



**FAKULTA
ŠROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

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

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Lukáš Marek

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Jan Hoidekr

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Janu Hoidekrovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za rady, připomínky a návrhy při konzultacích

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh vhazovací šachty kontejnerů s možností vážení odpadu“ vypracoval(a) samostatně pod vedením Ing. Jana Hoidekra, s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 27. 7. 2020

Lukáš Marek

Anotační list

Jméno autora:	Lukáš Marek
Název práce:	Návrh vhazovací šachty kontejnerů s možností vážení odpadu
Název práce v angličtině:	Design of the Throw-in Shaft of Underground Containers with Weighting Ability of the Content
Rok zpracování	2020
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Ústav:	Ú 12113 Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí práce:	Ing. Jan Hoidekr
Rozsah:	počet stran: 45 počet obrázků: 40 počet tabulek: 4 počet příloh: 3

Klíčová slova: vhazovací šachta, podzemní kontejnery, vážení odpadu, směsný komunální odpad

Key words: throw-in shaft, underground containers, weighting of the content, mixed municipal waste

Anotace: Tato bakalářská práce popisuje návrh vhazovací šachty podzemních kontejnerů s možností vážení odpadu. V úvodu práce jsou představeny problémy pojící se s vyhazováním a tříděním odpadu. Rovněž je vysvětlen princip podzemních kontejnerů. V následující kapitole je pak provedena rešerše stávající techniky v dané oblasti. Praktická část práce se věnuje samotnému návrhu vhazovací šachty s možností vážení odpadu. Závěrem jsou uvedeny vybrané konstrukční výpočty. Výstupem praktické části je 3D model, přiložený k práci.

Abstract: This bachelor thesis describes design of the throw-in shaft of underground containers with weighting ability of the content. In the introduction of this thesis the problems related to waste management are presented. Principle of underground containers are explained as well. Next chapter includes a research of current technology. The construction part deals with the design of the throw-in shaft of underground containers with weighting ability of the content. In conclusion important construction calculations are listed. As a result of the construction part a 3-D model is attached as well.

OBSAH

Obsah.....	5
Seznam zkratk a symbolů	6
1. Úvod	7
1.1. Zadání	8
2. Rešerše	9
3. Teoretický návrh mechanismu	16
4. Popis konstrukce	24
4.1. Bubny.....	24
4.2. Vážící mechanismus	25
4.3. Uložení bubnů	25
4.4. Boční rámová konstrukce	28
4.5. Aretační mechanismus	30
4.6. Elektronický zámek	31
4.7. Nášlapný pedál	32
4.8. Svrchní oplechování	34
5. Vybrané konstrukční výpočty.....	35
5.1. Rozměrový obvod sestavy.....	35
5.2. Pevnostní výpočet nášlapného pedálu.....	37
5.2.1. Kontrola pedálu na ohyb	37
5.2.2. Kontrola čepu elektronického zámku na stříh.....	38
6. Ekonomické zhodnocení návrhu.....	39
7. Závěr.....	41
Seznam použité literatury	42
Seznam obrázků	44
Seznam tabulek	45
Papírové přílohy	45
Elektronické přílohy.....	45

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

Značka	Jednotka	Význam
$T_{A\Delta}$	mm	Montážní vůle
T_{A_i}	mm	Dílčí výrobní vůle
R_A	N	Reakce v bodě A
R_B	N	Reakce v bodě B
F	N	Zátěžná síla
l	m	Délka pedálu, nosníku
a	m	Rozměr mezi podpěrami
M_{omax}	N · m	Maximální ohybový moment
W_o	mm ³	Průřezový modul v ohybu
σ_{omax}	N · mm ⁻²	Maximální ohybové napětí
σ_D	N · mm ⁻²	Dovolené ohybové napětí
R_e	N · mm ⁻²	Mez kluzu
k	-	Bezpečnost
τ_s	N · mm ⁻²	Smykové napětí
S	mm ²	Plocha průřezu
d	mm	Poloměr čepu
τ_{sD}	N · mm ⁻²	Dovolené smykové napětí

1. Úvod

Komunální odpad, nebo také směsný odpad vzniká všude kolem nás. S postupem času se jej civilizace naučila skladovat, neboť mít odpadky všude okolo nás je značně nepohodlné. Později jsme se naučili odpad třídit a recyklovat, což přináší celou řadu výhod, jako například nižší zatížení ekosystému naší planety, nebo využití odpadu jako nové výrobní suroviny. Aby bylo možné odpad použít jako výrobní surovinu je třeba odpad co nejefektivněji separovat. Běžným způsobem, jak třídit odpad je po celém světě rozšířený systém barevných kontejnerů. Tyto sběrné nádoby dříve vyráběné z plechu, dnes spíše z plastu s sebou nesou jisté nevýhody. Většina kontejnerů není zabezpečena proti vniknutí ať už člověkem či zvěří. Často tak v okolí vzniká nepořádek a s tím spojený zápach. Ten vzniká i v samotných kontejnerech díky kolísající teplotě. Z architektonického hlediska pak kontejnery nejsou zrovna úhledné, a zvláště na sídlištích tak vznikají nevzhledná a zapáchající zákoutí.

Podzemní kontejnery velkou část těchto nevýhod eliminují. V první řadě lépe pracují s veřejným prostorem, jelikož nad zem vyčnívá o poznání menší a úhlednější hmota. Po vyhození jsou odpadky nenávratně pryč a nikdo další už se k nim nedostane ať už zvíře nebo člověk. Odpad je umístěn pod zemí, tudíž je skladován v prostředí s výrazně nižší, a především stálejší teplotou, čímž se eliminuje zápach. Podzemní kontejnery rovněž nabízí vyšší kapacitu, což při stejném objemu odpadu nabízí menší zastavěnou plochu než klasické kontejnery. Při zachování zastavěné plochy je naopak možné snížit frekvenci vývozů odpadu. Vzhledem k tomu že odpadová šachta pod zemí je poměrně hluboká, dochází k větší kompresi odpadu vlastní vahou.

V následujících odstavcích budou představeny základní typy podzemních kontejnerů, se kterými je možné se setkat. Podzemní kontejnery se z pravidla skládají z několika částí, které budou představeny hned v úvodu. Základ podzemního kontejneru tvoří pochozí deska, nebo také základna. Povrch této desky si volí zákazník, firmy nabízí nejčastěji zámkovou dlažbu, dláždění přírodním kamenem nebo rýhovaný plech, který je možné povrchově upravit. Deska je čtvercová s rozměrem hrany mezi jedním a půl až dvěma metry. Nadzemní část kontejneru se nazývá sloupek. Přímo pod pochozí deskou se nachází vnitřní vyjímatelný kontejner, občas také nazýván šachta. Celý systém je vložen do betonového sila chránícího obsah kontejneru před okolním prostředím, například před spodní vodou. Velmi důležitým prvkem podzemního kontejneru je pohyblivá spodní deska, která se při vyvážení kontejneru vysouvá až k povrchu a zabraňuje tím pádu do betonového sila.

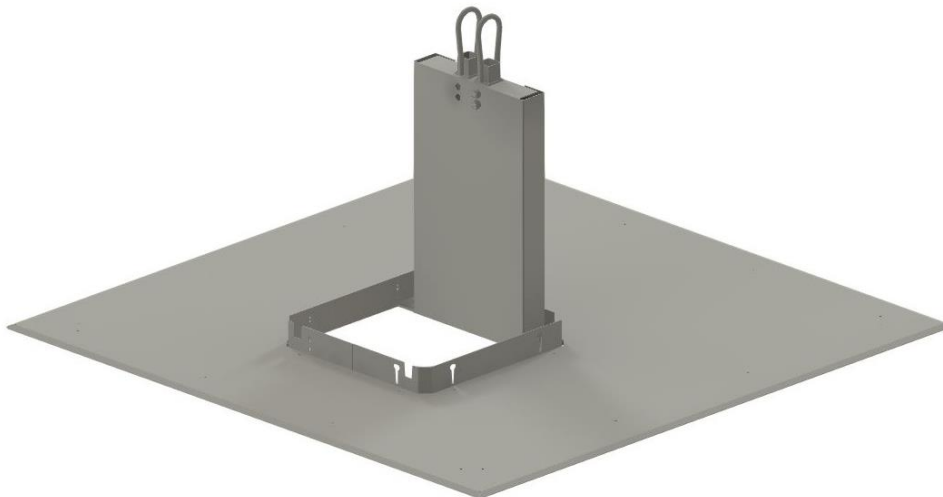
Konstrukce, kterou bych chtěl v této práci představit, má oproti běžným kontejnerům jistá zlepšení. Výhodou tohoto kontejneru je schopnost přiřadit konkrétní množství odpadků ke konkrétní domácnosti. Na základě této evidence by pak daná domácnost měla vyšší či nižší tarif při svozu komunálního odpadu. To by v ideálním případě mělo vést spotřebitele ke snižování množství směsného odpadu tím, že začne více a důkladněji

recyklovat. Bude-li tento systém fungovat je otázka, která se však netýká této práce. Jejím úkolem je splnit následující požadavky a navrhnout funkční konstrukční řešení.

1.1. Zadání

Požadavky na prototyp podzemního kontejneru, respektive sloupku jsou následující:

- Definovaný maximální vhozený objem odpadu
- Vážicí mechanismus, odnímatelný či jednoduše nahraditelný
- Nášlapný systém otevírání šachty
- Elektronický zámek
- Ostrovní systém tzn.: nepočítat s připojením na inženýrské sítě
- Svařovaná konstrukce
- Konstrukce musí být zasazena do již hotové pochozí desky (Obrázek 1)



Obrázek 1: Konstrukce pochozí desky

2. Rešerše

Kontejnerů, které odpad po vhození zároveň váží na trhu moc nenajdeme. Pravděpodobně kvůli tomu, že je to poměrně nová metoda, jak snížit obsah komunálního odpadu. Zmínku jsem našel pouze o firmě MEVA, která přišla s tímto nápadem, a téma této práce je inspirováno spoluprací právě s touto firmou.

Jinou možností, jak vážit komunální odpad, je měřit hmotnost při svozu. Popelářský vůz musí tedy být vybaven vážicími členy, a každá přidaná dávka se zváží. Nevýhodou tohoto řešení je, že se váží celý svezovaný kontejner. Odpadky jsou pak přiřazeny pouze konkrétní lokalitě, při možnosti přiřazení kontejnerů konkrétní bytové jednotce pak například jednomu vchodu. Nikdy však konkrétní domácnosti či osobě. Touto možností se na evropském trhu zabývá například švédská firma Botek [1], která nabízí momentálně čtyři varianty. Tenzometrické členy jsou prvních dvou případech umístěny na nakládací člen. V prvním případě na rameno čelního nakladače. V druhém případě je pak vážen náklad na nakládací plošině vozu (Obrázek 3). V obou případech je vážena přidaná hmota. Následující možností je umístění snímače váhy mezi šasi vozu a nákladový prostor, v případě popelářského vozu se jedná právě o odpadní kontejner (Obrázek 2).



Obrázek 2: Botek, Chassis scale [2]



Obrázek 3: Botek, Tail lift scale [2]

Pomineme-li vážící mechanismus, firem věnujících se podzemním kontejnerům existuje celá řada. Pokusím se představit pár základních konstrukčních mechanismů, které tyto firmy pro své výrobky používají.

Konstrukční řešení lze rozdělit na nadzemní část (sloupek) a podzemní část (šachta), které jsou pak mezi sebou zpravidla kombinovatelné. Nadzemní části kontejneru jsou dostupné v různých designových provedeních. Nejčastěji se jedná o tělesa s kruhovou či obdélníkovou podstavu. Bývají z oplechované rámové konstrukce, nebo samonosné plechové konstrukce. Sloupek by neměl vizuálně vyčnívat a měl by působit spíše nevýrazným a nerušivým dojmem, proto jsou většinou tmavé, nevýrazné barvy. Často je opatřen speciální povrchovou úpravou, která usnadňuje odstraňování graffiti. Vhazovací otvor, který je z pravidla opatřen poklopem proti zatékání například při dešti, je umístěn shora nebo z přední, přístupové strany kontejneru. Ovládání mívá různé mechanismy, nejčastěji obyčejný „ruční“ pohon, nebo nášlapný pedál, který je z hygienického hlediska vhodnější. [3]



Obrázek 4: Kontejnery v Kladně [4]



Obrázek 5: Kontejnery s pedálovým otevíráním [5]



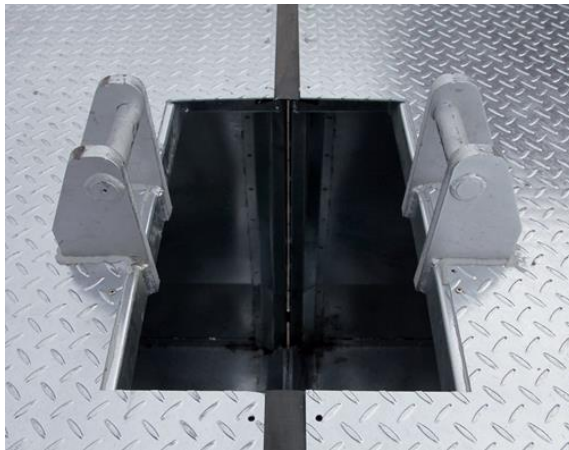
Obrázek 6: Kontejnery firmy Villiner [6]

Poslední, avšak z hlediska funkčnosti konstrukce velmi podstatnou částí, je mechanismus uchycení celého kontejneru k jeřábu. Uchycení slouží k vyzvednutí celého mechanismu, což je potřeba především při vyvezení odpadu. Tato konstrukce je obvykle spojena s mechanismem otevírání a následného vysypání šachty. U některých konstrukčních řešení je ovládání mechanismu řízeno právě za pomoci uchycovacího mechanismu. Tak je tomu například u jednoho modelu firmy MEVA (Obrázek 7) kdy jsou na vrcholu sloupku umístěna dvě oka. Jedno je pevně spojeno s šachtou a pochozí deskou a zvedá celý systém vzhůru. Druhé oko pak pomocí soustavy táhel ovládá otevírání šachty. [7]



Obrázek 7: Uchycení modelu TOP firmy MEVA [8]

U jiných modelů je na nadzemní části pouze jedno oko k uchycení háku, vysypání odpadu se ovládá na spodní části šachty. V dalších případech, které budou představeny, se sloupek vůbec nezvedá, nejsou na něm tedy umístěna žádná oka na uchycení háku jeřábu, což přidává koši na kompaktnějším a uhlazenějším vzhledu. Jednu z těchto možností rovněž nabízí společnost MEVA (model Grumbach). Sloupek v tomto případě není pevně spojen s pochozí deskou a pravděpodobně za pomoci speciálního nářadí je možné jej odmontovat. Pod sebou skrývá dvě madla (Obrázek 8), za které můžeme šachtu zvednout a zároveň i celou šachtu rozevřít mechanismem podobným tomu, který se používá na bagrovém drapáku (Obrázek 10). [9] Tato možnost nabízí například rychlejší vysypání obsahu šachty. V případě následující možnosti je naopak sloupek pevně spojen s pochozí deskou a vůbec se nezvedá. Při údržbě se celá pochozí deska po jedné straně vyklopí a šachta je vytažena zvlášť (Obrázek 9).



Obrázek 8: Madla u modelu Grumbach firmy MEVA [10]



Obrázek 9: Model s výklopnou pochozí deskou [11]



Obrázek 10: Šachta modelu Grumbach firmy MEVA [12]

Konstrukční řešení odpadních šachet je rovněž různorodé. Již jsem zmínil šachtu, která je ve svislém směru rozdělena. Takto vzniklé části, podobající se čelistem, se rozevírají, čímž vzniká prostor k rychlému vyprázdnění šachty. Jiný princip má naopak pohyblivé pouze dno šachty. Tento systém využívá například firma BAUER v modelu GTU (Obrázek 11), stejně se vyprazdňuje šachta, které se zvedá sama po vyklopení pochozí desky (Obrázek 12).



Obrázek 11: Šachta firmy BAUER [13]



Obrázek 12: Otevírací mechanismus firmy BAUER [14]

Konstrukčně nejjednodušším řešením daného problému nabízí například britská společnost MERLIN Industrial Products nebo polská firma EKOSORT. Jednoduchost tohoto řešení spočívá v nahrazení odpadové šachty standartním odpadním kontejnerem, který vidáme na ulici. Ten je však schován pod odpadním sloupkem a pochozí deskou. Celé zařízení může být zdviženo hydraulickou plošinou, která je umístěna na dně betonové šachty. Svozová služba tedy vyváží standartní kontejner a není potřeba nový typ popelářského vozu. Zvenku je však vidět pouze poměrně úhledný koš (Obrázek 13). [15]



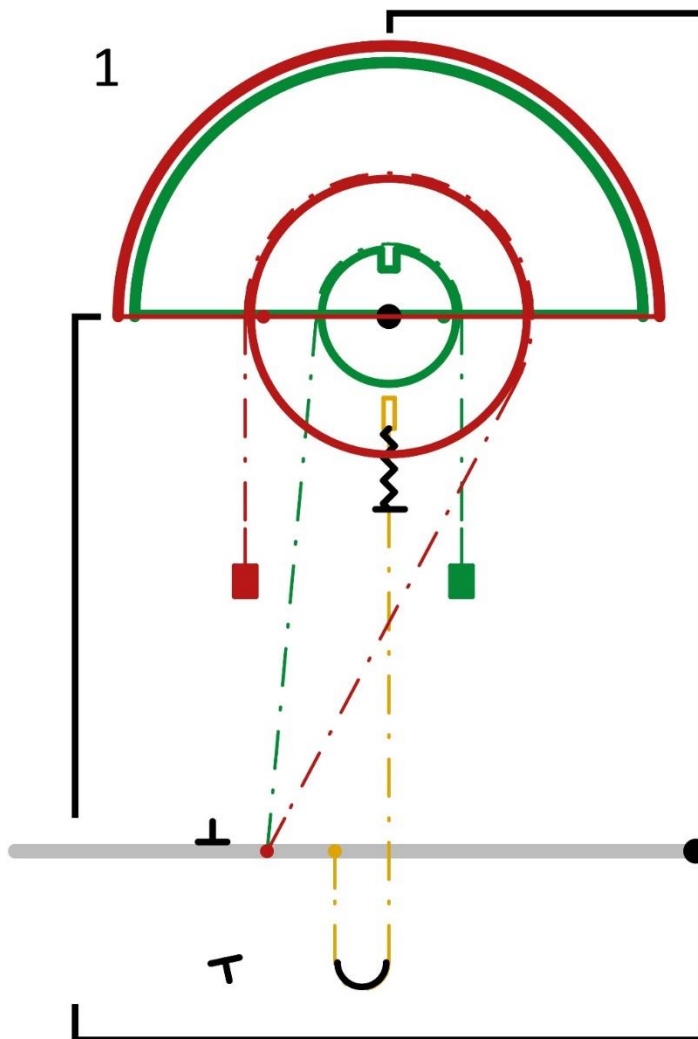
Obrázek 13: Model kontejnerů firmy EKOSORT [16]

3. Teoretický návrh mechanismu

Ze zadání vyplývají jisté požadavky na mechanickou konstrukci návrhu, především na kinematiku. Celý systém by měl být poháněn pouze zdvihem nášlapného pedálu, jelikož se v zadání nepočítá s připojením na elektrickou síť. Celá realizace by měla být poměrně jednoduchá, jelikož náklady na výrobu by měli být co nejnižší. Významné nároky vznikají na základě požadavku na vážení vhozených odpadků. Je nutné, aby na vážící mechanismus působily pouze předem definovatelné síly a nic tak nemohlo ovlivnit přesnost vážení. V moment vážení již nesmí být možné se k odpadu dostat. Z výchozích požadavků jsem jako základní mechanismus zvolil systém souosých válců neboli bubnů. Dalším návrhem byla šachta například, která by měla běžné víko shora. Na dně šachty by byl pohyblivý poklop, který by setrval ve vzpřímené pozici až do zavření vrchního víka. Po zvážení by se na jedné straně uvolnil, a tím by odpad spadl do podzemní části kontejneru. Tento návrh však nesplňoval podmínku nášlapného pohonu.

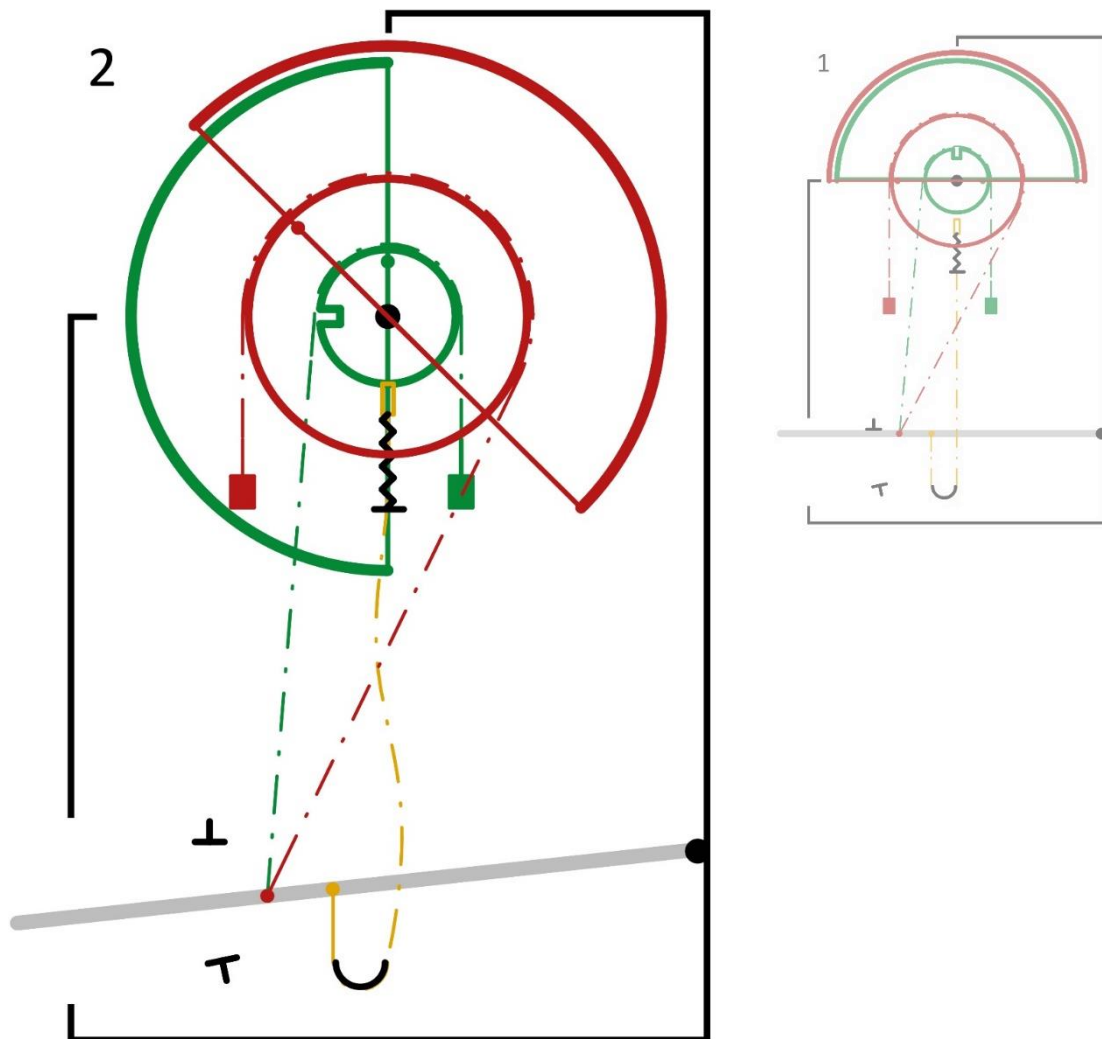
Plechové bubny jsou zároveň poměrně nenáročné na výrobu. Hlavním otazníkem tedy zůstává, jaký pohyb budou jednotlivé bubny vykonávat, a jak převést přímočarý pohyb nohou poháněného pedálu, na rotační pohyb válců. Jako nejefektivnější způsob byl vybrán systém lanek a lanových kotoučů o různých průměrech, čímž bude docíleno pootočení o různý úhel při stejném zdvihu nášlapného pedálu.

Na následujících schématech bude představena zjednodušená kinematiku celého mechanismu. Černou barvou je vyobrazen rám a části, které jsou s ním pevně spojené a jsou tudíž také nepohyblivé. Nášlapný pedál, zdroj většiny pohybu, je šedé barvy. Vnější buben sloužící především jako zakrytí celého mechanismu, nazývaný také jako víko, je na schématu uveden červenou barvou, stejně tak vše, co je s ním pevně spojeno, jako například lanový kotouč řídící pohyb právě svrchního bubnu. Vnitřní buben je na schématu uveden zelenou barvou, a stejně jako je tomu u víka, i zde jsou stejnou barvou i všechny prvky které se vnitřního bubnu týkají, například lano, které spojuje pedál a lanový kotouč na bubnu. Veškerá lana jsou kreslena čerchovanou čarou. Poslední barvou objevující se ve schématu je žlutá. Ta zastupuje aretační člen, jehož funkce bude popsána později. Pro lepší přehlednost je do pravého rohu umístěn stav mechanismu v předchozím kroku.



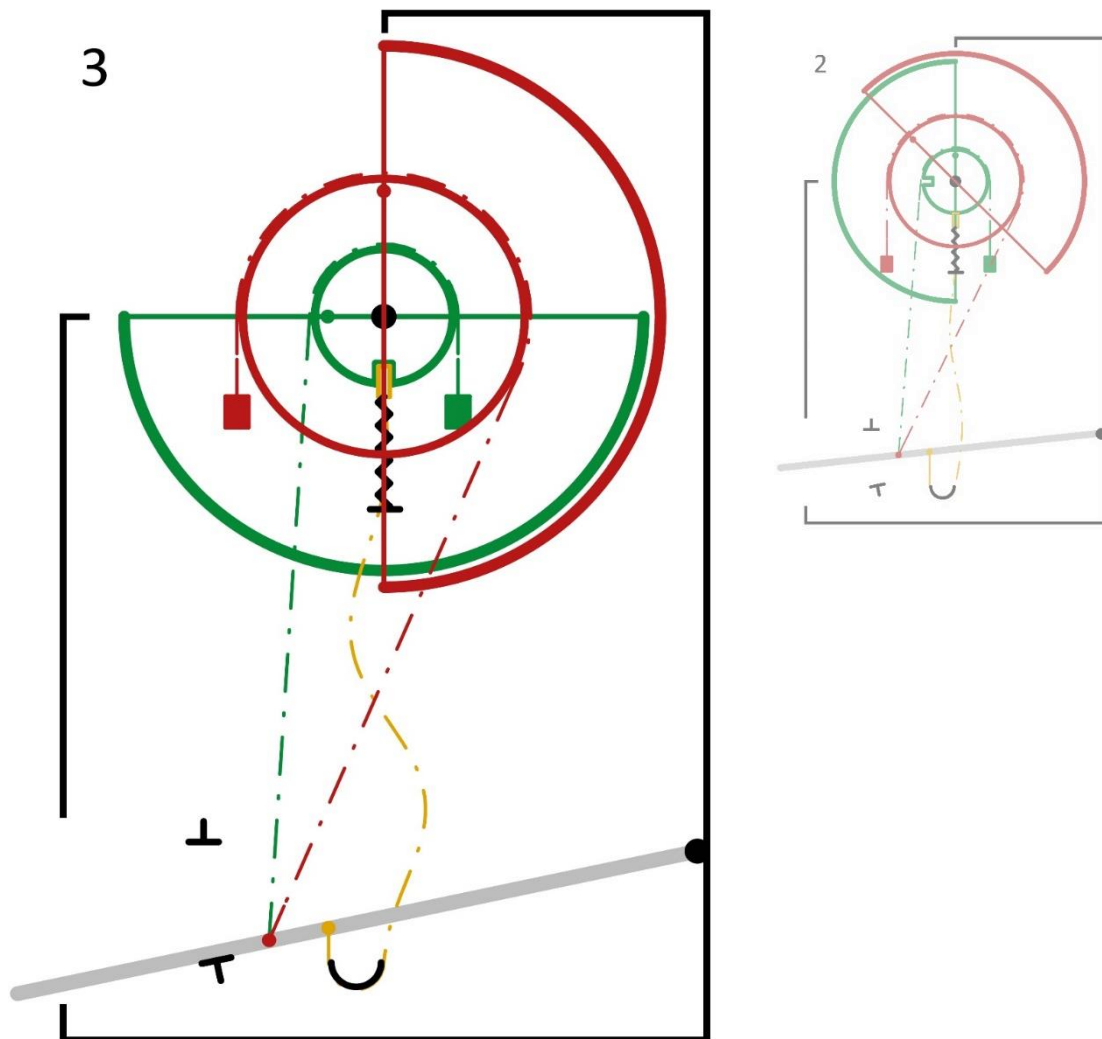
Obrázek 14: Schéma 1

Takto vypadá mechanismus před použitím, a tedy většinu času. Oba bubny směřují dolů, tudíž není možné nic vhodit. Řídící lanka jsou napnutá a pedál je v horní úvratí. Vše je připraveno na provoz.



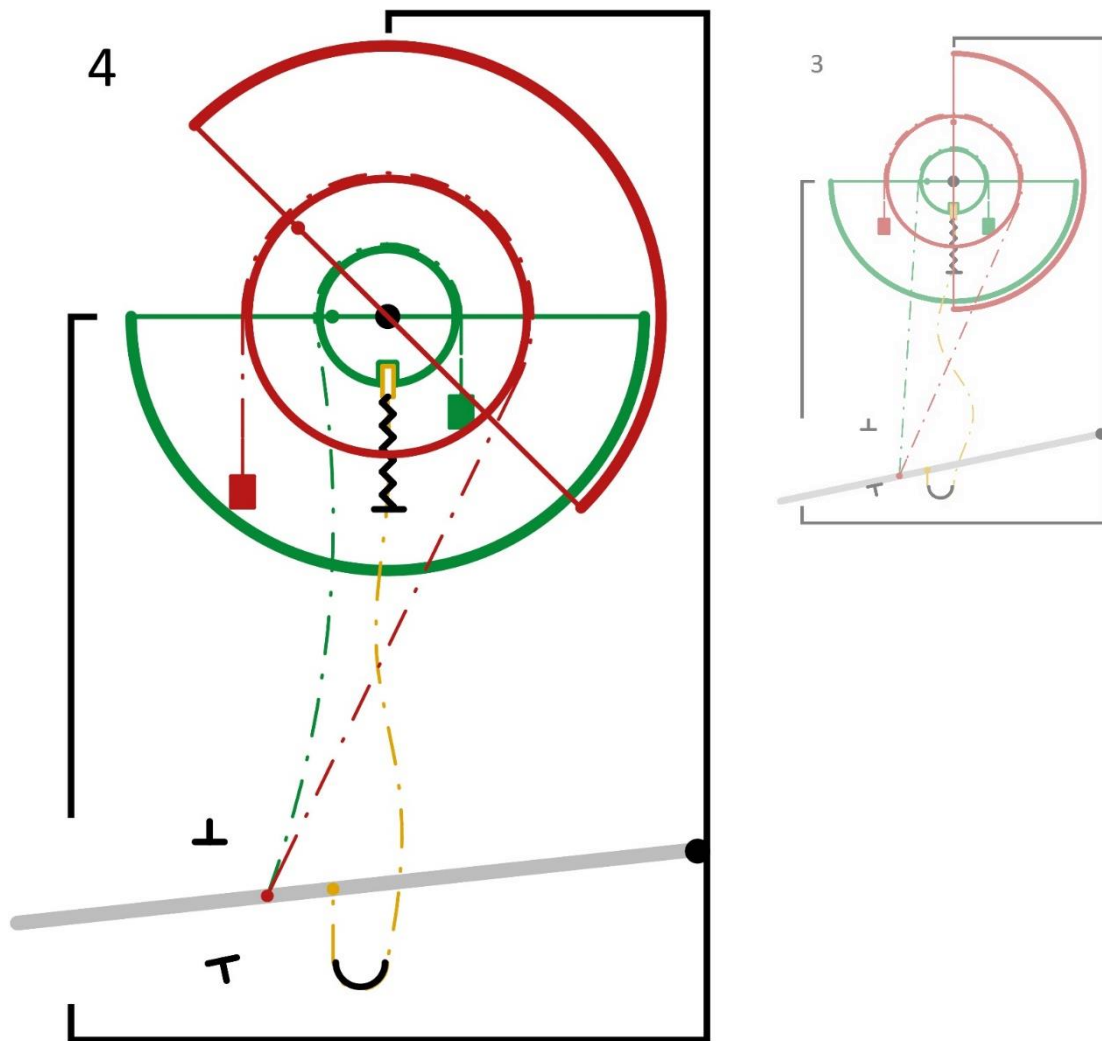
Obrázek 15: Schéma 2

Přijde-li člověk s úmyslem vyhodit odpad, musí prvně sešlápnout pedál. Ten se posouvá do spodní úvratě. V tuto chvíli se začnou pohybovat i lanka, která spojují pedál a řídicí kotouče obou bubnů. Díky rozdílným průměrům se však každý buben otáčí jinou úhlovou rychlostí. Sešlápnutím pedálu se zároveň povolí lanko držící aretační čep. Ten je tudíž pružinou tlačěn směrem vzhůru na řídicí kotouč vnitřního bubnu.



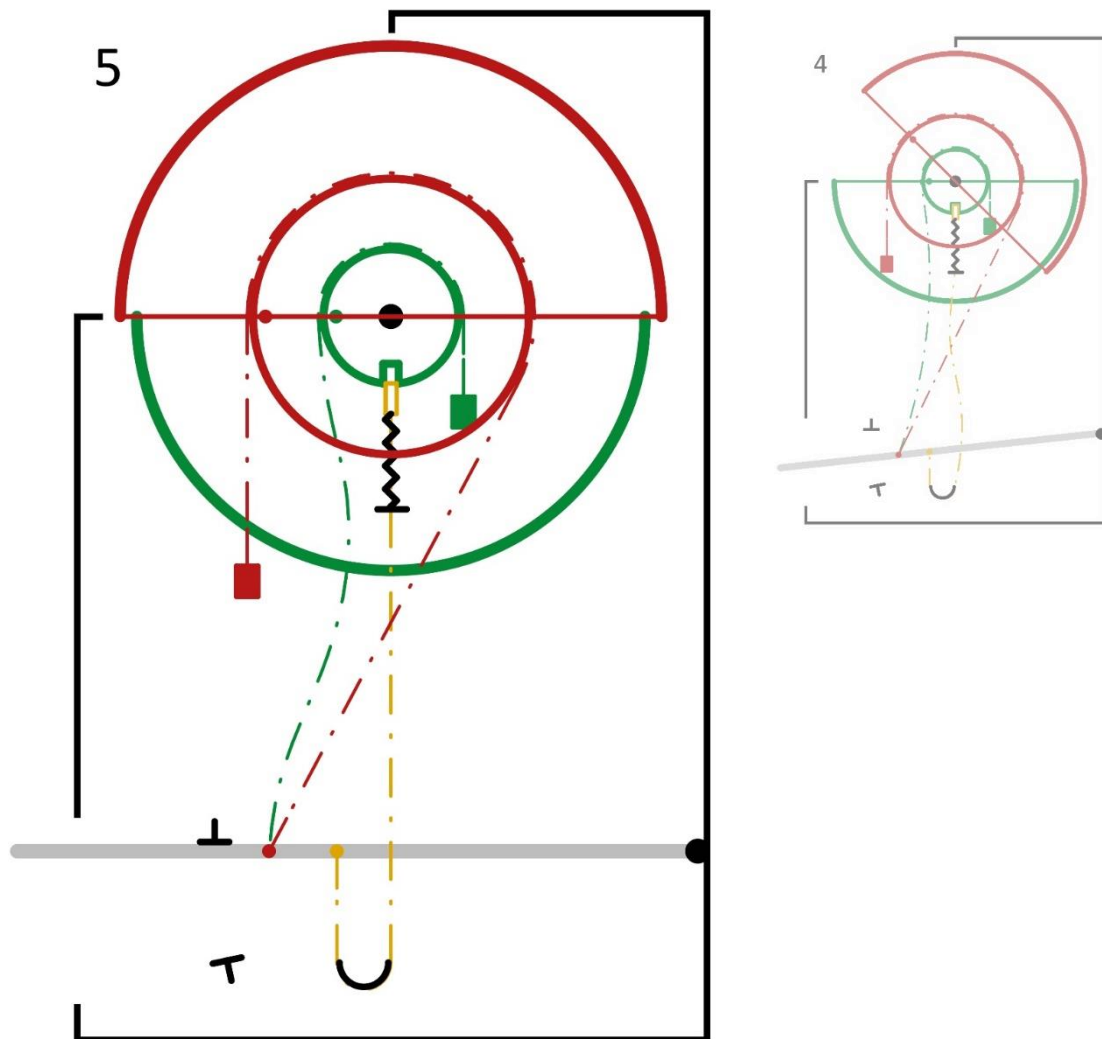
Obrázek 17: Schéma 3

Při došlánutí pedálu k spodnímu dorazu se mezi oběma bubny vytváří prostor pro vhození odpadu. Zdvih pedálu vychází ze zadaných požadavků a rovná se 140 mm. Přímocharý pohyb se pomocí kotoučů převede na otočení o 90° v případě víka. Vnitřní buben se otočí dvojnásobně, tedy o 180°. Když vnitřní buben vykoná tento pohyb, přímo proti aretovacímu čepu se objeví vrtání. Do tohoto otvoru se čep zasune, čímž se vnitřní buben zaaretuje a tím se zamezí dalšímu pohybu. V tento moment je do mechanismu vhozen odpad.



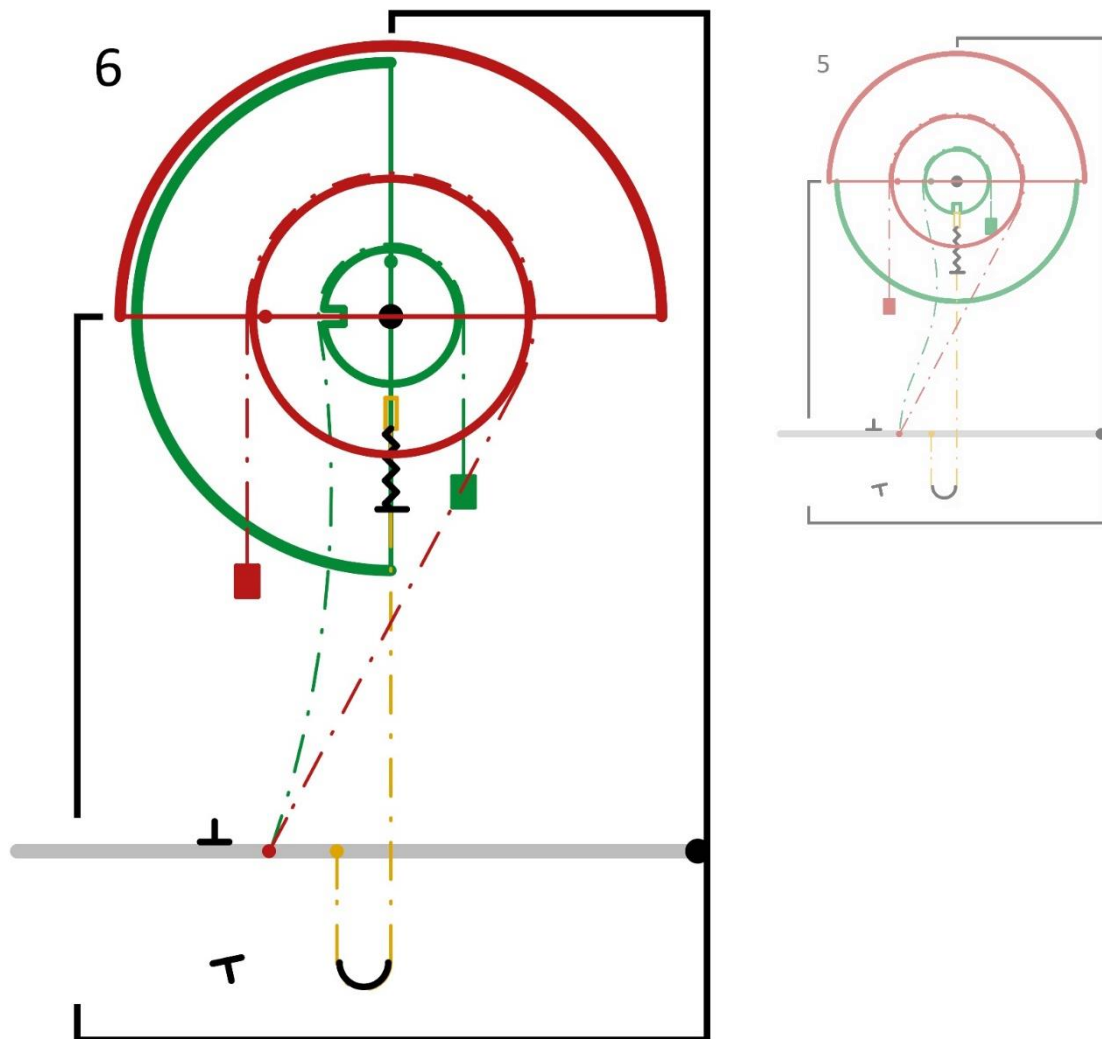
Obrázek 18: Schéma 4

V dalším kroku je uvolněn pedál a závaží, které je umístěno na konci lanka řídicího pohyb svrchního válce, začne víko otáčet zpět do původní polohy. Vitrní buben se neotáčí, jelikož čep je stále uvnitř vrtání.



Obrázek 19: Schéma 5

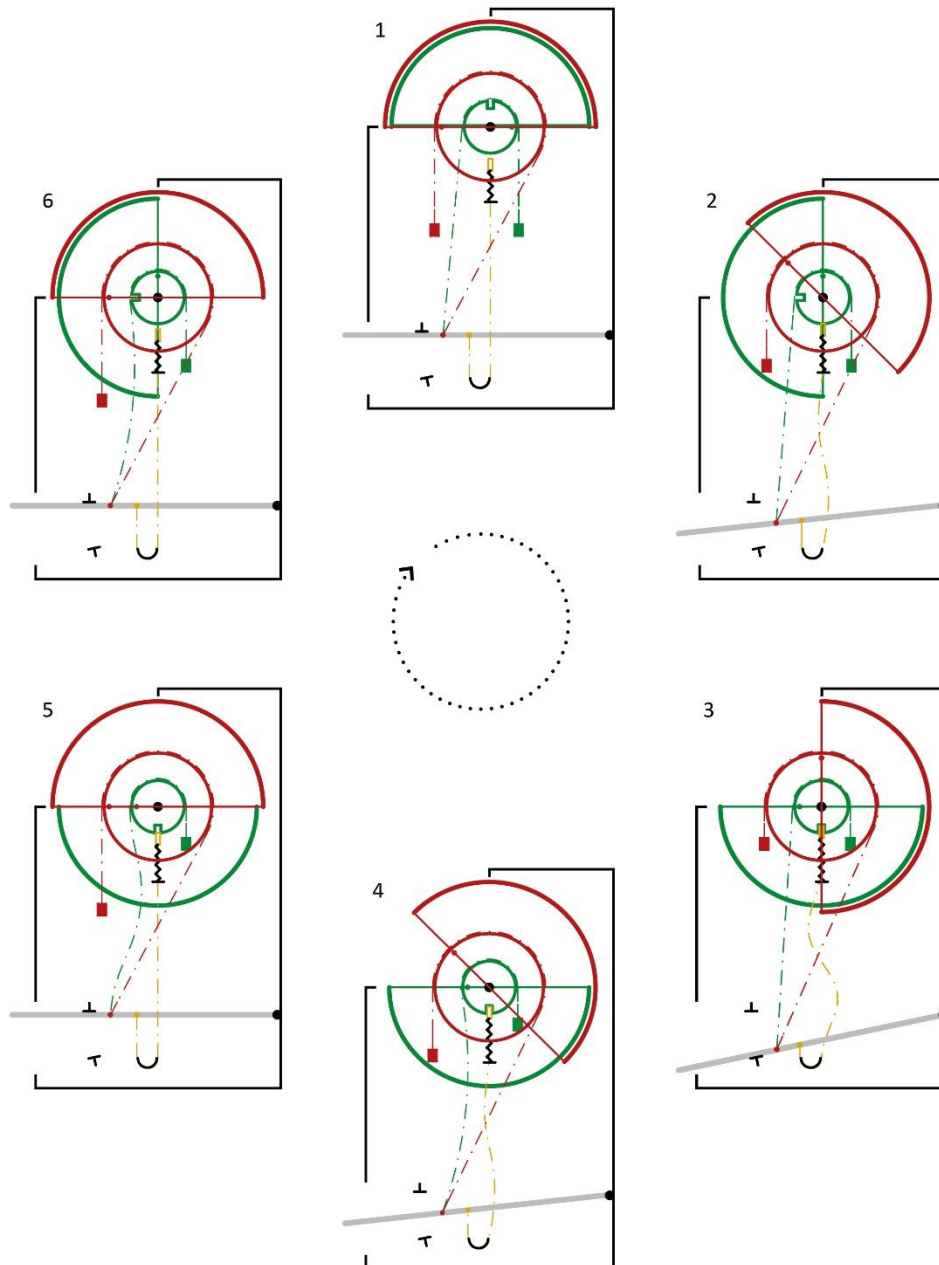
Ve chvíli, kdy se pedál blíží horní uvratí, se napne lanko spojující pedál a aretovací čep. Závažím, které je na konci lanka u víka, se přetlačí pružina tlačící aretovací čep vzhůru. Čep se tedy začne vyťahovat z vrtání. Aby toto bylo možné, musí závaží vyvolávat větší sílu, než pružina tlačící čep. K uvolnění aretace dojde ve chvíli kdy se celý mechanismus zavře, respektive vrchní buben se otočí do původní polohy. V tuto chvíli rovněž dochází k vážení vhozeného odpadu. Na vnitřní buben nemůže působit žádný okolní vliv, jelikož je celý systém zakryt vrchním válcem.



Obrázek 20: Schéma 6

Poslední krok spočívá v pootočení vnitřního bubnu tak, aby mohl odpad opustit celý mechanismus. Vnitřní buben se tak dostává do stejné polohy, ve které byl na počátku děje. Otáčení je vykonáno stejným mechanismem jako v případě víka, a sice pomocí závaží umístěného na konci lanka, které spojuje pedál a řídicí kotouč vnitřního bubnu.

Celý mechanismus je vytvořen tak, aby koncová poloha byla zároveň výchozí polohou. Výše uvedené polohy mechanismu tak tvoří jeden cyklus, který proběhne při každém vyhození odpadků.



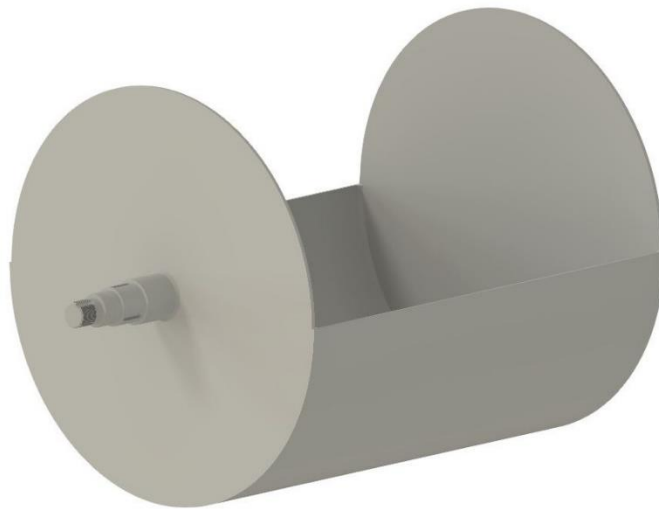
Obrázek 21: Celkový cyklus

4. Popis konstrukce

V následující části budou popsány důležité konstrukční prvky, které jsou nezbytné pro správnou funkci předchozího mechanismu.

4.1. Bubny

Oba bubny jsou konstruovány jako plechové svařence (Obrázek 22 a Obrázek 23). Důležitým aspektem je jejich uložení, které bude představeno později.



Obrázek 22: Svařenec vnitřního bubnu



Obrázek 23: Svařenec vnějšího bubnu

4.2. Vážicí mechanismus

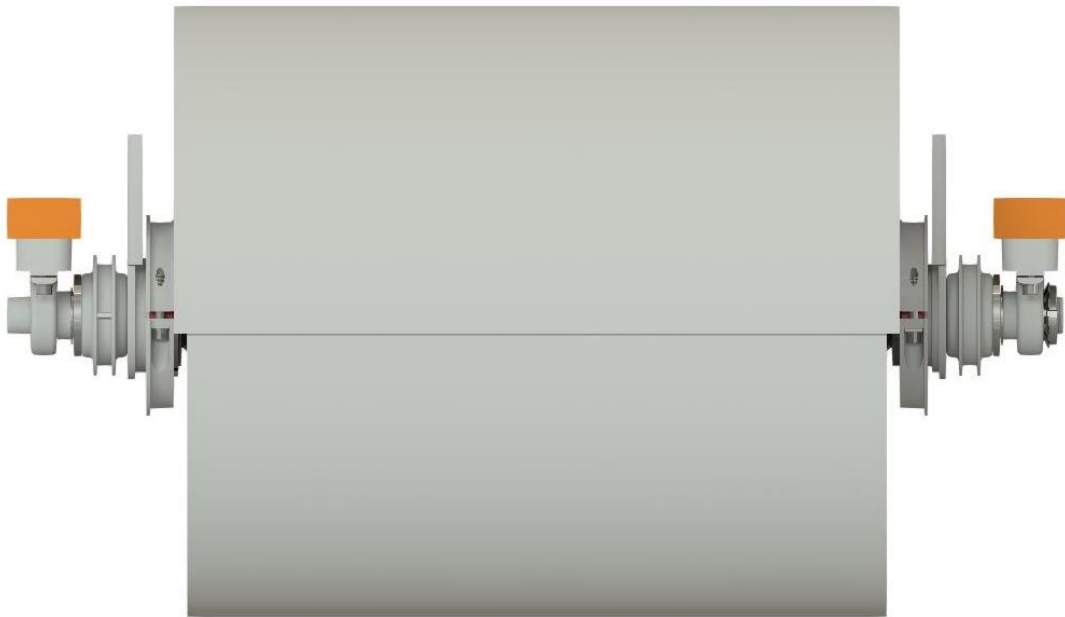
Vážení bude probíhat skrze tenzometrickou sestavu, jejíž hlavním prvkem je tenzometrický člen. Na jedné straně je tenzometrický člen pevně spojen s rámem. Na straně druhé je pomocí kuličkového ložiska s domkem spojen s hřídelí vnitřního bubnu (Obrázek 24). Jedná se o tenzometrický člen: ZEMIC L6D8, který má maximální nosnost až 200 kg. [17] Použité ložisko: SKF W61904.



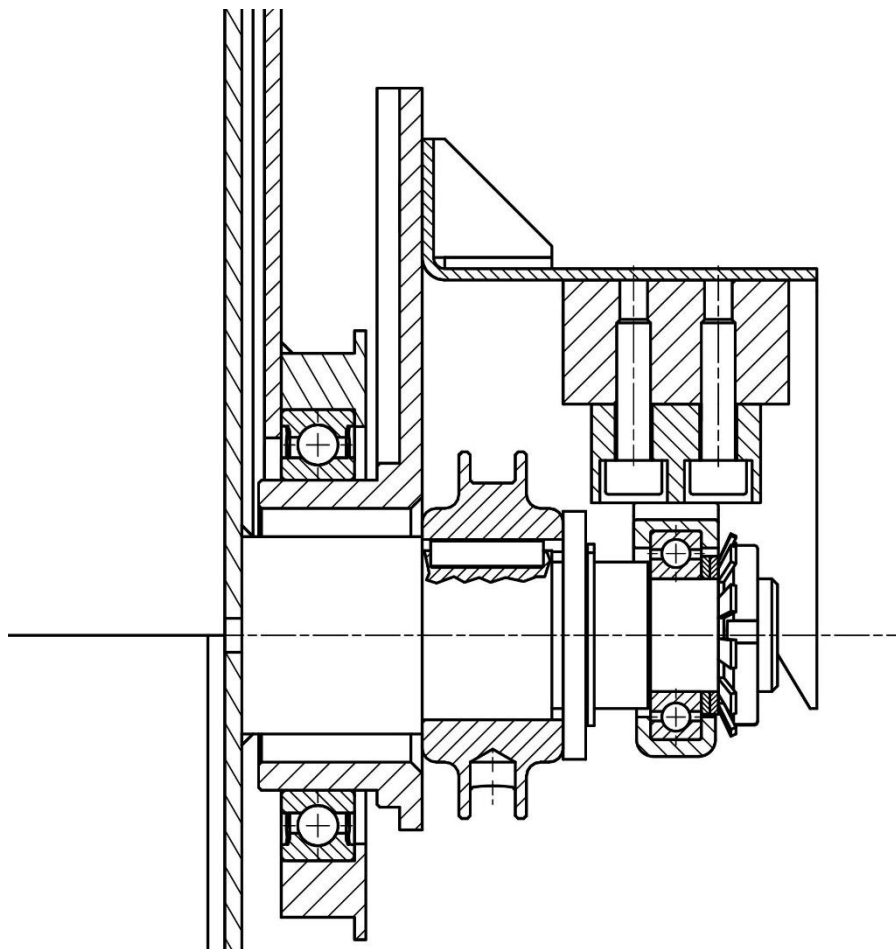
Obrázek 24: Sestava tenzometrického členu

4.3. Uložení bubnů

Vnitřní buben je s rámem spojen přes výše zmíněný tenzometrický člen. Naopak vnější buben musí být spojen s rámem přímo, aby byl vnitřní buben izolován od vnějších sil. Zabrání se tak ovlivnění přesnosti vážení například opřením se o vrchní buben. Bubny by měly být na jedné straně axiálně volné, například kvůli teplotní dilataci. Vnitřní buben je na jedné straně uložen axiálně pevně pomocí distančních podložek, MB podložky a KM matice (Obrázek 26). Na druhé straně je uložení axiálně volné. Vnější buben je uložen skrze průchozí uchycení (Obrázek 27), na které je nasazeno ložisko SKF 61911 2RS2. Tato sestava je pak k vnějšímu bubnu připevněna podélně dělenou přírubou. Jedna část příruby je přivařena k bubnu. Druhá polovina se k první připevní šrouby. Sestava, která je vložena mezi přivařenou a volnou část příruby je stažena a tím radiálně pevná (Obrázek 28). Jedna strana je opět axiálně zajištěna, konkrétně seegerovým pojistným kroužkem, který je nasazen na průchozí uchycení před ložiskem, a zabraňuje tak jeho posuvu (Obrázek 29).



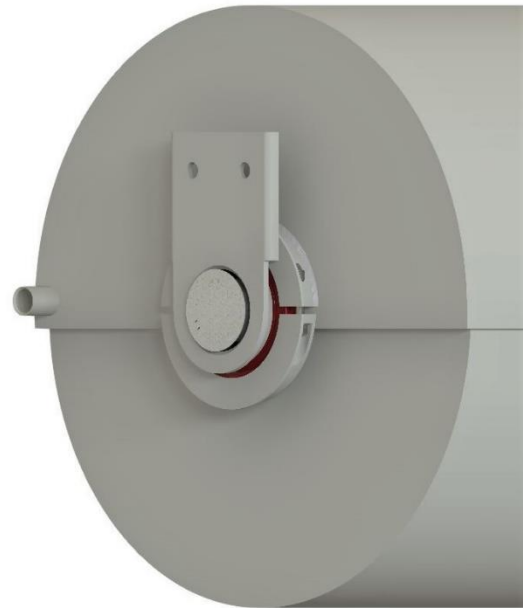
Obrázek 25: Uložení bubnů



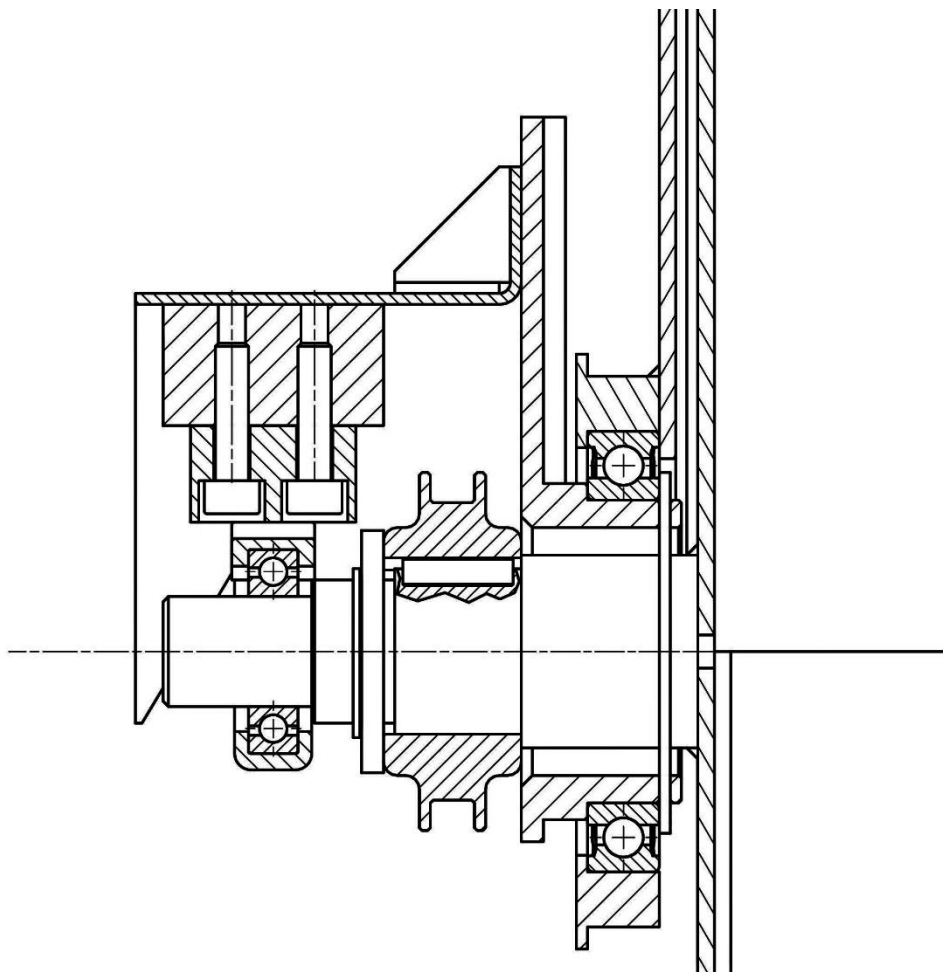
Obrázek 26: Axiálně pevné uložení vnitřního bubnu



Obrázek 27: Průchozí uchycení



Obrázek 28: Sevření dělenou přírubou



Obrázek 29: Axiálně pevné uložení vnějšího bubnu

4.4. Boční rámová konstrukce

Nosnou konstrukci v prvotním návrhu tvořila rámová kostra svařovaná z jablek. Tato varianta však přidávala konstrukci na složitosti, a proto funkci oplechované konstrukce zastupuje samonosné oplechování (Obrázek 30), které je sestaveno z plechových svařenců. Jedná se o dvě nosné části, každá umístěna z jedné strany mechanismu. K oběma jsou svarem připevněny další konstrukční prvky. V horní části obou plechů je přivařena součást z ohýbaného plechu (Obrázek 31), ke které se montuje systém bubnů. Tento prvek má otvory pro uchycení tenzometrické sestavy, zároveň je na něj montována sestava vnějšího bubnu. Dalšími společnými prvky, připevněným k oběma plechům, jsou součásti zajišťující správný chod nášlapného pedálu. Tyto prvky jsou v nižší části. Jedná se o čep, který slouží k upevnění pedálu, zároveň je jeho otočným bodem, a dva dorazy vytvořené z T-profilu, doplněné o pogumování změkčující doraz a vymezují rozsah zdvihu pedálu.



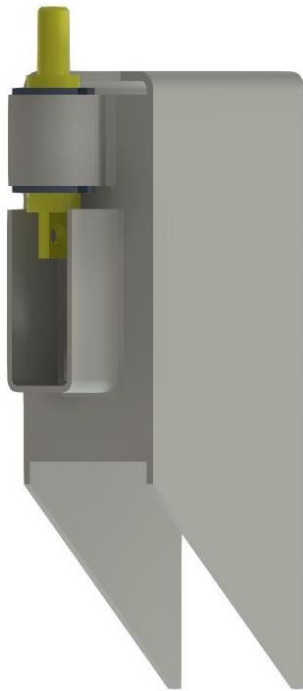
Obrázek 30: Plechové svařence



Obrázek 31: Prvek spojující bubny a plechové svařence

4.5. Aretační mechanismus

Prvky, které jsou pouze na pravém nosném plechu, se týkají právě aretačního mechanismu. Jejich funkcí je, držet vnitřní buben v poloze otvorem vzhůru do té doby, než vrchní buben neuzavře vstupní prostor. V tu chvíli je vážení izolované od vnějších vlivů. Horní plechová konstrukce slouží k vedení aretačního čepu (Obrázek 32). Je zde také ukotvena pružina, která tlačí čep vzhůru je-li povoleno řídicí lanko. Spodní konstrukce slouží k vedení ocelového lanka, které pohybuje aretačním čepem (Obrázek 33). Je tvořena ohnutými ocelovými trubkami a plechovými držáky.



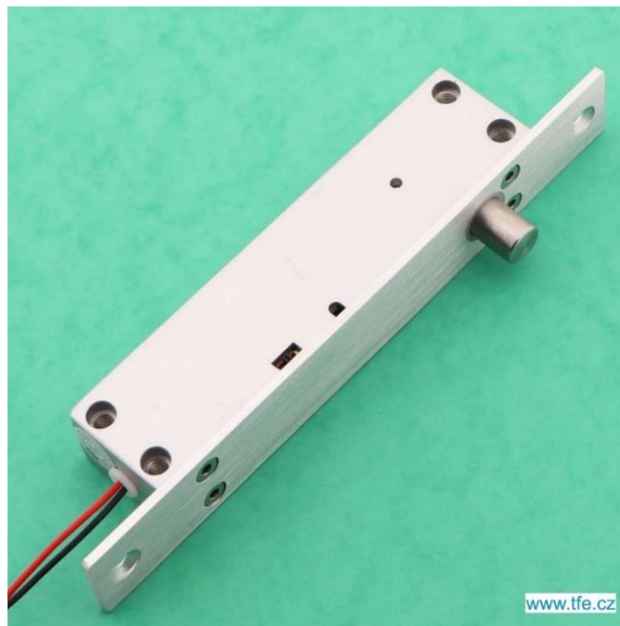
Obrázek 32: Aretovací čep a jeho uložení



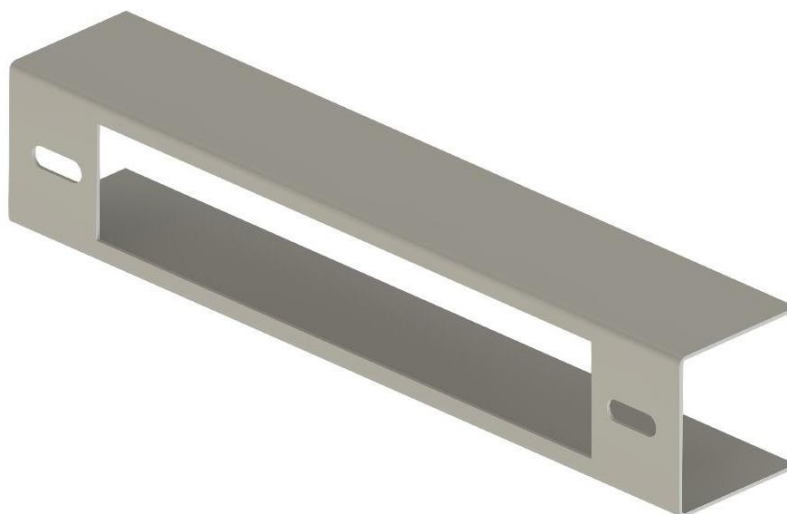
Obrázek 33: Konstrukce usměřující pohyb lanka

4.6. Elektronický zámek

Pro správnou funkci mechanismu je nutné, aby odpad vhažovali pouze konkrétní obyvatelé. Toho je docíleno pomocí elektrického zámku, který zajišťuje, že odpad může vhodit pouze někdo, kdo se systému identifikuje. Následně je možné hmotnost odpadu přiřadit konkrétní osobě či domácnosti. Uzamčení mechanismu zajišťuje elektronický zámek EB16V od společnosti TFE elektronika. Největší výhodou tohoto zámku je nastavení, kdy je při nulovém napětí čep vysunut. Pro dobu zamčení mechanismu není tedy nutné zámek napájet. Čep je válcový o průměru 12,5mm. Zámky jsou dva – jeden zamyká vnější buben, druhý pak nášlapný pedál. Oba jsou k rámové konstrukci připevněny pomocí ohýbaného plechu.



Obrázek 34: Elektronický zámek EB16V [18]



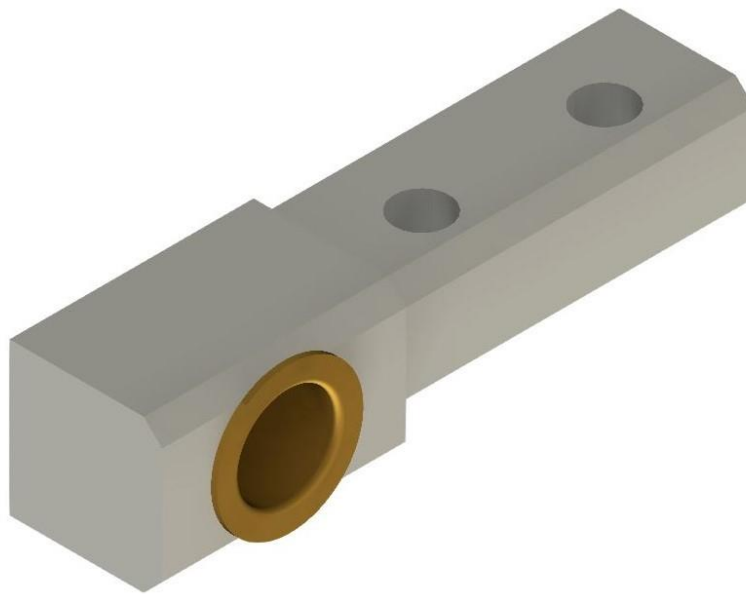
Obrázek 35: Plechové uchycení zámku

4.7. Nášlapný pedál

Konstrukce nášlapného pedálu je z ohnutých a svařených jăklů (Obrázek 36). Zúžení před nášlapným prostorem je nutné z důvodu kompatibility návrhu s již existující pochozí plošinou, na které se nachází konstrukce zajišťující zvednutí kontejneru a následné vyvezení odpadu. Nášlapný prostor je vybaven pochozím plechem s protiskluzovou úpravou. Na pedál jsou navařeny oka pro uchycení lanek. Oba jăkly jsou vybaveny výřezem pro čep elektronického zámku. Pedál je uložen k čepu na nosném oplechování pomocí kluzného ložiska. Jedno ložisko je uloženo přímo do jăklu. Druhé se prvně zasadí do montážního prvku (Obrázek 37), který je při montáži přišroubován k pedálu. Pedál je axiálně zajištěn podložkou a závlačkou.



Obrázek 36: Nášlapný pedál



Obrázek 37: Montážní prvek pedálu

4.8. Svrchní oplechování

Tato část slouží k uzavření celého mechanismu. Jedná se o ohýbaný plech, doplněný o servisní dvířka (Obrázek 38). Dvířka umožňují vhléd do hotového systému, což je nutné v poslední části montáže. Dvířka mohou zároveň posloužit při provozu. Servisní pracovník se může do celého systému podívat v terénu a až na základě prvotního pozorování určit závažnost oprav. Dvířka jsou rovněž z plechu a jsou vybavena bezpečnostním zámkem.



Obrázek 38: Oplechování

5. Vybrané konstrukční výpočty

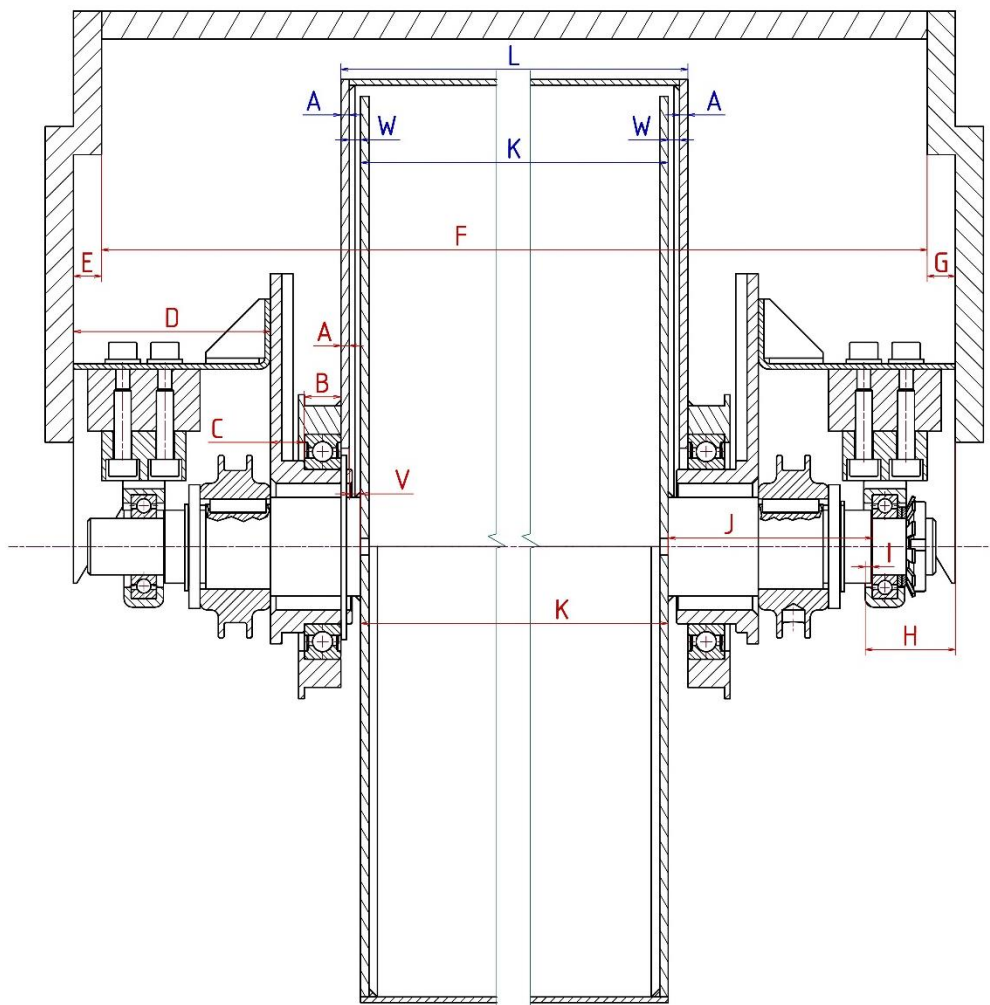
V této kapitole jsou uvedeny konstrukční výpočty vybraných konstrukčních uzlů.

5.1. Rozměrový obvod sestavy

Pro správnou funkci mechanismu je nezbytné zajistit smontovatelnost sestavy. Pro ověření se používají rozměrové obvody. Jedná se o soubor rozměrů, které na sebe navazují a vytváří tak uzavřený obvod. Kontrolovaný rozměr se nazývá zavírací člen a zpravidla se jedná o vůli. Zavírací člen musí být větší než součet jednotlivých výrobních vůlí rozměrů tvořících obvod. [19] Nižší uvedená rovnice představuje podmínku realizovatelnosti.

$$T_{A_{\Delta}} \geq \sum_{i=1}^n T_{A_i} \quad (1)$$

Levá strana rovnice reprezentuje uzavírací člen, pravá pak sumu tolerancí jednotlivých rozměrů. V následujícím schématu (Obrázek 39) jsou uvedeny dva rozměrové obvody s jednotlivými rozměry. Přesněji je pak toto schéma přiloženo k práci formou výkresu ve větším a zřetelnějším formátu. Rozměry jsou zpracovány v tabulkách



Obrázek 39: Schéma rozměrového obvodu

Tabulka 1: Hodnoty členů prvního rozměrového obvodu

	Součást		Rozměr [mm]	Tolerance	Hodnota [mm]	Rozměr tol. pole [mm]
A	Tloušťka plechu víka	←	3	výrobní	± 0,11	0,22
B	Ložisko	←	13	-	0	0
C	Průchozí člen	←	12	všeobecná	±0,2	0,4
D	Spojení bubnu a rámu	←	70	všeobecná	±0,3	0,6
E	Rámová konstrukce	→	28	všeobecná	±0,2	0,4
F	Oplechování	→	524	tolerance na výkrese	±0,3	0,6
G	Rámová konstrukce	→	28	všeobecná	±0,2	0,4
H	Předepsaná tolerance kontrolováno při montáži	←	32	tolerance na výkrese	±0,1	0,2
I	Domek pro ložisko	→	2,5	-	0	0
J	Čep vnitřního bubnu	←	72,5	tolerance na výkrese	±0,1	0,2
K	Plech vnitřního bubnu	←	376	tolerance na výkrese	±0,3	0,6
V	Vůle mezi bubny		4	Suma tolerancí:		3,62

Z rovnice (1) a hodnot z výše uvedené tabulky (Tabulka 1) určíme celkovou sumu všech tolerancí, pro první rozměrový obvod.

$$\sum_{i=1}^n T_{A_i} = A + B + C + D + E + F + G + H + I + J + K =$$

$$= 0,22 + 0,4 + 0,6 + 0,4 + 0,2 + 0,2 + 0,6 = 3,62 \text{ mm} \leq V = 4 \text{ mm}$$

Podmínka realizovatelnosti je v prvním případě splněna.

Tabulka 2: Hodnoty členů druhého rozměrového obvodu

	Součást		Rozměr [mm]	Tolerance	Hodnota [mm]	Rozměr tol. pole [mm]
A	Tloušťka plechu víka	←	3	výrobní	± 0,11	0,22
L	Plech vnějšího bubnu	→	390	tolerance na výkrese	±0,3	0,6
A	Tloušťka plechu víka	←	3	výrobní	±0,11	0,22
K	Plech vnitřního bubnu	←	376	tolerance na výkrese	±0,3	0,6
W	Vůle mezi bubny		4	Suma tolerancí:		1,64
2xW	Celková vůle		8			

Z rovnice (1) a hodnot z výše uvedené tabulky (Tabulka 2) určíme celkovou sumu všech tolerancí, pro druhý rozměrový obvod.

$$\sum_{i=1}^n T_{A_i} = A + L + A + K = 0,22 + 0,6 + 0,22 + 0,6 = 1,64 \text{ mm} \leq V = 8 \text{ mm}$$

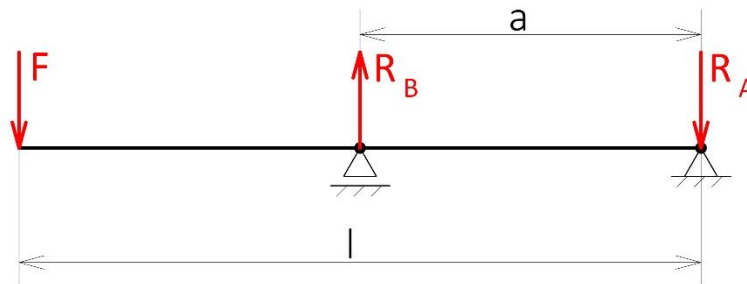
Podmínka realizovatelnosti je i v druhém případě splněna.

5.2. Pevnostní výpočet nášlapného pedálu

Kritické zatížení nášlapného pedálu může vznikat ve dvou případech. Při prvním vzniká zatížení v horní úvrati, tj.: když je pedál zajištěn elektronickým zámek. Pokud se v tuto chvíli na pedál někdo postaví vznikne značné namáhání jak pedálu, tak samotného čepu. Čep je v tento moment namáhán na střih, pedál na ohyb. Podobné zatížení by vznikalo při odemčení mechanismu, při poloze pedálu v dolní úvrati. Tohoto zatížení bylo možné se konstrukčně zbavit vybavením pedálu dorazy tak, aby se v dolní úvrati dotkl země. Při zatížení pedál nebude ohýbán, jelikož bude v místě zatížení ze spodu podepřen.

5.2.1. Kontrola pedálu na ohyb

Konstrukci pedálu je možné zjednodušit na kloubově uložený nosník s posuvně uloženou kloubovou podpěrou uprostřed (Obrázek 40). Zatěžovací síla je uvažována hmotnost 100 kg. Nosníky jsou dva, zátěžnou síla tvoří pouze poloviční síla, tedy 490,5 N.



Obrázek 40, Schématický model pro výpočet ohybového napětí

$$y: R_B - R_A - F = 0 \quad (2)$$

$$M_A: F \cdot l - R_B \cdot a = 0 \quad (3)$$

$$R_B = \frac{l}{a} \cdot F = \frac{0,6}{0,3} \cdot 490,5 = 981 \text{ N}$$

$$R_A = R_B - F = 1962 - 490,5 = 1471,5 \text{ N}$$

Zajímá nás maximální ohybový moment, který se bude nacházet právě v místě podpěry B.

$$M_{omax} = F \cdot a = 490,5 \cdot 0,3 = 147,15 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (4)$$

Pro výpočet ohybového napětí musí být známá hodnota průřezového modulu v ohybu. Pro čtvercový jákl se vypočte z následujícího vztahu, [20] kde a je vnější a b vnitřní šířka jáklu v milimetrech.

$$W_o = \frac{a^3}{6} - \frac{b^3}{6} = \frac{25^3}{6} - \frac{19^3}{6} = 1461 \text{ mm}^3 \quad (5)$$

Ohybové napětí získáme ze vztahu:

$$\sigma_{omax} = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{147,15 \cdot 10^3}{1461} = 100,7 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (6)$$

Při prostém ohybu vzniká jednoosé napětí. Pevnostní podmínka má v tomto případě tvar. [21]

$$\sigma_{omax} \leq \sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad (7)$$

Pro ocel 11 523 je hodnota meze kluzu rovna 345 Nmm^{-2} . [22] Pro zvolenou bezpečnost $k = 3$ určíme po dosazení do rovnice (7) platnost pevnostní podmínky.

$$100,7 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq \frac{345}{3} = 115 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Pevnostní podmínka pro namáhání ohybem je splněna.

5.2.2. Kontrola čepu elektronického zámku na stříh

Z předchozí kapitoly víme, že podpora pro ohýbaný nosník v horní úvratí musí vytvořit danou silovou reakci. Ta je zprostředkována právě čepem elektronického zámku. Čep je tedy namáhán na stříh, je tedy nutné v něm určit smykové napětí. Smykové napětí určíme ze vzorce: [23]

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \quad (8)$$

Za F dosazujeme z předchozí kapitoly hodnotu $R_B = 981 \text{ N}$. Průměr čepu $d = 12,5 \text{ mm}$. Po dosazení tedy dostaneme smykové napětí.

$$\tau_s = \frac{4 \cdot R_B}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 981}{\pi \cdot 12,5^2} = 7,99 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Následně ověříme platnost pevnostní podmínky. [21]

$$\tau_s \leq \tau_{sD} = 0,6 \cdot \frac{R_e}{k} \quad (9)$$

Pro hodnoty $R_e = 345 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ a $k = 3$ má podmínka po dosazení následující tvar.

$$7,99 \text{ Nmm}^{-2} \leq 0,6 \cdot \frac{345}{3} = 69 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Pevnostní podmínka pro namáhání stříhem je splněna

6. Ekonomické zhodnocení návrhu

Do ekonomického zhodnocení je započítán pouze materiál na výrobu součástí a kupované součásti, jako například tenzometrický člen, či spojovací materiál.

Velká část konstrukce je tvořena plechy šířky jeden, dva a tři milimetry. Pro jednotlivé tloušťky plechu jsou níže uvedené tabulky (Tabulka) s plochou jednotlivých součástí.

Tabulka 3 Celkové plochy jednotlivých plechů

Plech tloušťky 1 mm		
Součást	Kusů	Plocha [m ²]
Držák el. zámku	3	0,02
Aretační člen	1	0,01
Celková plocha		0,07
Plech tloušťky 2 mm		
Součást	Kusů	Plocha [m ²]
Rámová konstrukce	2	0,63
Spojení bubnů a rámu	2	0,03
Vnější buben	1	0,2
Vnitřní buben	1	0,19
Oplechování	1	1,3
Celková plocha		3,01
Plech tloušťky 3 mm		
Součást	Kusů	Plocha [m ²]
Bočnice vnitřního bubnu	2	0,05
Bočnice vnějšího bubnu	2	0,03
Celková plocha		0,16



Následující tabulka je sumací jednotlivých cen za kus, či za jednotku rozměru, vynásobenou počtem kusů, nebo určujícím rozměrem.

Tabulka 4, Souhrnná cena materiálu a kupovaných součástí

Součást		Počet [kusů/ m/ m ²]	Cena jednotku [Kč]	Celková cena [Kč]
Tenzometrický člen		2 ks	1118	2236
Ložiska	Vnitřní	2 ks	286	572
	Vnější	2 ks	744	1488
	Kluzná	2 ks	33	66
Domek pro ložisko vnitřní		2 ks	320	640
Elektronický zámek		3 ks	990	2970
Plech	1 mm	0,07 m ²	243	17,01
	2 mm	3,01 m ²	384	1155,84
	3 mm	0,16 m ²	575	92
	Pochozí	0,08 m ²	823	65,84
Jákl čtvercový		1,8 m	48	86,4
Další vyráběné díly		Odhadovaná cena materiálu		1500
Spojovací součásti		Odhadovaná cena		2500
Celková cena materiálu				13 389,1
Celková cena s 30% rezervou				17 405,8

Cena za materiál a nakupované součásti by při započtení 30% rezervy neměla přesáhnout 17 500,- Kč.

7. Závěr

Dle navržených parametrů byla zpracována vhažovací šachta podzemního kontejneru s možností vážení vhozeného odpadu. Návrh vyplývá ze zadání a je kompatibilní se zadanou pochozí deskou s přípojovací přírubou společnosti MEVA. Splňuje podmínky nášlapného pedálu, elektronického zamykání mechanismu i vážení vhozeného odpadu. Při celé realizaci bylo dbáno na jednoduchost návrhu a zároveň byla snaha používat normalizované díly, aby byl finální produkt co možná nejlevnější.

Při rešerši daného problému, vyšlo najevo že podobná konstrukce není přinejmenším v Evropě rozšířená. Jednotlivé aspekty práce se však v praxi objevují. Podzemní kontejnery jsou již běžnou praxí, na kterou můžeme narazit v řadě měst, a to v celé řadě provedení. Vážení odpadu sice není zdaleka tak rozšířené, ale již existují možnosti, jak takový úkon provést, například při svozu odpadu. Samotné spojení obou konstrukčních prvků však zatím není běžně používáno.

Po různých možnostech řešení, byl jako nejvhodnější zvolen mechanismus souosých bubnů. Hlavní problém spožíval v odizolování vnitřního bubnu od vnějších sil, které mohly ovlivnit přesnost měření. Po různých návrzích byl zvolen mechanismus pracující s aretací vnitřního bubnu tak, aby odpad zůstal uvnitř bubnu do té doby, dokud se kontejner neuzavře vnějším bubnem. Tím se docílí přesného měření bez ovlivnění vnějšími silami.

Při navrhování jednotlivých částí mechanismu bylo počítáno s kompatibilitou se zadanou pochozí deskou. To působilo občasné problémy, jako například nutnost nechat spodních 10 centimetrů plechového rámu bez osazení kvůli přírubě na pochozí desce. Stejně tak zdánlivě nelogické zúžení nášlapného pedálu je podřízeno zadané konstrukci. Jelikož příruba je vybaveny výřezy pro nášlapný pedál. Ty tím pádem definují šířku pedálu na užším konci. Avšak středem sloupku vede mechanismus sloužící k vysypání šachty při svozu, kterému je třeba se vyhnout. Právě z tohoto důvodu zde vzniká ono zúžení. Dalším důležitým a místy problémovým aspektem byla kompaktnost a jednoduchost řešení, tak aby byl mechanismus levně vyrobitelný a zároveň spolehlivý. Celý mechanismus je nutné vměstnat pouze po stranách sestavy, jelikož středem sloupku musí propadávat vhozený odpad.

Pro funkčnost návrhu bylo nutné spočítat rozměrový obvod hlavního mechanismu konstrukce, a sice sestavy bubnů, aby bylo možné sestavu smontovat i při nepříznivých výrobních vlnách na jednotlivých součástech. Zároveň bylo nutné pevnostně zkontrolovat namáhané části konstrukce. Nášlapný pedál byl kontrolován na ohyb. Čep elektronického zámku na stříh. Oboje v případě, že se při zamčeném stavu na pedál někdo postaví.

Seznam použité literatury

- [1] *BOTEK: Dynamic weighting system* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.botek.se/en/products/mobile-weighing/dynamic-bin-weighing/>
- [2] Dynamic bin weighting system. In: *Botek* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.botek.se/en/products/mobile-weighing/dynamic-bin-weighing/>
- [3] Podzemní kontejnery: vhozové šachty. *Podzemní kontejnery* [online]. MEVA, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <http://www.podzemni-kontejnery.cz/podzemni-kontejnery/vhozove-sachty>
- [4] Podzemní kontejnery. In: *Kladno: Město pro život* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://mestokladno.cz/podzemni-kontejnery/ds-200879>
- [5] Garbage police. In: *English forum* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.mondini-trading.com/img/products/underground/lugano-2.jpg>
- [6] Liftomat 5 manerba moro pierta 1. In: *Villinger: Distributore per l'Italia: MEDITERRANEO srl* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.villiger.it/REALIZZAZIONI.html>
- [7] Podzemní kontejnery: TOP. *Podzemní kontejnery* [online]. MEVA, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <http://www.podzemni-kontejnery.cz/podzemni-kontejnery/top>
- [8] Top_01. In: *Podzemní kontejnery: TOP* [online]. MEVA, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: http://www.podzemni-kontejnery.cz/images/podzemni-kontejnery/top_01.jpg
- [9] Podzemní kontejnery: GRUMBACH. *Podzemní kontejnery* [online]. MEVA, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <http://www.podzemni-kontejnery.cz/podzemni-kontejnery/system-grumbach>
- [10] Grumbach_01. In: *Podzemní kontejnery: GRUMBACH* [online]. MEVA, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: http://www.podzemni-kontejnery.cz/images/podzemni-kontejnery/grumbach_01.jpg
- [11] 008286o1. In: *Tzbinfo: Unikát jménem Klap aneb nejlehčí z podzemních kontejnerů* [online]. 2012 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0082/008286o1.png>
- [12] Box-grumbach. In: *Podzemní kontejnery: GRUMBACH* [online]. MEVA, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <http://www.podzemni-kontejnery.cz/images/podzemni-kontejnery/box-grumbach.jpg>
- [13] Csm_GTU-Entleerung-HH_874c0d80ef. In: *Geotainer* [online]. Bauer [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: https://www.geotainer.com/fileadmin/_processed_/csm_GTU-Entleerung-HH_874c0d80ef.jpg
- [14] Csm_GTU-KUBA-Kom-SRHH-Dringsheide-11_81eefab543. In: *Geotainer* [online]. Bauer [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: https://www.geotainer.com/fileadmin/_processed_/csm_GTU-KUBA-Kom-SRHH-Dringsheide-11_81eefab543.jpg
- [15] Underground Waste Storage System. *Merlin Industrial Products Ltd* [online]. Merlin Industrial Products, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.merlin->



- industrial.co.uk/environmental/waste-management/underground-waste-storage-system
- [16] 540052218_PPbin_PP-wysuniete.527. In: *EKOSORT: Pojemniki podziemne* [online]. Ekosort, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: https://www.ekosort.pl/files/dynamic/media/540052218_PPbin_PP-wysuniete.527.jpg
- [17] *Physikalisch - Technische Bundesanstalt* [online]. , 1-6 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: https://www.profivahy.cz/fotky506/fotov/_ps_1269L6D8.pdf
- [18] EB16Va. In: *TFE elektronika* [online]. 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://tfe.cz/data/products/EB16Va.jpg>
- [19] SLANEC, Karel. *Strojírenské konstruování: geometrická přesnost výrobků: příklady*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 3 sv. ISBN 978-80-01-04402-5.
- [20] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017, xv, 943 s. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [21] MICHALEC, Jiří. *Pružnost a pevnost I*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 308 s. ISBN 978-80-01-04224-3.
- [22] *Nelegovaná konstrukční jemnozrnná ocel vhodná ke svařování 11 523* [online]., 1-5 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: https://www.techportal.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrODF32bS3UUhLt43w9y1W_Xp75N8MGgz73w
- [23] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003 dotisk, 174 s. ISBN 80-01-01934-9.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Konstrukce pochozí desky	8
Obrázek 2: Botek, Chasiss scale [2]	9
Obrázek 3: Botek, Tail lift scale [2]	9
Obrázek 4: Kontejnery v Kladně [4]	10
Obrázek 5: Kontejnery s pedálovým otevíráním [5]	10
Obrázek 6: Kontejnery firmy Villiner [6]	11
Obrázek 7: Uchycení modelu TOP firmy MEVA [8]	12
Obrázek 8: Madla u modelu Grumbach firmy MEVA [10]	13
Obrázek 9: Model s výklopnou pochozí deskou [11]	13
Obrázek 10: Šachta modelu Grumbach firmy MEVA [12]	13
Obrázek 11: Šachta firmy BAUER [13]	14
Obrázek 12: Otevírací mechanismus firmy BAUER [14]	14
Obrázek 13: Model kontejnerů firmy EKOSORT [16]	15
Obrázek 14: Schéma 1	17
Obrázek 15: Schéma 2	18
Obrázek 16, Schéma 2	18
Obrázek 17: Schéma 3	19
Obrázek 18: Schéma 4	20
Obrázek 19: Schéma 5	21
Obrázek 20: Schéma 6	22
Obrázek 21: Celkový cyklus	23
Obrázek 22: Svařenec vnitřního bubnu	24
Obrázek 23: Svařenec vnějšího bubnu	24
Obrázek 24: Sestava tenzometrického členu	25
Obrázek 25: Uložení bubnů	26
Obrázek 26: Axiálně pevné uložení vnitřního bubnu	26
Obrázek 27: Průchozí uchycení	27
Obrázek 28: Sevření dělenou přírubou	27
Obrázek 29: Axiálně pevné uložení vnějšího bubnu	27
Obrázek 30: Plechové svařence	28
Obrázek 31: Prvek spojující bubny a plechové svařence	29
Obrázek 32: Aretovací čep a jeho uložení	30
Obrázek 33: Konstrukce usměrňující pohyb lanka	30
Obrázek 34: Elektronický zámek EB16V [18]	31
Obrázek 35: Plechové uchycení zámku	31
Obrázek 36: Nášlapný pedál	32
Obrázek 37: Montážní prvek pedálu	33
Obrázek 38: Oplechování	34
Obrázek 39: Schéma rozměrového obvodu	35
Obrázek 40, Schématický model pro výpočet ohybového napětí	37

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnoty členů prvního rozměrového obvodu	36
Tabulka 2: Hodnoty členů druhého rozměrového obvodu	36
Tabulka 3: Celkové plochy jednotlivých plechů	369
Tabulka 4: Souhrnná cena materiálu a kupovaných součástí.....	40

Papírové přílohy

Šachta podzemního kontejneru – sestavný výkres
Rozměrové obvody – schéma

Elektronické přílohy

3D model sestavy