomocí rozebíratelných uchycení a následně je zajištěna šrouby. Pohyb desky na páce v axiálním směru je dále zajištěn zarážkami navařenými na páce.



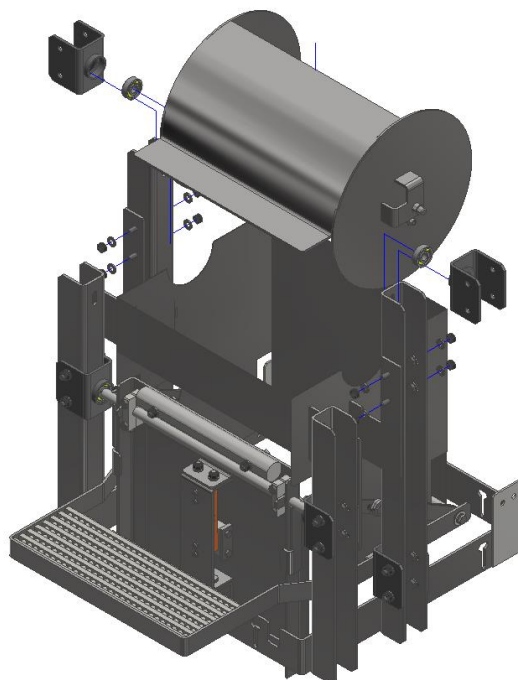
*Obr. 34: Spojení horních částí táhel se spodními částmi a jejich uchycení k desce*

Nejdříve se spojí táhla, která přenášejí pohyb mezi pedálem a deskou. Spodní část těchto táhel je již na pedálu. Horní část se pomocí šroubů uchytlí k páce a spojí se spodní částí (Obr. 34).



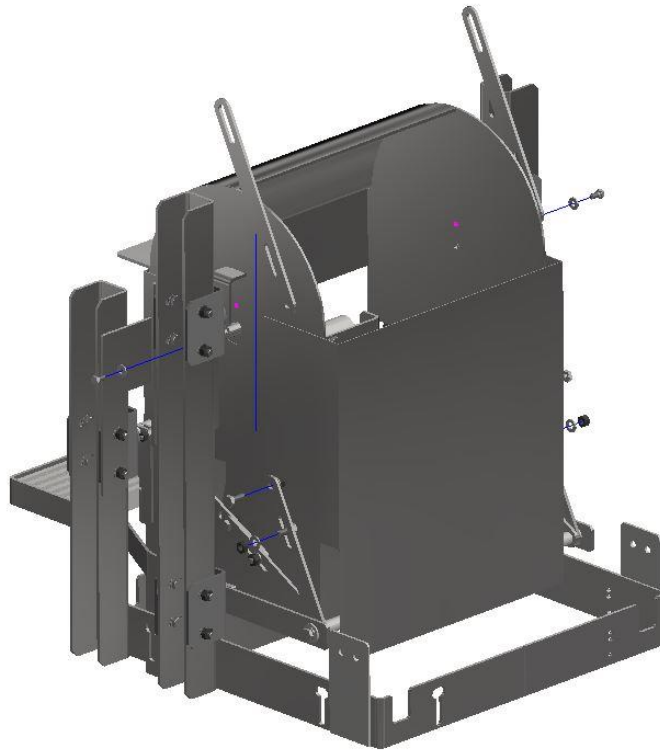
*Obr. 35: Nasazení odpadové šachty na konstrukci*

Odpadová šachta zabraňuje padání odpadu do mechanismu, kde by mohlo dojít ke zhoršení jeho funkčnosti. Uchycení je řešeno pomocí šroubů ke stejnému uchycení jako v případě páky (Obr. 35).



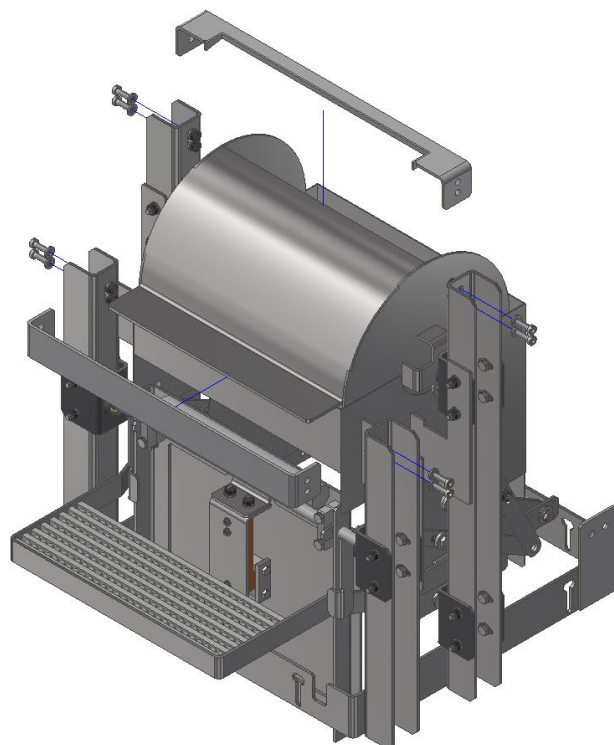
*Obr. 36: Nasazení bubnu na konstrukci pomocí svařenců uchycení*

Nasazení bubnu je shodné s nasazením páky. Je použito stejné ložisko SKF 6302. Uchycení je opět řešeno pomocí šroubů a matic (Obr. 36).



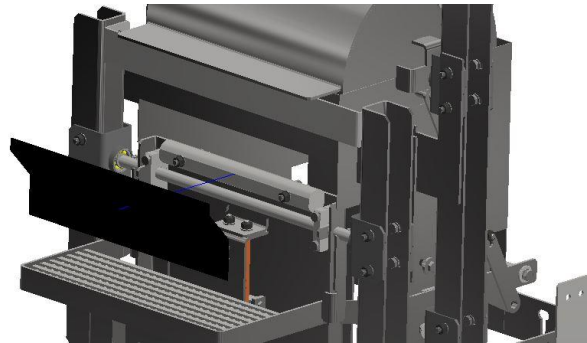
*Obr. 37: Spojení horních částí druhých táhel s jejich spodními částmi a jejich uchycení na čep bubnu*

Následuje spojení táhel zajišťující pohyb mezi pedálem a bubnem. Nejdříve se horní části táhel nasadí na čepy bubnu, kde budou zajištěny maticemi, a následně se spojí pomocí matic a šroubů s dolními částmi táhel, které jsou již nasazeny na pedálu (Obr. 37).



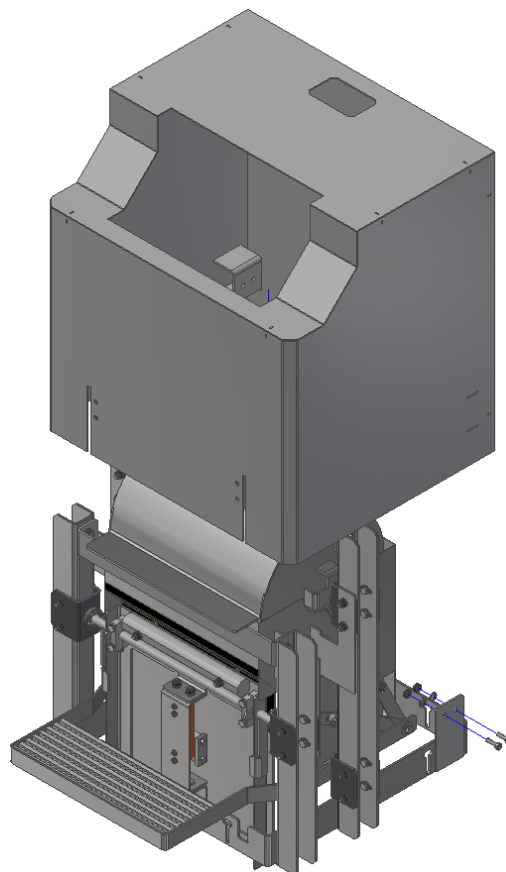
*Obr. 38: Vyztužení konstrukce nosnými plechy*

Vzhledem k tomu, že mechanismus bude dlouhodobě zatěžován, je potřeba vyztužit konstrukci. Pro vyztužení byly použity plechy, které spojují nosníky nesoucí desku a buben (Obr. 38). Pro uchycení byly použity matice a šrouby s vnitřním šestihranem vzhledem k prostoru na vnitřní straně nosníků. V případech, kdy není typ šroubu zmíněn, byly použity šrouby se šestihrannou hlavou.



*Obr. 39: Uchycení pryžového krytu na konstrukci*

Na přední straně modelu se nachází otvor, kterým by opět mohl propadávat odpad. Tento otvor nemá konstantní rozměry, proto by řešením mohl být ohybný element. Jako materiál tohoto elementu byla vybrána pryž. Uchycení ke konstrukci je řešeno snýtováním k šachtě a k vážicí desce (Obr. 39).

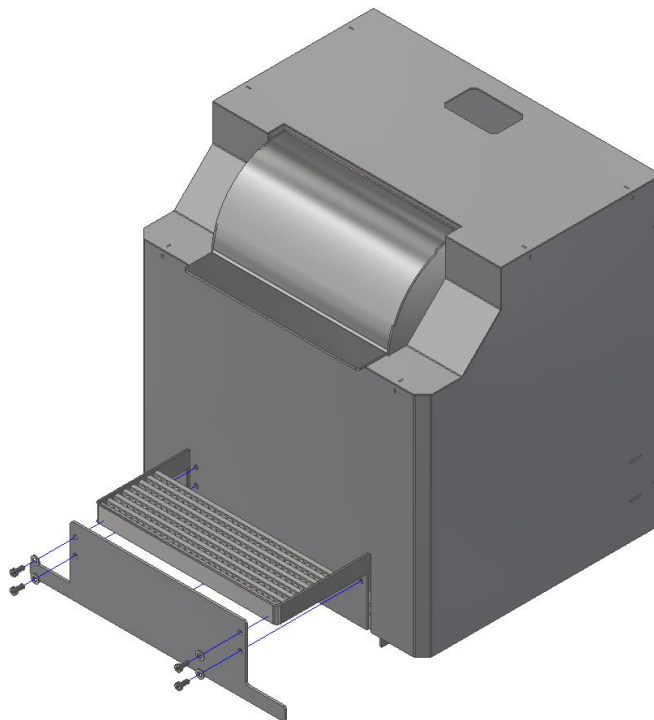


*Obr. 40: Nasazení pláště na konstrukci*



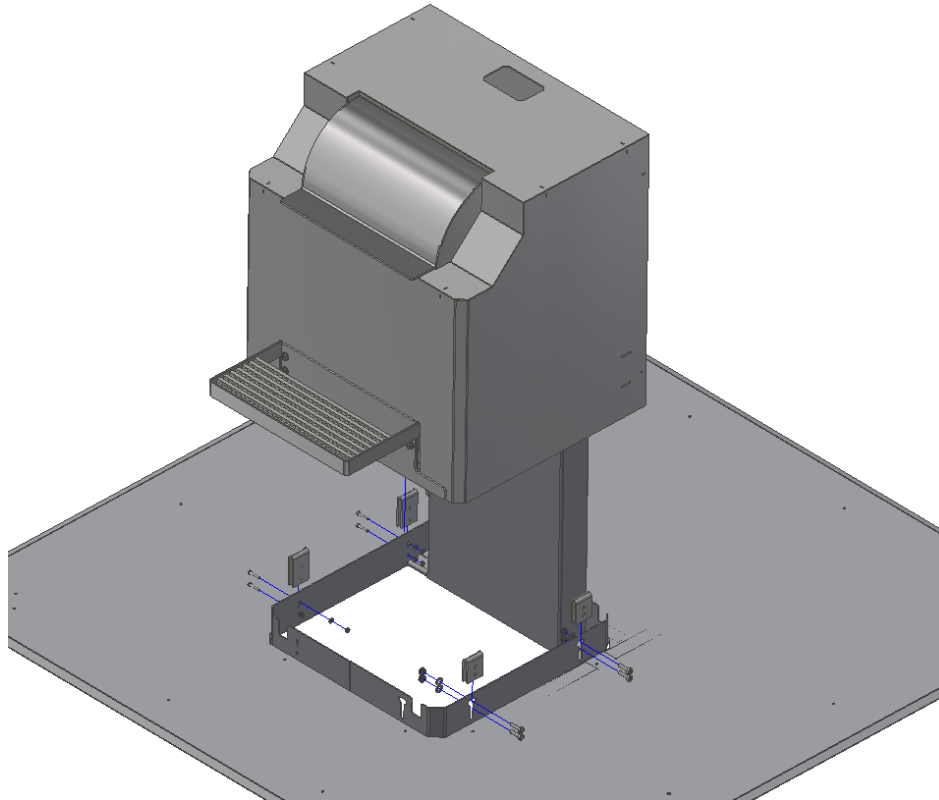
*Obr. 41: Detail spojení pláště*

Nedílnou součástí modelu je jeho plášť, který bude chránit mechanismus před vnějšími vlivy. Plášť se nasadí shora na konstrukci a zajistí se maticemi a šrouby s vnitřním šestihranem (Obr. 40, Obr. 41).



*Obr. 42: Spojení pláště s krycím plechem*

Aby mohl být plášť na konstrukci nasazen, jsou v něm vypáleny otvory pro pedál. Z druhé strany pláště je přivařen plech se závití. Spojení je opět zajištěno pomocí šroubů s vnitřním šestihranem (Obr. 42).



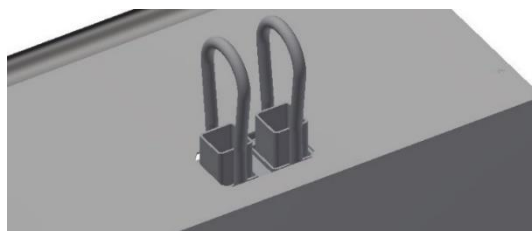
*Obr. 43: Uchycení konstrukce k přírubě [10]*



*Obr. 44: Detail spojení příruby*

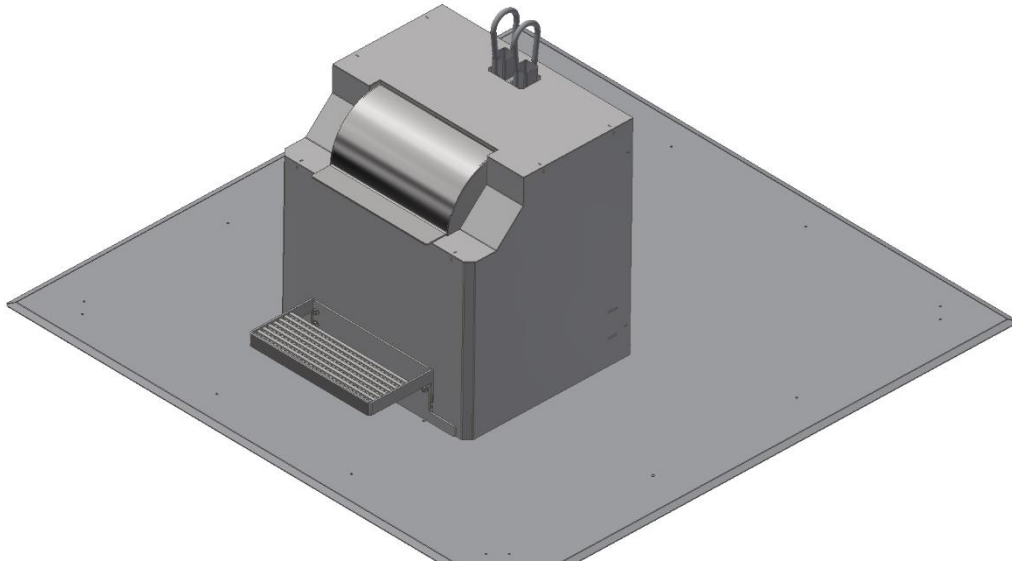
Posledním spojením z hlediska montáže je spojení konstrukce s přírubou [10]. Tato spojení se na konstrukci nacházejí čtyři. Toto spojení je opět zrealizováno maticemi se šrouby s vnitřním šestihranem. Velikosti šroubů jsou na každé straně jiné z důvodu jiných rozměrů děr na přírubě (Obr. 43, Obr. 44).

Tato spojení nemusí být dimenzována na velkou zátěž, protože většina napětí při montáži kontejneru na sběrném místě je přenášena přírubou, při které je příruha s konstrukcí za oka spouštěna do předem vybetonované či ocelové šachty (Obr. 45).

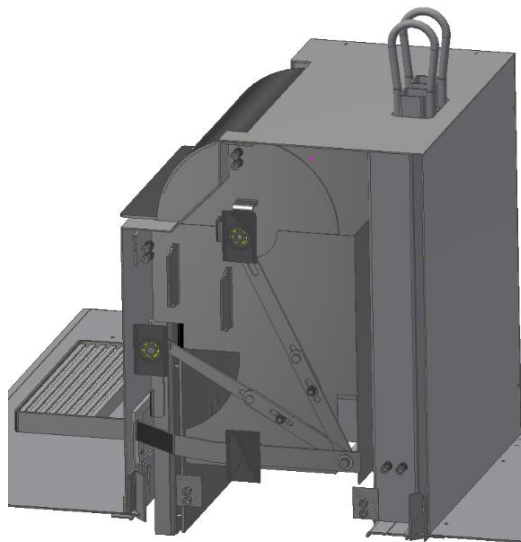


*Obr. 45: Detail ok na přírubě*





*Obr. 46: Finální model*



*Obr. 47: Řez finálním modelem*

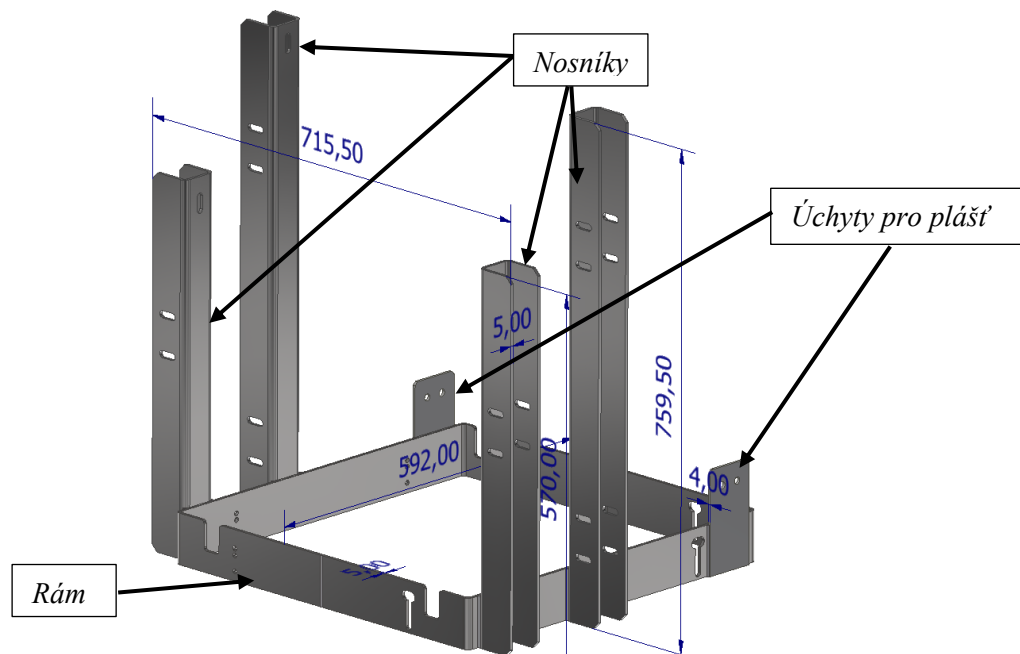
Spojením příruby s konstrukcí je montáž hotova. Tímto je model kompletní (Obr. 46, Obr. 47).

### 5.3. Konstrukční celky mechanismu

V této podkapitole jsou popsány hlavní součásti mechanismu. Těmito hlavními součástmi mechanismu jsou myšleny pouze sestavy vyžadující podrobnější popis, nejedná se tedy o všechny součásti mechanismu. Vynechány byly například plechy použité k vyztužení konstrukce. Všechny součásti jsou zpracovány ve výkresové dokumentaci.

#### 5.3.1. Nosná konstrukce

Prvním tímto konstrukčním celkem je nosná konstrukce, která je základem celého mechanismu. Úlohou této součásti je nesení dalších konstrukčních celků.



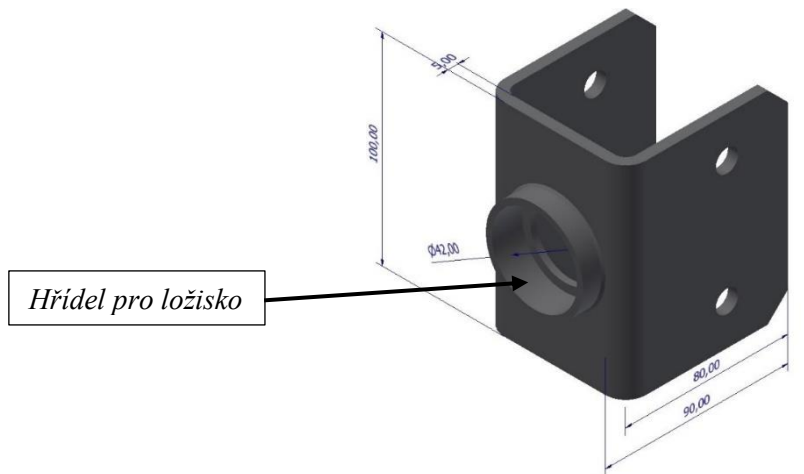
Obr. 48: Svařenec nosná konstrukce

Tato sestava se skládá z rámu, který s malou vůlí kopíruje tvar normované příruby [10], dále z nosníků, na kterých se nacházejí ostatní konstrukční celky, a úchyťů pro plášť.

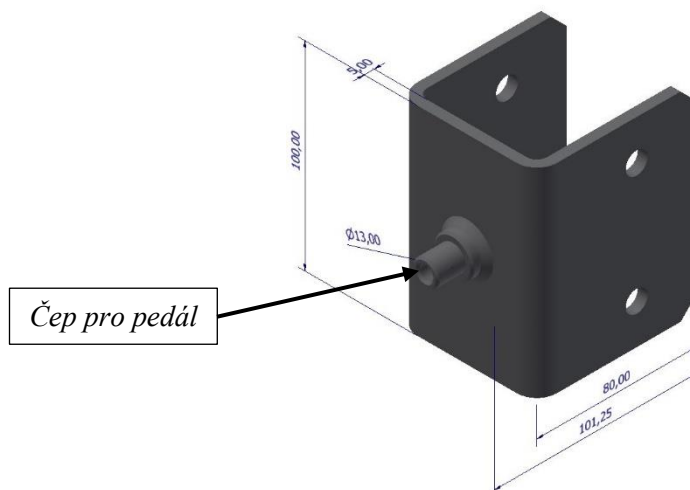
Rám je tvořen dvěma ohnutými plechy o tloušťce 5 mm spojenými tupými svary. Nosníky jsou také z plechu o tloušťce 5 mm ohnutého do U profilu. Spojení s rámem je provedeno pomocí koutových svarů. Posledními součástmi jsou úchyty pro plášť. Tyto úchyty jsou zhotoveny z plechu o tloušťce 4 mm. Uchycení k rámu je také realizováno pomocí koutových svarů (Obr. 48). Všechny otvory a okraje plechu jsou vypáleny dle DXF, stejně je to i pro ostatní celky modelu, ve kterých jsou použity plechy.

### 5.3.2. Uchycení

Uchyceními jsou v sestavě nazývány sestavy, které spojují nosnou konstrukci s dalšími konstrukčními celky.



*Obr. 49: Uchycení páky a bubnu*

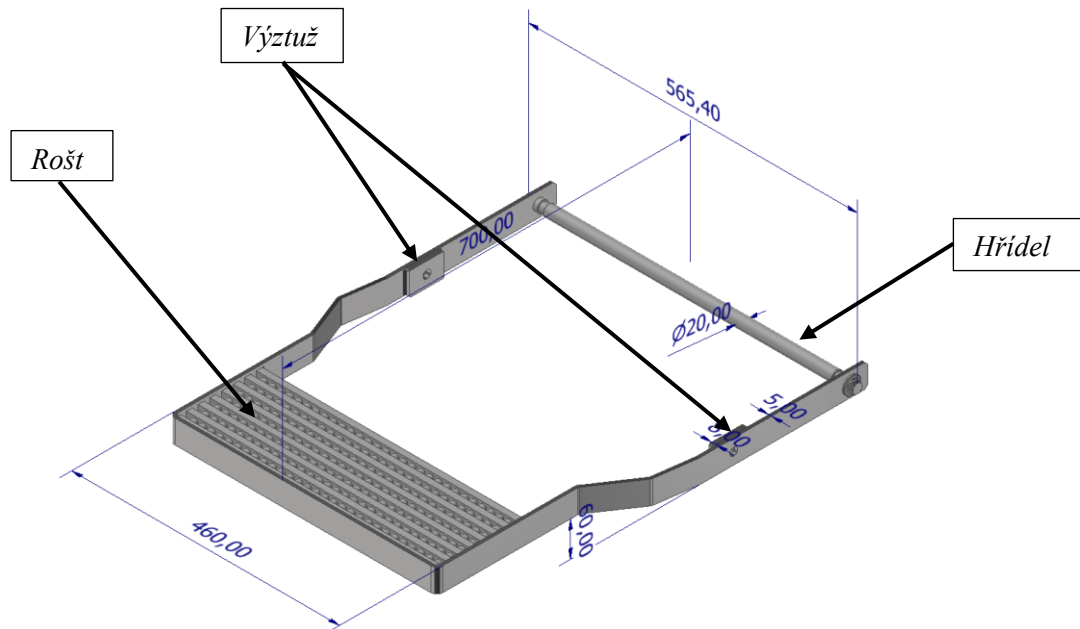


*Obr. 50: Uchycení pedálu*

Uchycení se nacházejí v modelu dvě. Jedno slouží ke spojení konstrukce s pákou (Obr. 49) a bubnem a druhý typ ke spojení konstrukce s pedálem (Obr. 50). Obě uchycení se skládají ze stejně velkého ohnutého plechu, který má tloušťku 5 mm, a čepu nebo hřídele. Pro případ uchycení určeného pro páku a buben je hřídel upravena tak, aby do ní mohlo být vloženo ložisko. V případě uchycení pro pedál má čep vnitřní závit. Polotovary pro tyto hřídele jsou kruhové tyče. Čep či hřídel jsou s plechem spojeny koutovými svary.

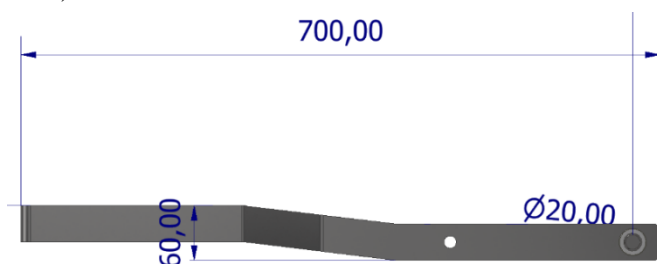
### 5.3.3. Pedál

Pedál slouží k přenosu pohybu mezi obsluhující osobou a mechanismem. Pro jeho konstrukci byla podmínkou, aby při sešlápnutí byla mezera mezi spodní hranou a deskou příruby alespoň 10 mm. Další podmínkou byl požadavek, aby horní plocha pedálu byla maximálně 150 mm nad deskou příruby, bohužel tato podmínka nebyla splněna z důvodu velké vzdálenosti mezi koncem pedálu, na který se šlape, a bodu uchycení.



Obr. 51: Sestava pedálu

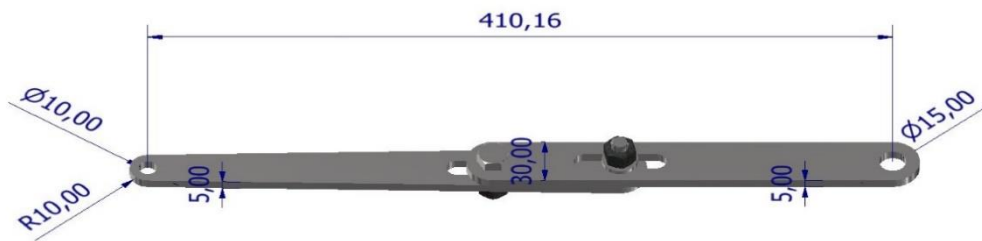
Hlavní součástí pedálu je ohnutý plech s tloušťkou 5 mm. Profil plechu z boku se směrem dopředu zvyšuje, aby byla dodržena podmínka při sešlápnutí. Na tomto plechu jsou v místě otvoru pro uchycení navařeny další menší plechy o tloušťce 8 mm jako výztuž. Součástí sestavy je i hřídel o průměru 20 mm. Montáž hřídele je popsána v podkapitole montáž (Obr. 31). Polotovar hřídele je tyč kruhového profilu (Obr. 52). V přední části pedálu je navařen rošt (Obr. 51).



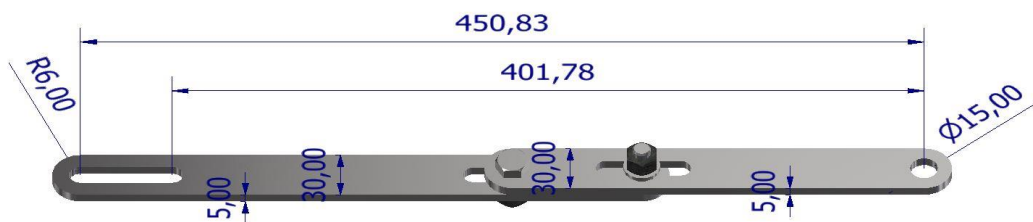
Obr. 52: Profil pedálu z boku

### 5.3.4. Táhla

V sestavě mechanismu se nachází dva páry táhel. Jeden pár přenáší pohyb mezi pedálem a bubnem, druhý pár mezi pedálem a pákou. Tato táhla se v montáži skládají postupně, nikoli jako celek, ale z kinematického hlediska jsou uvažovány jako celek s konstantní funkční délkou.



Obr. 53: Sestava táhla pedál – páka

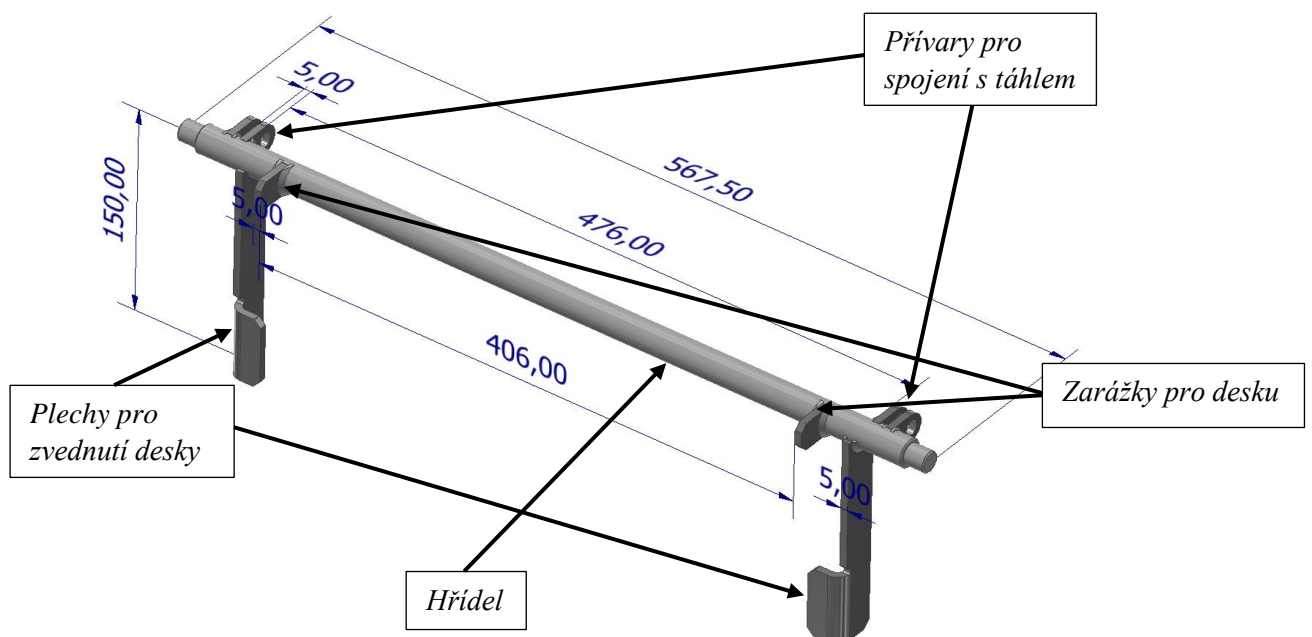


Obr. 54: Sestava táhla pedál – buben

Obě táhla se skládají ze dvou částí. Pro obě táhla je spodní část shodná (na obou obrázcích vpravo). Horní část se pro táhlo pedál – páka na konci zužuje, aby bylo možné spojení s pákou se zajištěním vůle (Obr. 53). Horní část pro táhlo pedál – buben je stejně široká po celé délce, také se na této části nachází drážka, jejíž význam byl již vysvětlen (Obr. 54). Pro obě táhla jsou jejich obě části z plechu o tloušťce 5 mm

### 5.3.5. Páka

Páka slouží k přesunu desky ze svislé polohy do polohy vodorovné. Je spojena táhlem přímo s pedálem, a proto se pohybuje v přímé závislosti na něm.

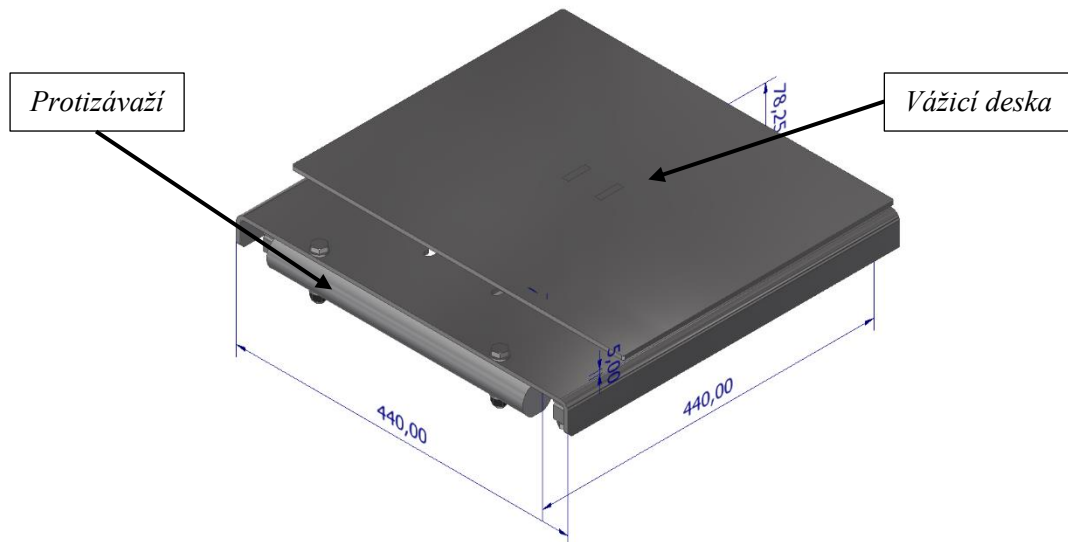


Obr. 55: Sestava páky

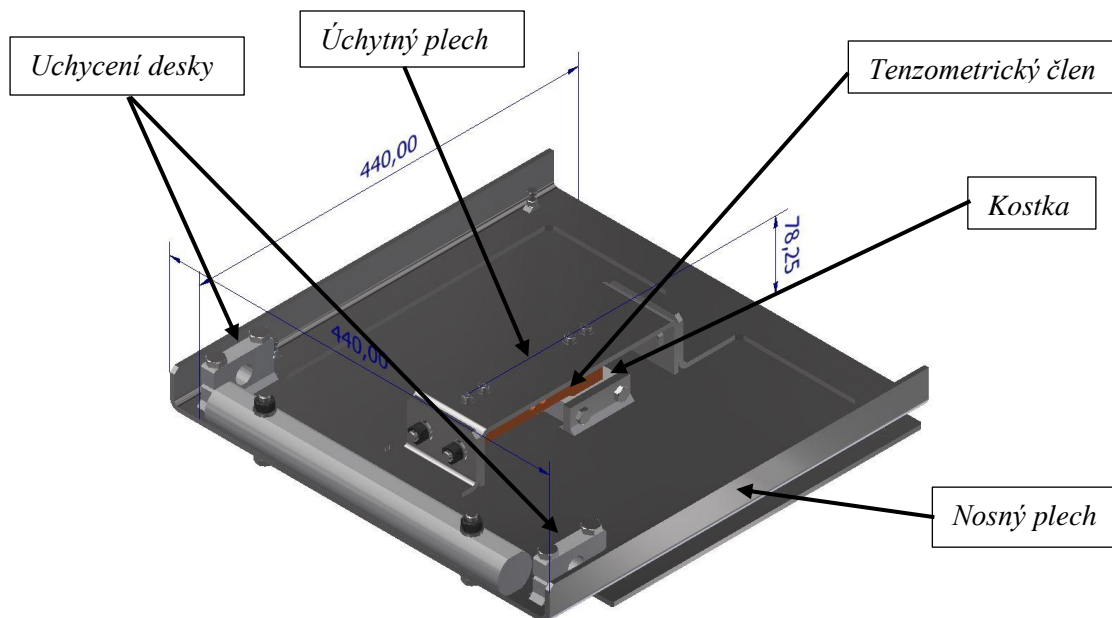
Páka se skládá z hřídele, na které jsou navařeny součásti z plechu. Polotovar hřídele je kruhová tyč. Přívary jsou vypáleny z plechu o tloušťce 5 mm. Přívarů je celkově osm, čtyři s dírou pro šroub slouží k uchycení táhla, 2 slouží jako zádržka pro desku, aby se zbytečně nepohybovala v axiálním směru hřídele, a poslední dva jsou ohnuté plechy, které při pohybu zvedají desku (Obr. 55). Pro spojení těchto svarů byly použity koutové svary.

### 5.3.6. Deska

Pravděpodobně nejdůležitějším prvkem mechanismu je deska, která zajišťuje vážení.



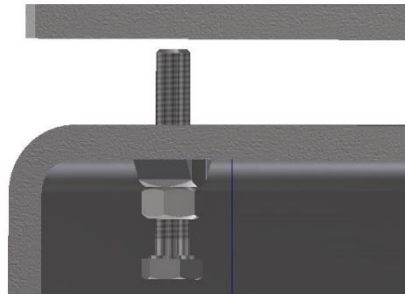
Obr. 56: Sestava desky pohled shora



Obr. 57: Sestava desky pohled zdola

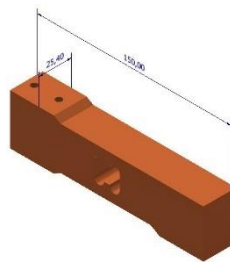
Deska se skládá z nosného plechu, který je spojený s úchytným plechem. Oba tyto plechy mají tloušťku 5 mm. Na úchytném plechu se nachází tenzometrický člen, který je spojen s kostkou. Kostka má jako polotovar tyč plochou, dále je spojena s plechy, které jsou navařeny na vážicí desku. Vážicí deska je tedy spojena pouze s tenzometrickým členem. Její polotovar je plech o tloušťce 4 mm. Dalšími součástmi desky jsou uchycení, ty mají jako

kostka shodný polotovary ploché tyče. Tato uchycení jsou rozebíratelná, aby bylo možno upevnit desku na páku. Poslední částí je protizávaží, které zmenšuje sílu nutnou ke zvednutí desky (Obr. 56, Obr. 57).



*Obr. 58: Detail dorazu desky*

Aby při vhození odpadu nedošlo k velkému naklonění vázící desky, jsou na jejích rozích umístěny dorazy. Tyto dorazy mají nastavitelnou vůli v řádu milimetrů a jsou tvořeny čtyřhrannou maticí navařenou na nosném plechu, kontramaticí a šroubem (Obr. 58).

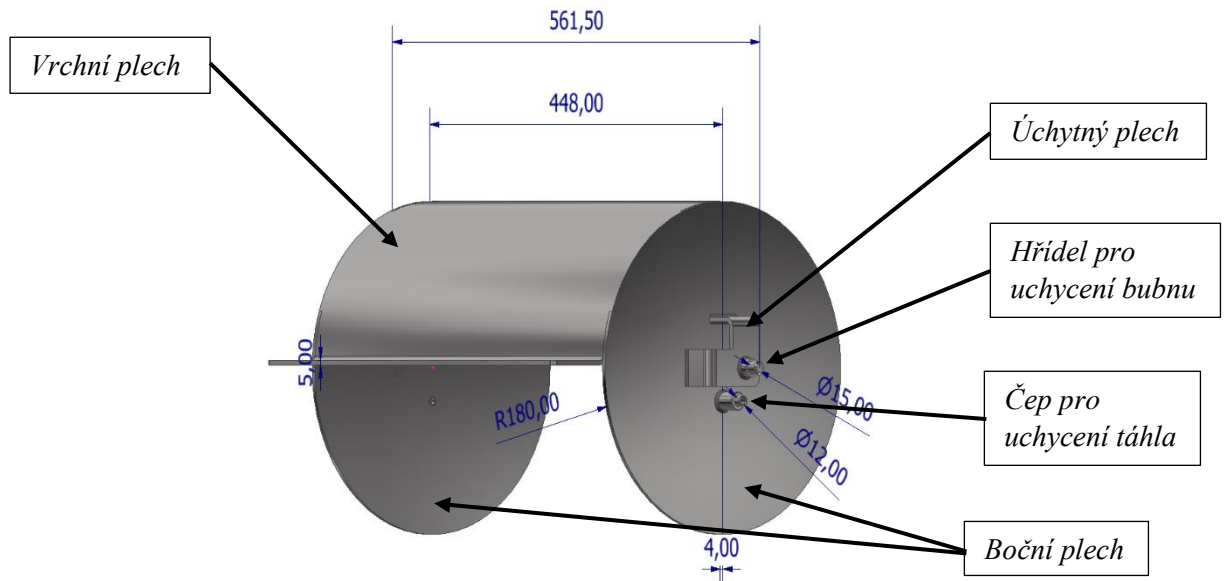


*Obr. 59: Model tenzometrického členu*

Nedílnou součástí desky je pro zajištění její funkčnosti tenzometrický člen. Pro tento mechanismus byl vybrán tenzometrický snímač DINI ARGEO SPG s nosností 50 kg. Tento snímač je schopný vážit excentricky, zátěž tedy nemusí být rozložena rovnoměrně. Třída krytí tohoto snímače je IP65 s třídou přesnosti C3 [16]. Model na obrázku není stažen, je pouze vytvořen podle rozměrů uvedených výrobcem (Obr. 59).

### 5.3.7. Buben

Buben je součástí mechanismu, která kryje vřazovací otvor pro odpad.

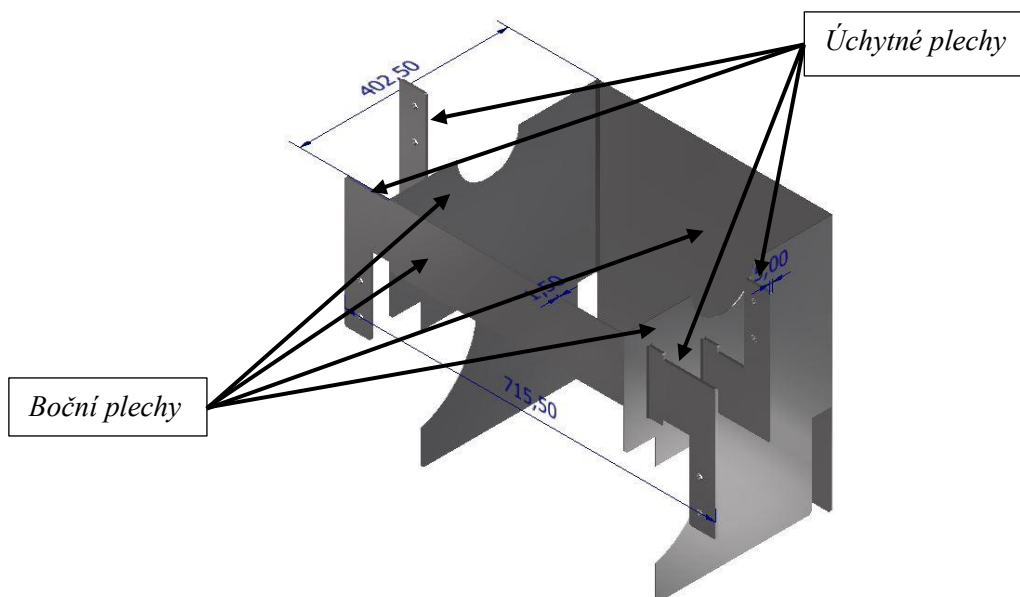


Obr. 60: Sestava bubnu

Buben se skládá z horního ohnutého plechu, který má tloušťku 5 mm, a bočních plechů o tloušťce 4 mm. Dále se na obou stranách nachází úchytný plech o tloušťce 5 mm, na kterém je přivařena hřídel, jež se vkládá do uchycení. Poslední součástí je čep na uchycení táhla, který se také nachází na každé straně jeden. Všechny součásti jsou spojeny koutovými svary (Obr. 60).

### 5.3.8. Krycí šachta

Úlohou této součásti v mechanismu je zabránit aby se odpad dostával do citlivých součástí, čím by mohla být zhoršena celková funkčnost mechanismu.



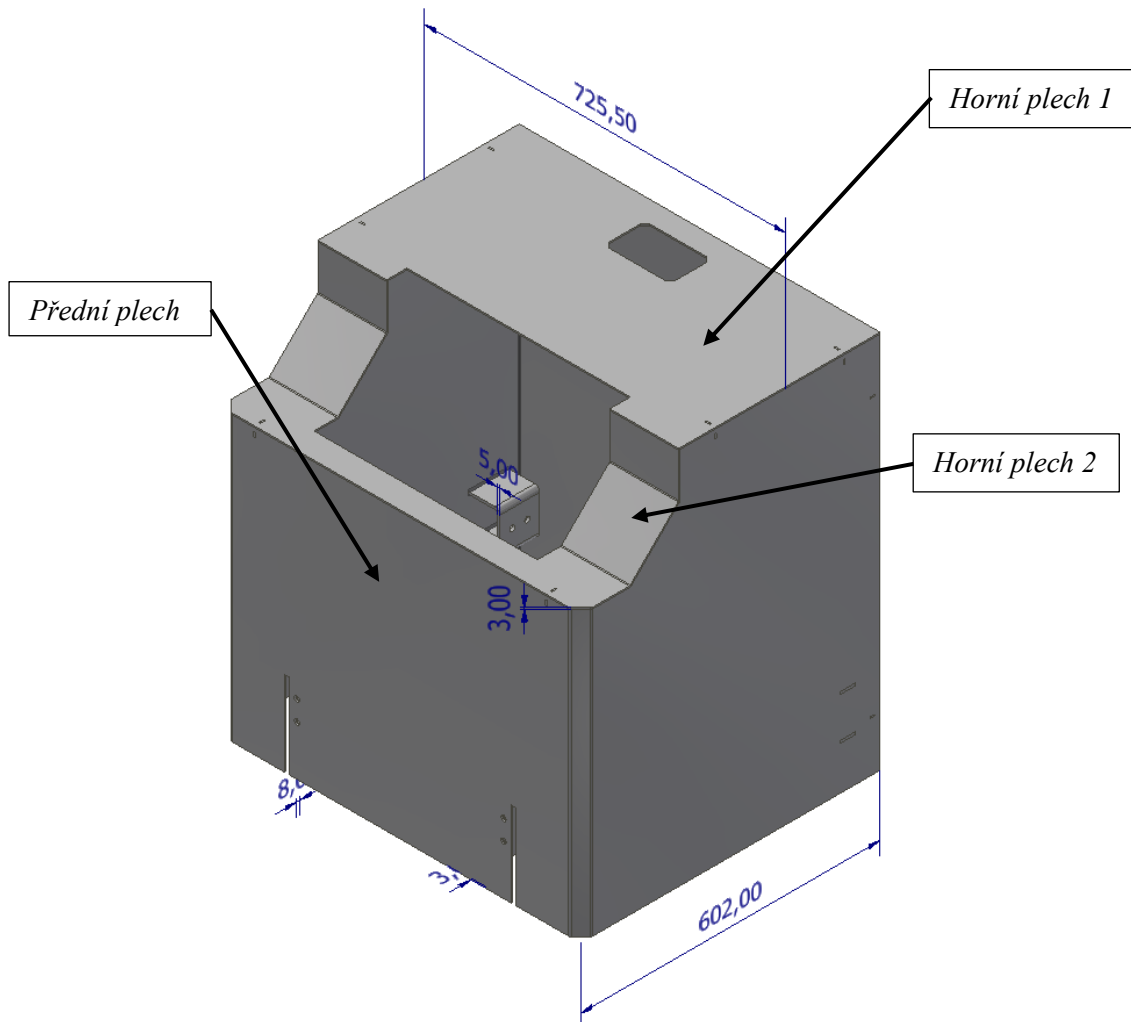
Obr. 61: Sestava krycí šachta



Tato sestava se skládá z bočních plechů o tloušťce 1,5 mm. Na těchto bočních plechách jsou navařeny plechy úchytné, které jsou spojeny s uchycením. Úchytné plechy mají tloušťku 5 mm. Sestava je opět spojena koutovými svary (Obr. 61).

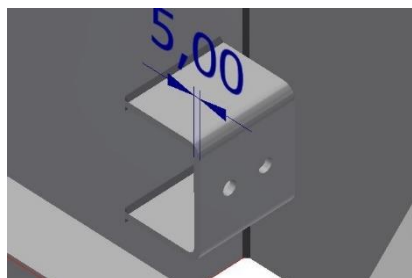
### 5.3.9. Plášť

Poslední sestavou modelu je plášť, který chrání mechanismus.



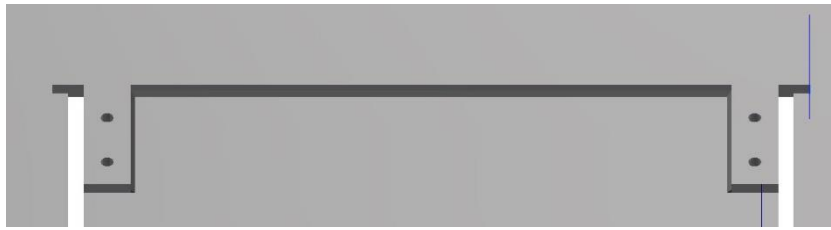
Obr. 62: Sestava pláště

Plášť je zepředu a z boků tvořen předním plechem, z horní strany je tvořen dvěma horními plechy. Všechny tyto plechy mají tloušťku 3 mm (Obr. 62).



Obr. 63: Detail uchycení pláště ke konstrukci pomocí ohnutého plechu

Pro uchycení ke konstrukci je použit ohnutý plech šířky 5 mm (Obr. 63).



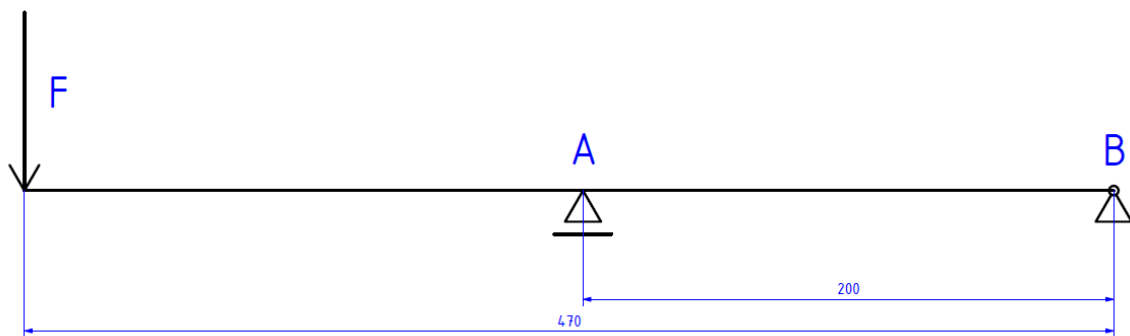
Obr. 64: Výztužný plech na vnitřní straně pláště

Pro uchycení krycího plechu zepředu pláště je použit plech tloušťky 8 mm. V tomto plechu jsou vyřezány závity pro šrouby (Obr. 64).

## 6. Pevnostní analýza

### 6.1. Pedál

Pedál se ovládá šlapáním, proto tedy může dojít k tomu, že na pedál se postaví obsluhující osoba celou vahou. Pedál je tedy potřeba ověřit na ohyb. Tedy převedeme pedál na staticky určitý nosník (Obr. 65). V této kapitole byly použity školní podklady [17] [18].



Obr. 65: Ohyb pedálu

Rotační vazba v bodě B zde reprezentuje uložení pedálu na konstrukci. Posuvná vazba v bodě A reprezentuje zámek, který zabraňuje sešlápnutí, dokud není obsluhující osoba načtena do systému.

Síla  $F$  reprezentuje váhu člověka na pedálu (zvoleno 80 kg). Pedál je zkonstruován tak, že tyto teoretické nosníky má dva, rozložení však nemusí být symetrické. Pro další postup je zvolen koeficient 1,7, kterým vydělíme sílu  $F$ . Poté hodnota síly  $F$  vychází:

$$F = \frac{80 \cdot 9,81}{1,7} = 461,7 \text{ N} \quad (12)$$

Vzdálenost mezi kolmicí  $F$  a bodem B je 470 mm, vzdálenost mezi body A a B je pro snadný výpočet zvolena 200 mm.

Klasickým postupem určíme momentovou rovnováhu k bodu A, z ní určíme reakci v bodě B, která směřuje dolů.

$$M_A = F \cdot 270 - R_B \cdot 200 = 0 \rightarrow R_B = 623,3 \text{ N} \quad (13)$$

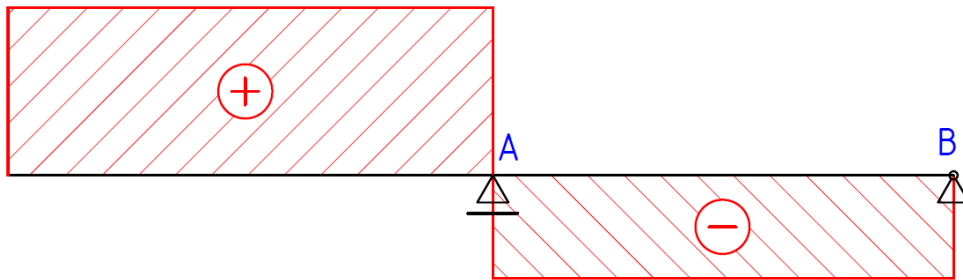
Statickou rovnicí nám vyjde velikost reakce v bodě A směrem nahoru.

$$R_A - R_B - F = 0 \rightarrow R_A = 1085 \text{ N} \quad (14)$$

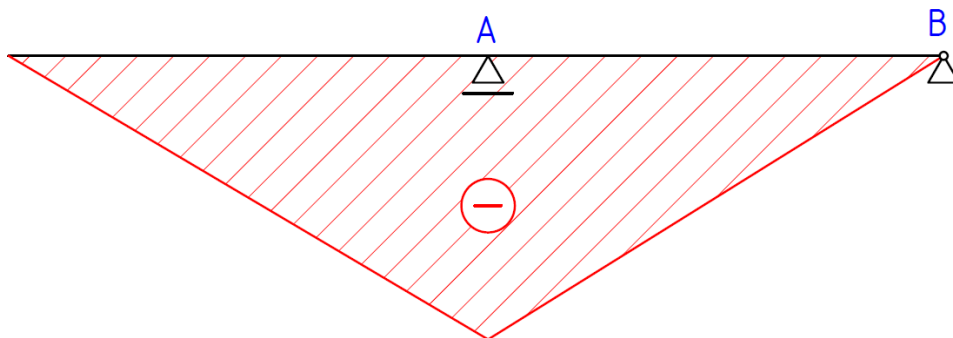
Dále je potřeba určit modul ohybu k ose z. Průřez pedálu tedy je výška 40 mm a šířka stejná jako tloušťka plechu 5 mm.

$$W_o = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 40^2 = 1333,3 \text{ mm}^3 \quad (15)$$

Dalším úkolem je tedy najít největší ohybový moment.



*Obr. 66: Průběh napětí*



*Obr. 67: Průběh momentu*

Největší ohybový moment je v bodě A (Obr. 67), a to:

$$M_{o_{max}} = F \cdot 270 = 124\,659 \text{ Nmm} \quad (16)$$

Poté je potřeba najít dovolené napětí oceli v ohybu. Mez kluzu oceli 11 373 je 186 MPa [13].

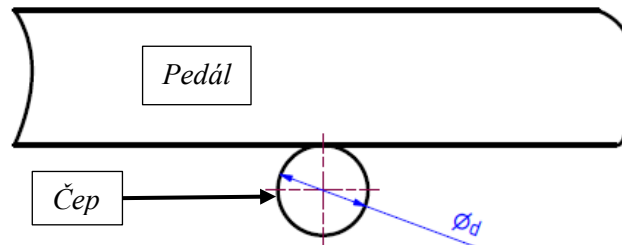
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{124\,659}{1333,3} \doteq 93,5 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$k_o = \frac{\sigma_D}{\sigma_o} = \frac{186}{93,5} \doteq 1,98 \quad (18)$$

Takto vyšla bezpečnost 1,98. Jako materiál byla použita konstrukční svařitelná ocel 11373. Pro větší bezpečnost je možné k pedálu přivařit výztuž.

## 6.2. Čep zámku

Jedná se o součást, která měla být dodána firmou. Funkční částí tohoto zámku by byl právě vysunovací čep, na který by dosedával pedál. Během užívání může dojít k tomu, že se obsluhující osoba opře do pedálu celou svou vahou. Čep bude navrhován na stříh. Síla byla určena v minulé podkapitole (Obr. 65). Zbývá výpočet plochy průřezu. Pro určení napětí ve stříhu se využije teorie  $\tau$  max.



Obr. 68: Schéma čepu

Pro určení meze pevnosti ve stříhu využiji teorii  $\tau$  max dle Tresca. Mez kluzu oceli 11 373 je 186 MPa [12]. Bezpečnost je zvolena rovna 3.

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{pt}}{2} = \frac{186}{2} = 93 \text{ MPa} \quad (19)$$

$$\tau_D = \frac{\tau_{max}}{3} = \frac{93}{3} = 31 \text{ MPa} \quad (20)$$

$$\tau_D = \frac{F}{S} = \frac{1085 \cdot 4}{\pi \cdot d^2} \rightarrow d_{min} = \sqrt{\frac{1085 \cdot 4}{\pi \cdot 31}} = 6,79 \text{ mm} \quad (21)$$

Minimální průměr čepu vyšel 6,79 mm. S rostoucím průměrem roste i bezpečnost. Pro další součásti modelu jsou silové účinky nižší než pro tyto dva kontrolované uzly. Normované součásti mají od výrobců deklarované hodnoty napětí, které jsou značně naddimenzovány vůči silovým účinkům tohoto modelu. Většina nenormovaných součástí je vyrobena z ocelových plechů a tedy v kombinaci s nižšími silovými účinky jsou další kontrolní výpočty zbytečné.

## 7. Závěr

Obsahem této předložené práce je návrh konstrukčního řešení vřazovací šachty podzemního kontejneru s možností vážení odpadu. Jde o firemní zadání MEVA Group. Úkolem bylo vytvořit návrh konceptu a následně pro potřeby firmy výkresovou dokumentaci. Během tvorby této práce bylo navrženo několik různých konceptů. Konstrukční analýzou z předchozích projektů byl nejdříve vypracováván koncept, ve kterém byl pohyb vykonáván lanky. Při prezentaci tohoto konceptu bylo doporučeno pohyb pomocí lanek vyměnit za pohyb pomocí táhel. Pohyb zajištěný lanky je v praxi velmi nespolehlivý a je velmi citlivý na manipulování. Následně tedy bylo vypracováno několik dalších konceptů a nakonec byl vybrán mechanismus, ve kterém byl pohyb zajištěn táhly a správná funkčnost byla umožněna čepem bubnu, který se pohybuje drážkou v táhlu. Tento čep v drážce umožňuje zachovat buben v zavřené fázi a zároveň zvednout desku do vodorovné polohy. Tento koncept splňoval veškeré požadavky a zároveň byla oceněna jeho jednoduchost. Z ekonomického hlediska bylo doporučeno použít jako polotovary pro součásti plechy. Hlavní funkcí tohoto návrhu je vážení, které je zajištěno jediným excentrickým tenzometrickým snímačem uloženým v sestavě desky. Jako vhodný tenzometrický snímač byl vybrán snímač DINI ARGEO SPG s nosností 50 kg. V sestavě měl být použitý zámek, tedy jednoduché elektrické zařízení, jehož funkční část je vysunující se čep, který může držet dané součásti. Tento zámek měl být v konceptu využit na třech místech. První by bránil sešlápnutí pedálu v případě, že by nebyla načtena obsluhující osoba. Druhý by držel desku ve vodorovné poloze, aby byla zajištěna dostatečně dlouhá doba na zvážení odpadu. Třetí by držel buben v zamčené poloze a byl by odemčen, až po zvednutí desky do vodorovné polohy. Bohužel tato součást nebyla v době vytváření práce dodána, a tedy i samotný koncept nemohl být doveden do úplného konce. Součástí této práce je i pevnostní analýza vybraných konstrukčních uzlů. Těmito konstrukčními uzly jsou čep v zámku a pedál. Čep zámku byl navržen na stříh a pedál byl ověřen na ohyb. Ze zadaných požadavků jsou ve finálním návrhu dodrženy všechny až na jeden. Tento jeden nesplněný požadavek je maximální výška horní plochy pedálu, které je o 20 mm vyšší, než byla požadována. Tento požadavek je nesplněn z důvodu, aby pedál nedosedl na desku příruby od firmy MEVA Group a aby byla zajištěna dostatečná bezpečnost při namáhání na ohyb. Celkový koncept je v návrhové fázi, pokud by někdy měl být realizován, je velmi pravděpodobné, že dojde k jeho úpravám.

## Seznam použité literatury:

- [1] Nový zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech: účinnost - 1. ledna 2021, Praha: Verlag Dashöfer, 2021 Edice AZ - aktuální úplná znění. ISBN 978-80-7635-056-4.
- [2] M. ž. prostředí, „mzp,“ [Online]. Available: [https://www.mzp.cz/cz/komunalni\\_odpady](https://www.mzp.cz/cz/komunalni_odpady). [Přístup získán 14. 6. 2021].
- [3] B. Sako, „sako,“ [Online]. Available: <https://www.sako.cz/pro-brnaky/cz/272/co-se-deje-s-vytridenym-odpadem/>. [Přístup získán 14. 6. 2021].
- [4] M. ž. prostředí, „mzp,“ [Online]. Available: [https://www.mzp.cz/cz/odpady\\_podrubrika](https://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika). [Přístup získán 2021 6. 14.].
- [5] „arnika,“ [Online]. Available: <https://arnika.org/odpady-v-cislech>. [Přístup získán 2021 6. 14.].
- [6] „elkoplant,“ Elkoplant, [Online]. Available: <https://www.elkoplant.cz/podzemni-kontejnery-2>. [Přístup získán 20. 6. 2021].
- [7] „ktech,“ Komunální technika s.r.o., [Online]. Available: <https://www.ktech.cz/podzemni-kontejnery>. [Přístup získán 20. 6. 2021].
- [8] M. B. J. S. Kristina BITTMANNOVÁ, „Projekt II: Návrh vážicí vhozové šachty pro podzemní kontejner,“ 2020.
- [9] M. B. J. S. Kristina BITTMANNOVÁ, „Projekt II: Prezentace,“ 2020.
- [10] M. Group, *Normalizovaná příruha*, Meva Group, 2020.
- [11] „tenzometricke-snimace,“ [Online]. Available: <https://www.tenzometricke-snimace.cz/Tenzometricke-snimac-Scaime-AH-30kg-C3-d501.htm?tab=description#anch1>. [Přístup získán 21. 6. 2021].
- [12] P. V. J. LEINVEBER, *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*, Úvaly: Albra, 2011.
- [13] V. ŠVEC, *Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací*. Vyd. 3., V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 170 s. ISBN 978-80-01-04138-3..
- [14] J. POSPÍCHAL, *Technické kreslení*, V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2005, 84 s. ISBN 978-80-01-03214-52008..
- [15] „skf,“ SKF, [Online]. Available: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6302>. [Přístup získán 11. 8. 2021].
- [16] „tenzometricke-snimace,“ [Online]. Available: <https://www.tenzometricke-snimace.cz/Tenzometricke-snimac-DINI-ARGE-SPG-50kg-C3-d590.htm>. [Přístup získán 14. 8. 2021].
- [17] P. Ing. Jan KANAVAL, *Prezentace ČMS 1 Šroubové spoje*, 2020.



[18] C. doc. Ing. Jan ŘEZNÍČEK, Pružnost a pevnost I poklady pro přednášky, Únor 2020.

## Seznam obrázků:

Obr. 1: Nakládání s komunálním odpadem .....	2
Obr. 2: Kontejner – Elkoplast .....	2
Obr. 3: Kontejner – Komunální technika [7] .....	3
Obr. 4: Hlavní konstrukční celky mechanismu [8] .....	3
Obr. 5: Počáteční poloha [9] .....	4
Obr. 6: Mezipoloha [9] .....	4
Obr. 7: Konečná poloha [9] .....	5
Obr. 8: Normalizovaná příruba [10] .....	5
Obr. 9: Kladkový mechanismus bez pláště .....	6
Obr. 10: Tenzometrický snímač Scaime [11] .....	6
Obr. 11: Kladkový mechanismus s pláštěm .....	7
Obr. 12: Koncept táhlového mechanismu .....	8
Obr. 13: Počáteční poloha .....	8
Obr. 14: Konečná poloha .....	8
Obr. 15: 2. koncept – počáteční poloha .....	9
Obr. 16: 2. koncept – mezipoloha .....	9
Obr. 17: 2. koncept – konečná poloha .....	9
Obr. 18: 3. koncept – počáteční poloha .....	11
Obr. 19: 3. koncept – mezipoloha .....	11
Obr. 20: 3. koncept – konečná poloha .....	11
Obr. 21: Zjednodušený finální koncept .....	12
Obr. 22: Natočení pedálu .....	13
Obr. 23: Kinematický uzel pedál – buben .....	13
Obr. 24: Kinematický uzel pedál – deska .....	14
Obr. 25: Model bez pláště v počáteční fázi .....	16
Obr. 26: Kinematické schéma počáteční fáze .....	17
Obr. 27: Model bez pláště v mezifázi .....	17
Obr. 28: Kinematické schéma mezifáze .....	18
Obr. 29: Model bez pláště v konečné fázi .....	18
Obr. 30: Kinematické schéma konečné fáze .....	19
Obr. 31: Sestavení pedálu se spodními částmi táhel .....	20
Obr. 32: Uchytení pedálu na konstrukci pomocí svařenců uchytení .....	20
Obr. 33: Uchytení páky a desky na konstrukci pomocí svařenců uchytení .....	21
Obr. 34: Spojení horních částí táhel se spodními částmi a jejich uchytení k desce .....	21
Obr. 35: Nasazení odpadové šachty na konstrukci .....	22
Obr. 36: Nasazení bubnu na konstrukci pomocí svařenců uchytení .....	22
Obr. 37: Spojení horních částí druhých táhel s jejich spodními částmi a jejich uchytení na čep bubnu .....	23
Obr. 38: Vyztužení konstrukce nosnými plechy .....	23
Obr. 39: Uchytení pryžového krytu na konstrukci .....	24
Obr. 40: Nasazení pláště na konstrukci .....	24
Obr. 41: Detail spojení pláště .....	25
Obr. 42: Spojení pláště s krycím plechem .....	25
Obr. 43: Uchytení konstrukce k přírubě [10] .....	26
Obr. 44: Detail spojení příruby .....	26
Obr. 45: Detail ok na přírubě .....	26
Obr. 46: Finální model .....	27
Obr. 47: Řez finálním modelem .....	27
Obr. 48: Svařenec nosná konstrukce .....	28
Obr. 49: Uchytení páky a bubnu .....	29
Obr. 50: Uchytení pedálu .....	29
Obr. 51: Sestava pedálu .....	30





Obr. 52: Profil pedálu z boku .....	30
Obr. 53: Sestava táhla pedál – páka .....	31
Obr. 54: Sestava táhla pedál – buben.....	31
Obr. 55: Sestava páky .....	31
Obr. 56: Sestava desky pohled shora.....	32
Obr. 57: Sestava desky pohled zdola .....	32
Obr. 58: Detail dorazu desky .....	33
Obr. 59: Model tenzometrického členu .....	33
Obr. 60: Sestava bubnu .....	34
Obr. 61: Sestava krycí šachta .....	34
Obr. 62: Sestava pláště .....	35
Obr. 63: Detail uchycení pláště ke konstrukci pomocí ohnutého plechu .....	35
Obr. 64: Výztužný plech na vnitřní straně pláště .....	36
Obr. 65: Ohyb pedálu .....	36
Obr. 66: Průběh napětí .....	37
Obr. 67: Průběh momentu .....	37
Obr. 68: Schéma čepu.....	38