



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Návrh optimalizace a konstrukce zařízení pro měření hmotnosti
dojeného mléka

Autor práce: Bc. Vít Bartůšek
Vedoucí práce: Mgr. Zbyněk Havelka, Ph.D.
Konzultanti práce: Mgr. Vladimír Vochozka, Ph.D.
Ing. Radim Kuneš

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá optimalizací konstrukčního řešení zařízení pro měření hmotnosti nádoje dojných krav tzv. hmotnostního průtokoměru. Prvotní návrh, vývoj a testování v laboratorních a poloprovozních podmínkách zmíněného přístroje bylo provedeno pracovníky Katedry dopravní a manipulační techniky zemědělské fakulty. Na základě zjištěných poznatků byly autorovi práce výše zmíněnými pracovníky sděleny podněty, které by z konstrukčního hlediska zefektivnili celkovou funkčnost přístroje. Tyto podněty autor detailně analyzoval a na základě své tvůrčí činnosti navrhl k úpravě.

Modely jednotlivých komponent zařízení byly vytvořeny za pomoci CAD 3D počítačového modelování v programu SolidWorks v bezplatné studentské verzi. Následně byly vytištěny na 3D tiskárně, sestaveny a testovány v laboratorních podmínkách.

Diplomová práce je tvořena literární rešerší z oblasti dojení, welfare dojnic, měřením hmotnosti nádoje, CAD 3D modelováním a 3D tiskem. Praktická část obsahuje pracovní postup tvorby a sestavení modelu a následné laboratorní testování funkčnosti prototypu. V příloze práce je uvedena technická dokumentace.

Klíčová slova: automatizace dojení; měření hmotnosti nádoje; 3D modelování; CAD; 3D tisk

Abstract

The diploma thesis focuses on construct process optimization of measuring the weight of milking dairy cows, the so-called mass flow meter. The initial proposal, development and testing in laboratories in restricted working circumstances of the aforementioned machine were done by employees of the Department of agricultural, machinery and services at the Faculty of Agriculture. Based on the evidence provided by them to the author of this paper, there were suggestions that would make the overall functionality more effective from the constructional perspective. The author analysed the suggestions in detail and based on his creativity he recommended adjustments.

Models of individual facility components were made with help of CAD 3D computer modelling in the free student version of SolidWorks program. Consequently, they were printed using the 3D printer, constructed and tested in laboratories.

The diploma paper consists of literary recherche from the milking field, welfare milch cow, measuring the weight of milking dairy cows, CAD 3D modelling and 3D print. The practical part includes the working process of creating, model construction, consequent laboratory testing and prototype functionality. Technical documentation is enclosed.

Keywords: milking automatization; measuring the weight of milking dairy cows; 3D modelling; CAD; 3D print.

Poděkování

Děkuji vedoucímu své diplomové práce Mgr. Zbyňkovi Havelkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Velmi děkuji Ing. Radimovi Kunešovi, Mgr. Vladimíru Vochozkovi, Ph.D. a Mgr. Radimovi Stehlíkovi za vstřícnost, ochotu a pomoc při psaní mé diplomové práce. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu po celou dobu studií.

Obsah

Úvod.....	8
1 Teoretická část	9
1.1 Produkce mléka	9
1.1.1 Složení mléka	9
1.1.2 Chovaná plemena skotu	11
1.2 Technologie dojení	12
1.2.1 Části dojícího zařízení.....	12
1.3 Dojírny.....	15
1.3.1 Stacionární dojírny	16
1.3.2 Rotační dojírny.....	17
1.3.3 Dojící automaty.....	18
1.4 Welfare a hygiena dojení.....	22
1.4.1 Welfare.....	22
1.4.2 Hlavní rizika životní pohody.....	23
1.4.3 Hygiena dojení	23
1.5 Měření hmotnosti nádoje.....	24
1.5.1 Hmotnostní průtokoměry	24
1.6 CAD 3D modelování.....	25
1.6.1 Rozdělení CAD systémů	26
1.6.2 SolidWorks.....	27
1.7 FDM/FFF 3D tisk.....	29
1.7.1 Komponenty FDM/FFF tiskárny.....	31
1.7.2 Profi 3D Maker	33
1.7.3 Original Prusa i3 MK3S+	35
2 Cíl práce a metodika zpracování	37

3	Praktická část	38
3.1	Tvorba 3D modelu zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka	40
3.1.1	Kryt	41
3.1.2	Destička.....	44
3.1.3	Dávkovač.....	45
3.1.4	Těsnění	46
3.1.5	Tělo zařízení.....	47
3.1.6	Výlevka	50
3.1.7	Sestava zařízení.....	52
3.2	3D tisk	53
3.3	Parametry 3D modelu zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka	54
3.4	Sestavení zařízení	54
4	Ověření zařízení laboratorním měřením	55
5	Diskuse.....	56
	Závěr	57
	Seznam použité literatury.....	58
	Seznam obrázků	64
	Seznam tabulek	66
	Seznam zkratk	67

Úvod

V současné době se v zemědělství dostává ke slovu robotizace, automatizace a používání nových technologií při všech úkonech v živočišné výrobě. Toto všechno nazýváme zemědělství 4.0. Při snaze o zvýšení rentability, efektivity, a hlavně kvality živočišných výrobků a welfare zvířat se hledají nové cesty, způsoby a techniky, jak ještě zdokonalit výrobní postupy a prováděné činnosti. Je snaha o zavádění automatizace v procesech, které donedávna vyžadovali nepřetržitý dohled lidských pracovníků a jejich často fyzicky namáhavou práci. Jedním z případů je automatizované dojení, které se v posledních letech dostává v moderních formách ke slovu. Přináší mnoho výhod, jako je nepřetržitá práce jen s minimálním dohledem malého počtu proškolených pracovníků, čímž způsobuje zvýšení efektivity a také zisků. Jeho cena je však značně vysoká, a proto se vyplatí pouze pro početná stáda dojnic.

Velký důraz je kladen na zpřesňování údajů týkajících se dojení mléka. Tyto údaje napomáhají nejen k vyšší kvalitě finálního produktu, ale také k lepšímu přehledu o zdravotním stavu dojnic a případnému včasnému zásahu a začátku léčby. Jedním z těchto parametrů je i detailní monitoring nádoje od jedné dojnice. Proto je snaha o zdokonalování způsobů měření a také vylepšování přístrojů tuto činnost provádějících.

Moderní výzkumné a vývojové kapacity se neobejdou bez metod počítačového modelování ve 3D programech. Jsou také využívány nové druhy materiálů, zejména plasty. Při vývoji a tvorbě prototypů jsou klasické výrobní procesy jako je soustružení, frézování či broušení stále více nahrazovány 3D tiskem jenž přináší značné zlevnění, zrychlení a usnadnění celého vývoje. Oproti strojnímu obrábění má 3D tisk výhodu zejména v možnosti vyrobit každou jednu součást v originálním tvaru a konstrukci bez zdlouhavých a ekonomicky náročných změnách výrobních postupů. Výhodou je také možnost tisknout jednu součást z více druhů plastů. 3D tisk je tedy ideální způsob pro výzkum a vývoj prototypů.

Všechny tyto okolnosti se staly základem pro tuto diplomovou práci s názvem „Návrh optimalizace a konstrukce zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka“. Jejímž cílem je navržení, vytvoření a ověření technických řešení pro optimalizování a vylepšení zařízení pro měření hmotnosti nádoje.

1 Teoretická část

1.1 Produkce mléka

Mléko vzniká činností jednovrstvého epitelu žláznaté tkáně v alveolách mléčné žlázy. Tvoří se ze specifických látek, jež se krví transportují z trávicí soustavy dojnice. Je třeba, aby vemenem proteklo až 500 litrů krve, na vytvoření jednoho litru mléka (Frelich, 2011).

Mléčná žláza je největší žláza s vnější sekrecí. Patří mezi sekundární pohlavní znaky se vztahem k pohlavnímu cyklu. Při tomto cyklu dochází k významným strukturním změnám. Mléčná žláza se skládá z pojivové, tukové a žláznaté (sekreční) tkáně. V období laktace dosahuje podíl sekreční tkáně až 80 % (Strapák, 2013).

Mléčná žláza vytváří z anatomického hlediska jednotný orgán nazývaný vemeno (Strapák, 2013). Skot má vemeno se čtyřmi struky tvořící jeden celek. Tyto struky však nejsou navzájem spojené. Podélná brázda odděluje pravou a levou stranu vemene. Aktivní část mléčné žlázy tvoří alveoly o průměru 0,1 až 0,3 mm, které jsou vnitřně vystlané jednovrstvým epitelem z mlékotvorných sekrečních buněk. V těchto alveolách probíhá selekce a přestavba živin získaného z krmiva a přivedených krví na jednotlivé složky mléka (Urban, 1997).

V prvních pěti dnech po narození telete produkuje mléčná žláza dojnice tekutinu nazvanou mlezivo, až následně je produkováno samotné mléko (Strapák, 2013).

1.1.1 Složení mléka

Mléko je tekutý sekret obsahující živiny, které jsou nezbytné pro růst a vývoj telete (Haug et al., 2007; Javaid et al., 2009). Jeho barva je bílo krémová a neprůhledná díky obsahu tuku, kaseinu a částečně nerozpustnému fosforečnanu vápenatému. Lehký nádech žlutého odstínu je způsobený karotenoidy a vitamínem B2. Nemá výraznou vůni, ta většinou souvisí se znečištěním. Laktóza obsažená v mléce má za následek nasládlou chuť, která se váže na již zmíněnou laktózu a také na tuk. Chuť mohou ovlivňovat některé látky z krmiva podávaného dojnicím. Vysoký obsah vody má za následek tekutou konzistenci mléka ($875 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$) (Grieger et al., 1990). Hlavními složkami mléka jsou zejména voda, lipidy, proteiny, aminokyseliny, vitamíny a minerály (tabulka č.1) (Haug et al., 2007; Javaid et al., 2009).

Tabulka 1: Složení kravského mléka (Bouška et al., 2006)

Složky mléka	Jednotky	Množství
Voda	%	88
Laktóza	%	5
Celkový protein	%	3,3
Kasein	%	2,7
Tuk	%	3,7
Sodík	mmol·l ⁻¹	21,8
Hořčík	mmol·l ⁻¹	4,1
Vápník	mmol·l ⁻¹	30
Fosfor	mmol·l ⁻¹	32,3
Železo	mmol·l ⁻¹	29,5
Vit. A	mmol·l ⁻¹	1,4 – 1,8
Vit. E	mmol·l ⁻¹	840

Dále pak obsahuje nukleotidy, cytokiny, růstové faktory, hormony, imunoglobuliny, peptidy, polyamidy, enzymy a další bioaktivní peptidy. Lipidy jsou v mléce emulgovány v globulích, které jsou potažené membránami. Jako micely jsou proteiny v koloidních disperzích. Kaseinové micely se pak vyskytují jako koloidní komplexy solí, proteinů a především vápníku (Haug et al., 2007; Javaid et al., 2009).

Obsah jednotlivých složek v mléce ovlivňuje mnoho faktorů. Množství mléčných bílkovin, tuku a celková užitkovost závisí zejména na: plemenné příslušnosti, dědičnosti, výživě, ročním období, průběhu laktace, stáří dojnice, denní době, délce

doby stání na sucho, věku při prvním otelení, živé hmotnosti dojnice, nemoci mléčné žlázy a také na způsobu dojení a ošetřování dojnic (Frelich et al., 2001).

Fyzikální vlastnosti mléka

Měrná hmotnost mléka je závislá na látkách v něm obsažených. Se zvyšujícím se obsahem tuku klesá jeho hmotnost, a naopak čím vyšší je obsah bílkovin, laktózy a minerálních látek, tím je jeho hmotnost vyšší. Průměrná hmotnost mléka se pohybuje v rozsahu od 1,0290 do 1,0330 g·cm⁻³. Mléko má velmi konstantní bod mrznutí, a to -0,54 °C až -0,57 °C. Tento bod souvisí se stálostí osmotického tlaku mléka. V praxi je využíván na kryoskopické měření teploty mrznutí mléka pro vyšetřování zvodnění mléka. Čím vyšší je obsah vody v mléce, tím vyšší je i bod mrznutí. Zvyšováním kyselosti mléka se bod mrznutí snižuje. Důsledkem obsahu bílkovin má mléko nižší povrchové napětí než voda. Za teploty 20 °C má povrchové napětí od 45·10⁻³ do 48·10⁻³ N·m⁻¹. Existuje nepřímá úměra mezi hodnotou teploty mléka a hodnotou povrchového napětí. Naopak mezi hodnotou obsahu tuku a hodnotou povrchového napětí je úměra přímá. Elektrická vodivost roste se zvyšující se kyselostí mléka. Obsah bílkovin má za následek i nižší povrchové napětí, které souvisí s pěněním mléka, které je větší než pěnění vody. Mléčná pěna je špatným vodičem tepla, proto může ztížit správný průběh pasterizace. Odstředěné mléko tvoří velké množství pěny (Grieger et al., 1990).

1.1.2 Chovaná plemena skotu

Český strakatý skot

Český strakatý skot náleží do skupiny simenských plemen, která jsou celosvětově rozšířena a využívána pro své široké využití a dobré vlastnosti. Chovným cílem tohoto plemene je vysoká produkce kvalitního masa a mléka. Mléčná užitkovost tohoto plemene je 6 000 až 7 500 kg mléka u prvoroďiček a 7 500 až 8 500 kg mléka u starších krav s obsahem tuku 4 až 4,1 % a bílkovin nad 3,6 % (Svaz chovatelů českého strakatého skotu, 2008). Toto plemeno bylo vyšlechtěno ve 30. letech kromě produkce masa a mléka také pro tažné práce na polích. S příchodem mechanizace po druhé světové válce ztratilo význam užívání tohoto plemene na tažné práce, a proto se již používalo jen na produkci masa a mléka. V České republice se od roku 1971 provádělo zušlechťovací křížení tohoto skotu s červenou variantou holštýnského skotu. Toto křížení přineslo mírné zvýšení mléčné užitkovosti (Skládanka, 2014).

Holštýnský skot

Holštýnský skot se vyšlechtil v Evropě ze směsice populací bílého a černého skotu v jedno černobílé plemeno. Chovatelé začali tento skot specializovat na jednostrannou mléčnou užitkovost s dobrou dojitelností a také s dobrou pastevní schopností. Postupem času byl též zvětšován jeho tělesný rámec.

V současné době je toto plemeno nejprošlechtěnější na mléčnou užitkovost, která se v USA a Kanadě pohybuje i přes 10 000 kg s průměrným obsahem tuku 3,2 %. Průměrná kohoutková výška u holštýnského plemene je přes 140 cm a živá hmotnost jednoho kusu okolo 700 kg. Toto plemeno je minimálně osvalené, má plošší hrudník, pevné končetiny a výrazné kyčle. Jeho vemeno je dlouhé, široké s plochým přechodem na pupeční stěnu a vzadu je pevně upnuté. Pro holštýnský skot je typická černostrakatá barva s bílými znaky na těle (Frelich et al., 2011).

1.2 Technologie dojení

Princip dojení spočívá v přerušovaném odsávání mléka ze struků pomocí podtlaku. Cílem je co nejvíce napodobit sání telete současnou masáží struků a tvorbou podtlaku. Celý proces zajišťuje dojící stroj skládající se z velkého počtu jednotlivých částí, z nichž hlavní jsou strukový násadec, pulzátor, vývěva, která vyvíjí podtlak a pak také sběrné místo mléka. Nejčastěji se jedná o konev či tank (Kadlec et al., 1969).

1.2.1 Části dojícího zařízení

Dojící souprava

Hmotnost dojící soupravy výrazně ovlivňuje kvalitu a rychlost dojení. Vyšší hmotnost dojící soupravy má při ručním dojení za následek větší fyzickou námahu dojiče, ale také způsobuje riziko sklouznutí dojící soupravy z mléčné žlázy. U současných dojících souprav se hmotnost pohybuje mezi 1,5 až 3,5 kg. Toto zařízení je složeno ze strukového násadce a sběrače (rozdělovače) (Příkryl, 1997).

Svazky hadic v dojící soustavě jsou uspořádány tak, aby vyvolávaly mírný dopředný tah a tím výrazně zlepšovaly rozložení tíhových sil. Toto opatření je nutné z důvodu nutnosti rovnoměrného a důkladného vydojení všech čtvrtí mléčné žlázy. Poněvadž typicky utvářená mléčná žláza má zadní struky položené níže než ty přední, a proto by bez tohoto opatření docházelo k rychlejšímu vydojování předních struků (Kratochvíl et al., 1988).

Strukový násadec

Strukový násadec tvoří pouzdro, struková návlečka a krátká mléčná hadice. Pouzdro je konstruováno jako pevný kryt a slouží pro uchycení strukové návlečky. Obvykle se vyrábí z plastu, nerezové oceli, či kombinací obou materiálů. Jedná se o těleso válcovitého nebo kaskádovitě odstupňovaného tvaru. Cílem pouzdra je snížení objemu mezistěnné komory (Andrt, 2011).

Struková návlečka se vyrábí obvykle z pryže či silikonového hygienicky nezávadného materiálu. Je to pružná vložka pouzdra strukového násadce. Je složena z hlavice a těla, v některých případech jsou tyto dvě části spojeny krátkou mléčnou hadicí. Hlavice strukové návlečky slouží k usnadnění nasazování na struky, zabránění zaškrcování struku a také zabraňuje přísávání atmosférického vzduchu. Strukové návlečky se dělí podle tvaru na kuželové (konické), válcové a tvarové (Kadlec et al., 1969).

Sběrač

Sběrač se nachází mezi krátkými mléčnými hadicemi a mléčným potrubím. Jedná se o součástku, se čtyřmi ústími, na které se nasazují šikmo zakončené krátké mléčné hadice. Tímto zakončením se zajistí uzavření přívodu podtlaku při spadnutí strukového násadce. Běžně jsou využívány sběrače s objemem od 250 do 450 ml. Většina sběračů disponuje rozdělovačem, který slouží pro rozdělení pulzačního podtlaku mezi jednotlivé krátké podtlakové hadice. Ve zbylých případech je rozdělovač jako samostatné zařízení (Přikryl et al., 1997).

Mléčné a podtlakové hadice

Mléčné hadice slouží k propojení dojící soupravy a konve nebo přípojkou dvojuzávěru k potrubí. Vnitřní průměr mléčných hadic se obvykle pohybuje v rozmezí od 13 do 16 mm. Podtlakové hadice mají za úkol spojit podtlakové potrubí s pulzátozem, rozdělovačem pulsního tlaku a také s mezistěnnými komorami strukových násadců. Tyto hadice disponují vnitřním průměrem zpravidla od 8 do 11 mm (Přikryl et al., 1997).

Pulzátor

Pulzátor se řadí mezi základní části dojícího stroje nebo automatu. Jeho činnost má zásadní vliv na kvalitu a rychlost dojení. Vytváří pulzující tlak, jenž je přiváděn do mezistěnných komor strukových násadců. Změny tlaku v komorách vyvolávají střídavě stisk a sání podobné jako při pití telete. Při fázi sání se ze struků odvádí mléko.

Pulzátory dělíme na synchronní a asynchronní a podle pohonu na pneumatické, hydropneumatické nebo elektromagnetické (Příkryl et al., 1997). Pulzátory mohou být společné pro více dojících strojů (ústřední) či zvláště pro každý jednotlivý dojící stroj (individuální). Další dělení je podle mechanické části vykonávající práci uvnitř pulzátorů na pístové, membránové nebo ventilové (Andrt, 2011).

Vzdušník

Jedná se o nádobu válcovitého tvaru s odklopným víkem nebo klapkou ve spodní části. Vzdušník slouží ke krátkodobému vyrovnávání podtlaku v podtlakovém potrubí. Jeho další funkcí je ochrana vývěvy před poškozením. Shromažďují se v něm nečistoty vniknuté do podtlakového potrubí (mechanické nečistoty, čisticí a dezinfekční prostředky či mléko). Objem vzdušníku je odvozen od počtu dojících souprav (Andrt, 2011).

Vývěva

Účelem vývěvy je vytváření podtlaku pro dojení, dopravu mléka a pro činnost dalších zařízení jako jsou: snímání dojící soupravy, popřípadě i ovládání pohyblivých zábran u dojících stání. Je to jeden ze základních strojních prvků dojícího zařízení (Příkryl et al., 1997). Zpravidla vytváří podtlak 40 až 42 kPa. V dojících zařízeních se nejčastěji používají rotační lopátkové vývěvy, vývěvy s rotujícími písty nebo vodokružné vývěvy. Celé soustrojí bývá umístěno vně dojírny z důvodu snížení akustického tlaku (Andrt, 2011).

Regulační ventil

Regulační ventily obecně slouží k udržení předem stanovené hodnoty tlaku či podtlaku. U dojících strojů mají za úkol regulovat podtlak na nejvyšší přípustnou hodnotu 50,66 až 53,32 kPa. Při vyšší hodnotě by mohl být vyvinutý podtlak nebezpečný pro dojnici (Kadlec et al., 1969). Ventil by měl pracovat s odchylkou $\pm 3\%$. Používají se ventily v několika technických provedeních (Andrt, 2011).

Ventily mohou být v provedení: ventil s pružinou regulovaný stavěcí matkou, ventil využívající moment síly (většinou je takový ventil regulovaný závažím na páce), či ventil regulovaný závažím umístěným přímo na dřívku ventilu (Andrt, 2011).

Konve a chladicí nádrže (tanky)

Dojení do konví se používalo zejména v počátcích strojního dojení. Konev je při dojení umístěna v těsné blízkosti zvířete u stání. Každá konev při procesu dojení obsluhuje

jednu dojnici. V současné době se dojení do konví používá v chovech s nízkým počtem dojnic.

Oproti dojírnám má dojení do konví výhodu zejména ve velmi nízké pořizovací ceně, v nízkých provozních nákladech a jednoduché obsluze. Nevýhodou dojení do konví je nemožnost využití automatizačních prvků (snímání dojících struků, měření mléka apod.), nutnost fyzické práce při vylévání a přenášení konví, pomalý proces výměny dojícího stroje mezi kravami a trvalá přítomnost obsluhy během dojení (Kamír, 2019).

V chovech s větším počtem dojnic se pro skladování a chlazení mléka v současné době nejčastěji používají chladicí tanky. Mléko se v nich po nadojení chladí na teplotu 6 °C až 8 °C (Adamcová et al., 2019).

Většina tanků se vyrábí z nerezové oceli. Jejich objem se pohybuje v rozmezí od 100 l až po několik tisíc l. Tanky jsou vybaveny mícháním pro lepší homogenizaci tuků. Míchání také umožňuje vychlazení celého objemu na stejnou teplotu. Tato chladicí zařízení jsou opatřena řídicími a kontrolními systémy, které udržují stálou teplotu mléka, jeho míchání a měří i jeho množství (Selko, 2021).

1.3 Dojírny

Dojírnu se rozumí zvláštní místnost, která se nachází mimo ustájovací prostory. Je vybavena dojícím zařízením a popřípadě také zařízením pro dávkování jadrných krmiv (Andrt, 2011).

Moderní dojírny využívají velké množství elektroniky pro automatické řízení procesu dojení. Jejich úkolem je také automatický sběr a zpracování dat pro řízení chovu. Existuje dlouhodobá snaha o formulaci základních požadavků na parametry a konstrukci dojících zařízení. Postupem času byly sestaveny tři mezinárodní normy ISO (International Organization for Standardization) sloužící k sjednocení požadavků na konstrukci dojících zařízení. Tyto normy převzala i Česká republika do své ČSN (česká technická norma, nebo též neoficiální výklad: česká soustava norem) a jedná se konkrétně o normy:

- ČSN ISO 3918 Dojící zařízení – slovník,
- ČSN ISO 3918 Dojící zařízení – konstrukce a provedení,
- ČSN ISO 3918 Dojící zařízení – mechanické zkoušky.

O kvalitě samotného dojení rozhoduje zejména kvalita dojícího stroje, kvalita a úroveň automatizace jednotlivých pracovních operací a také pečlivost dojiče (Vegricht et al., 2005).

Při výběru nejvhodnější dojírny rozhoduje zejména průměrná užitkovost dojnice, velikost stáda dojených krav, dostupnost pracovních sil, záměr budoucího vývoje farmy a důležitý faktor, kterým je cenová dostupnost dojírny (Kic, 1998).

1.3.1 Stacionární dojírny

Jako stacionární se označují všechny typy dojíren, u kterých je dojící stání pevně spojeno se stavbou dojírny. Na jednotlivá stání si dojnice nastupují a z nich vystupují samy (Vegricht et al., 2008).

Paralelní dojírny

Paralelní dojírna, nebo též „side by side“ je uzpůsobena tak, že se dojnice řadí vedle sebe et almo k pracovní chodbě dojiče. Dojnice stojí zpravidla po obou stranách pracovní chodby. Strukové násadce jsou tak dojičem nasazovány mezi pánevními končetinami dojnice. Výhodami paralelní dojírny jsou kratší přechody dojiče a tím i vyšší efektivita jeho práce, výrazně kratší potrubí, menší obestavěná plocha a také větší bezpečnost práce (je eliminováno kopání krav). Nevýhodou tohoto druhu dojírny je poměrně vzdálené vemeno od hrany pracovní plochy a také to, že dojič nemá přehled o dojnicích. Pokud je v dojírně větší počet stání, je možné ji vybavit rychlým výstupem a tím zvýšit její výkonnost (Doležal, 2006; Příryl, 1997).

Hodinová průchodnost paralelní dojírny typu 2×16 stání s rychlým výstupem se uvádí v řádu od 110 až 116 dojnic a u typu 2×16 je to 142 až 158 dojnic při bezporuchovém provozu (Doležal et al., 2002).

Tandemové dojírny

Dojnice v tandemových dojírnách stojí za sebou a bokem k pracovní chodbě dojiče. Zvíře vstoupí do ohraničeného dojícího stání, až když jej opustila předchozí dojnice. Přínosem je, že zvíře není vyrušováno ani omezováno po celý proces dojení (Doležal et al., 1996).

Výhodou tohoto druhu dojíren je lepší přehled dojiče nad jednotlivými dojnicemi. Naopak nevýhodou jsou delší přechody dojiče od jednoho kusu ke druhému. Způsob výměny dojnic je prováděn automaticky, mechanicky či elektronicky samotným dojičem, tento způsob je však méně efektivní a prodlužuje celý proces dojení. Většina moderních dojíren tohoto typu provádí rotaci dojnic automaticky. Také je

automatizováno i sejmutí strukových násadců po konci dojení, které s sebou však nese riziko, že dojič nestihne před odchodem dojnice dostatečně ošetřit struk. U těchto dojíren se jeví jako nejvhodnější uspořádání stání ve dvou řadách s pracovní chodbou uprostřed (Příbyl et al., 1997).

Tandemové dojírny jsou vhodné především pro stáda, u kterých je vyžadována individuální péče o jednotlivé kusy a také pro stáda vyznačující se velmi nevyrovnanou dobou dojení jednotlivých krav (Vergricht et al., 2008).

Rybinové dojírny

Rybinové dojírny jsou zkonstruovány tak, že zde dojnice stojí zády k pracovní chodbě dojiče pod úhlem 37° až 40°. Díky tomuto postavení má dojič dobrý přístup k vemeni zvířete a zároveň si udržuje i dobrý přehled o všech kusech. Pro tyto dojírny jsou vhodná vyrovnaná stáda (Přikryl, 1997; Bouška et al., 2006). Pro docílení šikmého postavení dojnic jsou ve stáních umístěny zábrany, které nasměrují jednotlivé dojnice. Stání v rybinové dojírně od sebe nejsou oddělena a celý prostor navazuje na příchod a odchod dojnic (Kadlec et al., 1969).

U tohoto druhu dojíren se uvádí hodinová průchodnost od 130 po 140 kusů při počtu 16 stání s automatickým snímáním strukových násadců při bezporuchovém provozu (Doležal et al., 2002). Je to nejpopulárnější a nejrozšířenější typ dojíren vhodný především pro střední a velká stáda (Vergricht et al., 2008).

Polygonové a trigonové dojírny

Polygonové a trigonové dojírny byly vyvinuty pro zvýšení výkonosti u rybinových dojíren s velkým počtem stání. Tyto dojírny vycházejí z koncepce rybinové dojírny, ale stání jsou zde rozdělena do čtyř menších skupin po obvodu kosočtverce, popřípadě tří skupin po obvodu trojúhelníku. Cílem takového rozvržení je rychlejší výměna zvířat v dojírně. Dojič má v těchto druzích dojíren lepší přehled o dojnicích, avšak nevýhodou jsou vcelku velké rozměry takovýchto dojíren. Uvádí se o 25 % vyšší výkonost než u klasické rybinové dojírny se stejným počtem stání (Přikryl, 1997).

1.3.2 Rotační dojírny

U těchto druhů dojíren se dojící stání během dojení pohybují. Tyto dojírny dosahují nejvyšších výkonů (Urban, 1997).

Rototandemové dojírny

V této dojírně stojí dojnice po obvodu kruhu v řadě za sebou. Dojič operuje uvnitř tohoto kruhu a má tak perfektní přehled o jednotlivých kusech. Rototandemová dojírna

zabírá velkou plochu vzhledem k jednomu dojícímú stání (Doležal et al., 2000; Urban, 1997).

Uvádí se hodinová průchodnost u dojírny s 15stánými od 70 do 80 kusů a u 20stánými od 100 do 130 kusů při bezporuchovém provozu, s automatickým snímáním strukových násadců a rychlým výstupem (Doležal et al., 2002).

Rotorybinové dojírny

Dojírna se vyznačuje tím, že zde dojnice stojí šikmo vedle sebe po obvodu kruhu a zádí směrem ke středu kruhu. Dojič ze své pozice uprostřed kruhu má dobrý přehled o všech kusech. Rotorybinová dojírna nezabírá vzhledem k jednomu dojícímú stání tolik místa jako dojírna rototandemová (Doležal et al., 1996).

Obvyklá výkonost rotorybinové dojírny disponující 16dojícímú stánými se pohybuje od 130 do 140 kusů za hodinu s automatickým snímáním strukových násadců při bezporuchovém provozu (Doležal et al., 2000).

Rotoradiální dojírny

Jednotlivá dojící stání se nacházejí po obvodu kruhu. Dojnice zde stojí hlavou do středu kruhu a strukové násadce se nasazují mezi pánevními končetinami. Dojič operuje vně kruhu a nemá takový přehled o zvířatech. Vzhledem k jednomu dojícímú stání je tento typ dojírny nejméně náročný na zastavěnou plochu ze všech rotačních dojíren (Doležal et al., 1996; Urban, 1997).

Při počtu 30 dojících stání může rotoradiální dojírna dosahovat výkonosti až 175 kusů za hodinu při bezporuchovém provozu (Doležal et al., 2000).

1.3.3 Dojící automaty

S příchodem automatizace do všech odvětví průmyslu se začalo upouštět od monotónní práce prováděné lidmi. V zemědělství našli roboti uplatnění zatím zejména v živočišné výrobě. Jednou z činností, při které se uplatní robotizace je dojení (Doležal, 2006).

V ustájených dojnic se uplatňují dva typy automatizovaných způsobů dojení. Těmi jsou jednobodový a vícebodový systém dojení. Základní princip jednobodového systému dojení je že dojnice mají volný přístup jak ke krmivu, tak k dojícímú robotu. U vícebodového systému je přístup ke krmivu pouze přes dojící box. Oba tyto systémy mají své nedostatky. U jednobodové varianty se vyskytují dojnice, které přijímají krmivo, ale nechodí se podojit. U vícebodové varianty jsou pak některé dojnice neochotné se několikrát denně podojit, aby měli přístup ke krmivu (Kvapilík, 2005).

Dojící robot musí zajišťovat operace: identifikace zvířat, čištění vemene a struků, příprava na následné dojení, oddojení několika prvních stříků, zkouška kvality mléka a kontrola vemene, která zahrnuje měření pohybové aktivity s prognózou říje a vyšetření na mastitidu. Následně má robot za úkoly nasazení dojaček, vlastní dojení a následné dodojení, sejmutí dojaček a sběr dat o kvalitě a množství nadojeného mléka (Doležal, 2006).

Celý dojící proces je řízen počítačem a většina dojících automatů provádí kontrolu mléka a zjišťování nádoje v jednotlivých čtvrtích vemene zvlášť. Podle jednotlivých čtvrtí je individuálně řízeno i dodojování a sejmutí strukových násadců. Dojící automaty jsou také zpravidla vybaveny váhou a podávají komplexní informace o dojnici. Strukové násadce se zpravidla nasazují z boku dojnice. Při tomto způsobu nasazování připadá jeden robot na dojnici, a proto některé moderní automaty disponují nasazováním strukových násadců zezadu. Tím se docílí toho, že jeden robot může dojít dvě dojnice najednou (Machálek et al., 2005).

Dojící automat se skládá z dojící jednotky (boxu), zařízení pro detekci struků, automatického ramene k nasazování strukových násadců, zařízení k čištění struků, kontrolních senzorů a dojícího stroje (Kvapilík, 2005).

Dojící automaty můžeme rozdělovat na jednomístné (monoboxové) a vícemístné (multiboxové). Jednomístný dojící automat je složen z jednoho dojícího místa a z jedné řídicí jednotky. Tento druh automatu je schopný podojit 55 až 60 dojníc za den. Vícemístný dojící automat se skládá z 2 až 8 dojících míst, které obsluhuje společně jedna řídicí jednotka. Výkonnost tohoto automatu se pohybuje v rozmezí 80 až 150 krav denně (Trajlinek, 2004).

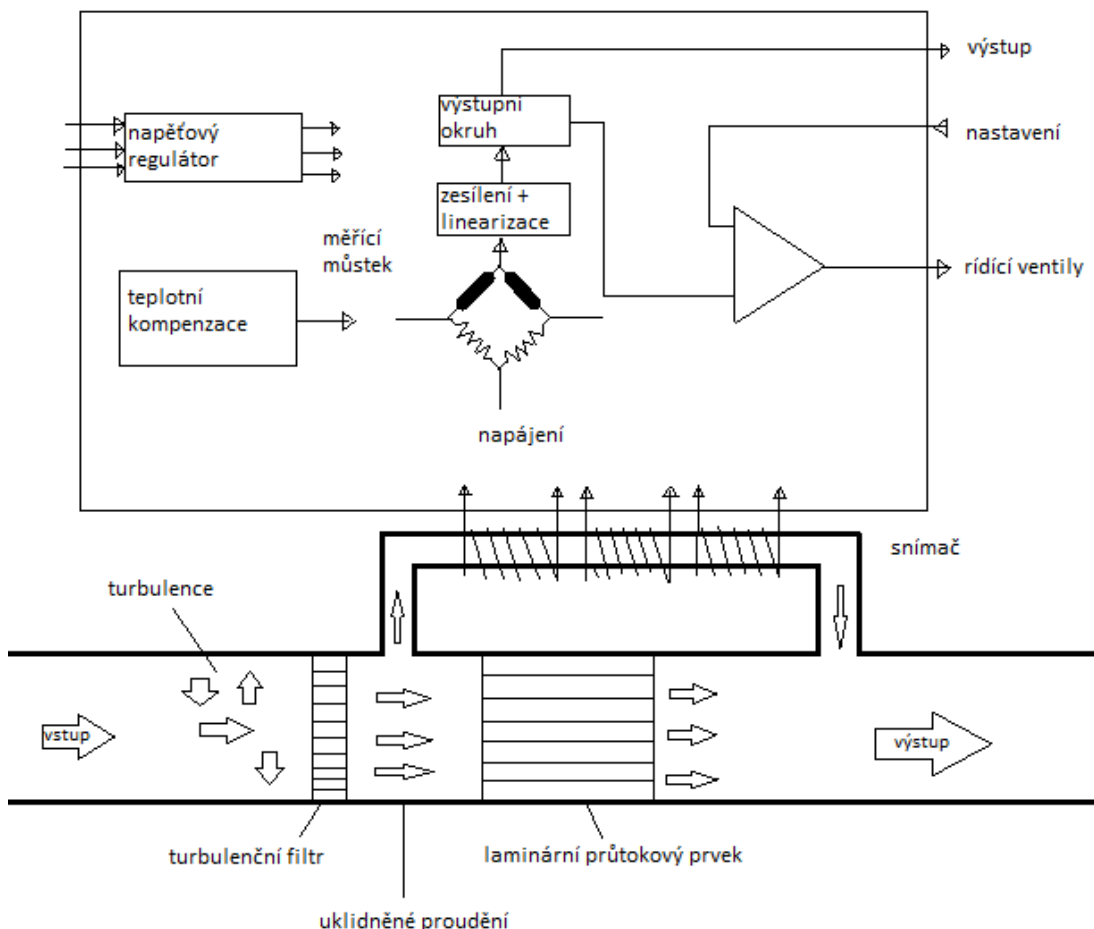
Dojící automaty jsou vybaveny přístroji na měření hmotnosti a průtoku mléka jenž fungují na různých fyzikálních principech.

Tepelný kalorimetrický průtokoměr

Kalorimetrický průtokoměr využívá měření zvýšení teploty, způsobené prouděním měřeného média. Kalorimetrický průtokoměr bývá umístěn na tenkostěnné obtokové kapiláře s předem definovaným průměrem, který se většinou pohybuje okolo 1 mm. Kapilárou při měření proudí pouze určitá malá část média procházející průtokoměrem (Faturík a Kuchař, 1998).

Uprostřed kapiláry na kalorimetrickém průtokoměru je topné vnutí. Před a za tímto vnutím se nachází snímače teploty. Nejčastěji se jedná o teplotně závislé

odpory zapojené do Wheatstoneova můstku (viz obrázek č. 1) (Kinovič et al., 2013; Slováček, 2012).



Obrázek 1: Princip činnosti kalorimetrického kapilárního průtokoměru, převzato a upraveno z: (Kinovič et al., 2013)

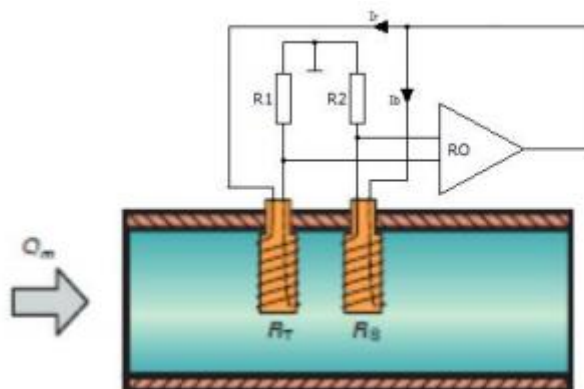
Při stavu, kdy průtokoměrem neproudí žádná tekutina, měří oba snímače teploty stejnou teplotu. Pokud průtokoměrem proudí měřené médium, dojde k přenosu tepla na snímač nacházející se za topným vinutím a tímto způsobem vznikne teplotní rozdíl mezi dvěma senzory. Při tomto stavu nastane rozvážení Wheatstoneova můstku. Mezi zvyšujícím se průtokem a rozdílem teplot existuje přímá úměra. To znamená, že čím více média protéká průtokoměrem, tím více tepelné energie se mu předá. Nevýhodou kalorimetrického průtokoměru je nutná kalibrace pro konkrétní médium. Tyto průtokoměry mají jednoduchou konstrukci z toho plyne také jejich nižší pořizovací cena (Kinovič et al., 2013; Slováček, 2012).

Hmotnostní termoanemometr

Termoanemometr bývá vyroben z platinového drátku. Je to elektricky vyhřívaná sonda, přímo vložená do potrubí, kterým proudí tekutina. Proudící médium odebere

určité množství tepla. Toto množství je závislé na rychlosti proudění, teplotě, tepelné vodivosti a hustotě proudícího média (Kinovič et al., 2013; Slováček, 2012).

Platinový drátek R_T je nepřetržitě zahříván na předem určenou konstantní teplotu. Čidlo R_S tuto teplotu měří (viz obrázek č. 2) (Kinovič et al., 2013; Slováček, 2012).



Obrázek 2: Princip měření termoanemometrem (Slováček, 2012)

Médium proudící potrubím ochlazuje R_T . Pro zachování stále stejné teploty sondy se musí zvýšit proud přes ni procházející. V důsledku toho je proud potřebný k udržení konstantní teploty sondy přímo úměrný průtoku potrubím (Kinovič et al., 2013; Slováček, 2012).

Coriolisův průtokoměr

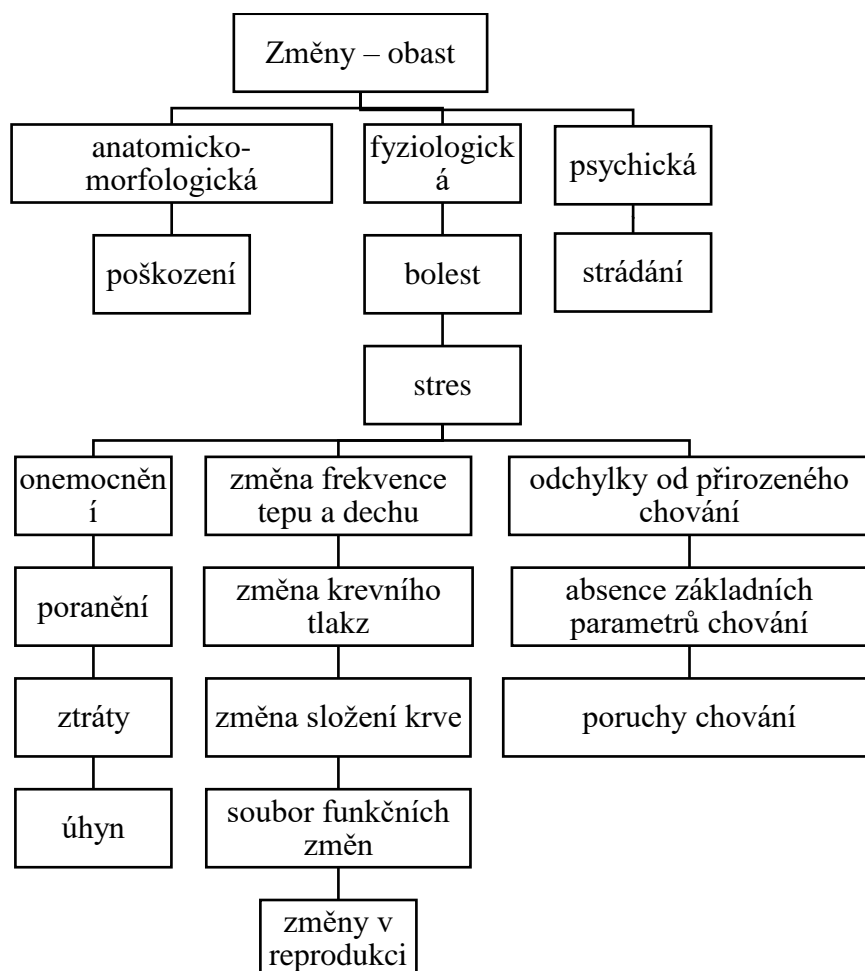
Coriolisův průtokoměr využívá princip Coriolisovy síly (Hardy, 1999). Měřicí trubice u Coriolisova průtokoměru mohou mít různé tvary. Nejčastější je však tvar písmene “U”. Samotné měření pak probíhá následovně. Elektromagnet silově působí na měřicí trubici, která je vertikálně rozkmitána. Budícím kmitočtem bývá rezonanční kmitočet použité trubice. Při průtoku měřeného média budou na obě ramena trubice působit proměnné Coriolisovy síly. Vektor síly bude mít opačnou orientaci ve vtokové části oproti ramenu výtokovému. Působením těchto dvou sil vznikne kroutící moment, který bude mít za následek zkroucení trubice pod nějakým úhlem (Fatulík a Kuchař, 1998).

Pomocí dvou polohových senzorů se následně provede vyhodnocení maxima periodicky proměnného kroutícího momentu. Nejčastěji se používají bezdotykové magnetické nebo optické snímače. Signál z polohových detektorů, jenž je lineárně úměrný hmotnostnímu průtoku, je následně zpracováván v elektronických obvodech (Fatulík a Kuchař, 1998).

1.4 Welfare a hygiena dojení

1.4.1 Welfare

Pojmem welfare zvířat se rozumí stav, při kterém se organismus snaží vyrovnat s prostředím, ve kterém zvíře žije (Broom, 1986). Hofírek et al. (2009) uvádí, že welfare je stav celkového mentálního a fyzického zdraví zvířete v souladu se svým prostředím. Dle jiné definice můžeme welfare označit jako stav pohody zvířete, při kterém jsou uspokojeny základní potřeby a je minimalizováno utrpení (Spedding, 2000). Nejen u člověka, ale i u zvířat lze pozorovat určité chování, poukazující na různé pocity, bolesti a deprese, nebo také radost a uspokojení. Cílem tedy je, aby chovaná zvířata žila v pro ně příznivém prostředí. Při přítomnosti nepohody dochází ke změnám v chování, fyziologických pochodů a také změnám na úrovni orgánů a tkání (viz obrázek č. 3) (Hrouz et al., 2007).



Obrázek 3: Změny při ztrátě pohody zvířete (Hrouz et al., 2007)

U zvířete, jemuž jsou zajištěny na dostačující úrovni materiální a nemateriální potřeby, je vysoká pravděpodobnost, že bude poskytovat vysokou užitkovost, která odpovídá

jeho genetickému potenciálu. Toto zvíře efektivně využívá krmnou dávku, snáze si uchovává zdraví, má dobré produkční schopnosti, vyznačuje se přirozenými projevy chování a tím pádem může být jeho chov ekonomicky prospěšný (Doležal et al., 2004).

Pro posouzení úrovně pohody dojnic se zaměřuje pozornost na vybrané ukazatele chovného prostředí a klade se důraz na možnost dojnic realizovat své behaviorální projevy. Mezi tyto projevy patří napájení a krmení, odpočinek, ležení, přežvykování a sociální interakce s dostatkem pohybu (Gomez a Cook, 2010).

1.4.2 Hlavní rizika životní pohody

Za největší rizika pro narušení životní pohody a welfare dojnic je označováno přeskladňování, trvalé ustájení, intenzivní výkrm, nedostatek krmiva a vody, neadekvátní ustájovací systémy, špatná péče o zdravotní stav dojnic, fyzické týrání a psychický stres, kam patří např. předčasné zapouštění (Novák a Malá, 2013). Hlavní rizika narušení životní pohody a welfare vznikají jako důsledek ustájení, krmení, šlechtění či zacházení s dojnicemi a patří mezi ně:

- akutní metabolické poruchy způsobené nerovnováhou mezi dodávkou živin a poptávkou po nich a s tím související hlad;
- ztráta tělesné kondice, chronické nepohodlí atd. vzniklé špatným ustájením;
- omezení pohybu či chronická bolest způsobená znetvořením tvaru těla, uspořádáním chovu nebo špatným ustájením;
- zvýšená vnímavost na metabolické a infekční choroby;
- fyzické nebo metabolické vyčerpání způsobené dlouhodobou vysokou produkcí mléka (Webster, 1999).

Welfare a životní pohoda chovaných zvířat by se měla rozvíjet současně s požadavky na moderní živočišnou výrobu a její úkol zajištění dostatečného množství zdravotně hodnotných a biologicky plnohodnotných potravin a surovin živočišného původu pro stále se zvětšující populaci naší planety. Cestami, jak tohoto dosáhnout jsou specializace, intenzifikace, koncentrace a zvýšení výkonnosti při dodržování odpovídající úrovně welfare (Novák a Malá, 2013).

1.4.3 Hygiena dojení

Dodržování nastavené úrovně hygieny v přípravě před dojením, v průběhu samotného dojení, ale i po dojení je základním předpokladem pro udržení dobrého zdravotního stavu dojnic. Dobrá úroveň hygieny dojení vede také ke snížení rizika mikrobiální kontaminace mléka. Správná dezinfekce struků před a po dojení významnou měrou

přispívá ke snížení množství mikroorganismů na kůži struků i v mléce (Gleeson et al., 2009; Zucali et al., 2011).

Před začátkem dojení je nutné omýt a osušit utěrkou povrch struků a části vemene, které přijdou při dojení do kontaktu se strukovou gumou dojícího stroje. Prováděná hygiena struků a vemene má pozitivní důsledek na uvolnění oxytocinu v důsledku spuštění oxytocinového reflexu. Před nasazením dojícího stroje se první 2 až 4 porce mléka odstříkují zvlášť, a to z důvodu otevření strukového svěrače, ale také se tím odstraní nahromaděné kontaminované mléko z poledního dojení. Po samotném procesu dojení, které nesmí přesáhnout dobu 8 minut, je vhodné struky ponořit do dezinfekčního roztoku, jenž zabrání možné infekci vemene (Kurwijila, 2006). Nejčastějšími zdroji kontaminace mléka jsou: vemeno a struky, dojící zařízení (strukové násadce), ruce dojiče, utěrka a mastitida. Zdroje kontaminace mléka můžeme také specifikovat jako primárního charakteru (dojící), sekundárního (dojičem, dojící soupravou) a terciálního charakteru (mlékárnou) (FAO, 1989).

1.5 Měření hmotnosti nádoje

V dojícím zařízení se pro kontrolu nádoje jednotlivých dojnic používají měřiče hmotnosti či průtoku. Tato zařízení bývají většinou vybavena také měřičem elektrické vodivosti mléka a měřičem přítomnosti krve. Měřiče hmotnosti jsou připojeny k elektronické jednotce. Tato jednotka zpracovává naměřené údaje o jednotlivých dojnicích. Z elektronické jednotky jsou tyto údaje ukládány na úložiště, a tak lze průběhy dojení a naměřené hodnoty kontrolovat za delší časové období. U nádoje je třeba měřit hmotnost zejména z důvodu vyplácení farmářů od mlékáren dle celkové hmotnosti a kvality mléka. Dojivost měřená na objem by pro potřeby zpeněžení byla velmi zkreslená (Hulsen, 2008).

1.5.1 Hmotnostní průtokoměry

Hmotnostní průtokoměry fungují na principu změny různých fyzikálních veličin, mohou to být například změny síly či teploty, měnící se v potrubí jenž, jsou vyvolané průtokem kapalin (Hardy, 1999).

V praxi se využívá mnoha různých způsobů měření hmotnosti nádoje. Měřič nádoje Uniplus od firmy Siliconfrom GmbH & Co. funguje na principu překlápění nádoby díky gravitaci. Dokáže pracovat s rychlostí dojení až 15 l za minutu. Mléko stéká do jedné komory nádoby, po naplnění mlékem o hmotnosti 100 g se nádoba samovolně překlápí a začne se plnit druhá komora nádoby. Tento proces se stále

opakuje. Počítadlo na principu elektromagnetické indukce zaznamenává jednotlivá překlopení a informaci posílá do centrálního modulu ovládání. Součástí tohoto přístroje může být i vzorkovač mléka a měření elektrické vodivosti (Qualitycertification.com, 2008).

Firma Orion Machinery Co. Ltd. vyvinula přístroj MMD 500 jenž měří produkci mléka principem objemové nádoby. Mléko přitéká do této nádoby a po dosažení určité hladiny je zváženo a přepuštěno dále do oběhu. Tento průtokoměr pracuje nejlépe při dojení 10 až 40 kg mléka, a to s odchylkou 5 %. Při nižším množství mléka se jeho přesnost rapidně zhoršuje. Přístroj může automaticky vzorkovat mléko a zjišťovat i jeho elektrickou vodivost a teplotu (Orionkikai.co.jp, 2016).

Přístroj MilkMeter Volumetric měří výšku hladiny pomocí plováčku. Přístroje LactoCorder-S, AfiMilk MPC a MDS Saccomatic IDC 3b fungují na podobném principu měření hladiny mléka pomocí elektrod měřících také elektrickou vodivost. U všech těchto přístrojů se po dosažení určité výšky hladiny otevře ventil a mléko je vypuštěno dále do potrubí (Patentscope.wipo.int, 2016; Livestock.tru-test.com, 2018; Manualslib.com, 2003; Zootecnicaballan.com, 2020).

Společnost Waikato Milking Systems vyvinula přístroj Waikato MKV. Princip měření hmotnosti nádoje spočívá v rozdělení přitékajícího mléka přes dělič nádoje v poměru 25:975. Menší z částí se dostává do kalibrovaného válce. Tato část se váží a zbytek nádoje se dopočítává. Přístroj je schopen měřit až do 42 kg mléka na jednu dojnici (Coburn.com, 2008).

1.6 CAD 3D modelování

Computer Aided Design neboli CAD můžeme do českého jazyka přeložit jako: počítačová podpora projektování. Systémy CAD jsou obecně zaměřeny na tvorbu 3D modelů, výkresové dokumentace strojních součástí a jejich sestav a simulace fyzikálních vlastností při namáhání. Pro návrhy se využívají nástroje pro kreslení křivek a plošných objektů, kótování, práce s hladinami, objemové modelování a také práce s 3D objekty. Vzniklý model může být exportován do několika typů souborů, jako je třeba druh souboru .stl, jenž může sloužit pro tisk na 3D tiskárnách (Peterka a Janáč, 2002).

1.6.1 Rozdělení CAD systémů

CAD systémy se mohou dělit podle několika základních kritérií do jednotlivých kategorií: podle množství funkcí, podle zobrazení a podle přizpůsobivosti (Procházka, 2012).

Rozdělení podle množství funkcí

Podle množství funkcí se CAD systémy rozdělují do čtyř kategorií. První kategorie nese označení malé CAD systémy. Jedná se o systémy umožňující 2D kreslení, které nemají možnost většího rozšíření. Tyto systémy se využívají převážně pro výkresy a náčrty. Jejich cena se pohybuje v řádech desítek tisíců korun. Nejrozšířenějším zástupcem malých CAD systémů je AutoCAD Inventor LT, který nabízí firma AutoDesk.

Druhá kategorie, střední CAD systémy, se vyznačuje využitím pro 2D kreslení, již s využitím 3D modelování. Pro tyto systémy je v mnoha případech možno dokoupení různých nástaveb. Cena takového produktu se pohybuje okolo sto tisíc Kč. Zástupcem střední kategorie CAD systémů je i SolidWorks, který byl použit pro účely praktické části této diplomové práce.

Velké CAD systémy zpravidla nabízí využití v procesu produkce parametrických modelů s využitím FEM (Finite element method) – vibrační analýzy, napěťové analýzy metodou konečných prvků a tečení plastů a následné tvorby 2D výkresu. Tyto systémy pracují s propojením realizace od náčrtu až po modulární řešení celé soustavy. Jejich cena se obecně pohybuje v řádech stovek tisíc korun. Často používanými zástupci této kategorie je UNIGRAPHIC a také v automobilovém průmyslu hojně používaný systém CATIA (Procházka, 2012).

Alternativou ke komerčním systémům jsou pak freeware CAD systémy, které jsou zdarma volně dostupné ke stažení. Jejich nevýhodami však jsou omezený počet dílů v sestavě, omezení v práci s cizími formáty dat a také omezení maximální velikosti souboru. Mezi zástupce této kategorie patří Albatros 3Da DesignSpark Mechanical (Pajerchin, 2006).

Rozdělení podle zobrazení

CAD systémy se podle zobrazení dělí na 2D, 2,5D a 3D. 2D systémy pracují se zobecněnou lomenou čarou jako se základním konstrukčním prvkem. Jako 2,5D se označují ty systémy, které využívají trojrozměrné modely, jež jsou složeny z dvojrozměrné reprodukce. U 3D systémů jsou používané entity vytvářeny jako

prostorové. Tyto produkty také pracují s různými prostorovými prezentacemi těles. 3D systémy nabízejí prostorové modelování (Procházka, 2012).

Rozdělení podle přizpůsobivosti

CAD systémy se dělí na specializované a obecné. Specializované produkty CAD se zaměřují na jednu specifickou oblast průmyslu (strojírenství, stavebnictví, elektrotechnika atd.). Obecné systémy nedisponují specializovanými funkcemi, ale klade se u nich důraz na možnost co nejširšího využití napříč všemi obory využívajících CAD programy. Jsou tak pro běžné uživatele většinou dostačující. V těchto systémech lze vytvořit pestrou škálu výkresů a modelů (Procházka, 2012).

1.6.2 SolidWorks

Program SolidWorks je objemový i plošný parametrický modelář fungující na technologii jádra Parasolid, který podporuje komunikaci s jinými CAD programy. Program nabízí plnou asociativitu souborů (změny provedené v modelu se následně promítnou do sestav a výkresů, kde je změněná součást použita, toto platí i naopak). SolidWorks disponuje technologiemi, jenž z něj dělají vynikající nástroj vhodný pro projektanty a konstruktéry v mnoha odvětvích současného průmyslu a designu (Freibauer et al., 2010).

V současné době je SolidWorks nejúspěšnějším strojírenským 3D CAD systémem na českém trhu. Firma Dassault Systèmes vykazuje každoroční nárůst prodaných licencí produktu SolidWorks. Program SolidWorks nabízí objemové i plošné modelování, vertikální nástroje pro plechové díly, svařence a formy, práci s neomezeně rozsáhlými sestavami a v neposlední řadě také automatické generování výrobních výkresů (Solidvision, 2018).

Uživatel produktové řady SolidWorks má na výběr z několika nabízených balíčků a aplikací.

SolidWorks Standard

Tento produkt představuje ucelené a robustní řešení pro 3D CAD navrhování a modelování, zahrnující i modelování plechových dílů, forem a svařenců, vytváření sestav a mechanismů a kompletní a vždy aktuální výkresovou dokumentaci. SolidWorks Standard nabízí i celou řadu nástrojů pro ověřování návrhů (Solidvision, 2018).

SolidWorks Professional

SolidWorks Professional nabízí rozšíření balíčku Standard o výkonné nástroje, které zvyšují produktivitu a zlepšují komunikaci. K dispozici je například PDM systém, který umožňuje správu dat. SolidWorks Professional je vhodný především pro pracovní týmy (Solidvision, 2018).

SolidWorks Premium

Tato aplikace nabízí vše, co předchozí balíčky. Zde jsou však navíc přidány nástroje pro pokročilé a přesné strukturální a pohybové simulace. Součástí SolidWorks Premium jsou i nástroje pro navrhování potrubních systémů a také kabelových svazků, a proto je balíček SolidWorks Premium využitelný v širokém spektru výrobních oborů (Solidvision, 2018).

SolidWorks Electrical

SolidWorks Electrical je řešením především pro uživatele navrhující zařízení využívající elektrické rozvody pro napájení, řízení, sběr dat, ale také pro uživatele, kteří navrhují fluidní rozvody (Solidvision, 2018).

SolidWorks Inspection

SolidWorks Inspection je zaměřený na velmi rychlé a efektivní vytváření dokumentace potřebné ke kontrole kvality výrobku (Solidvision, 2018).

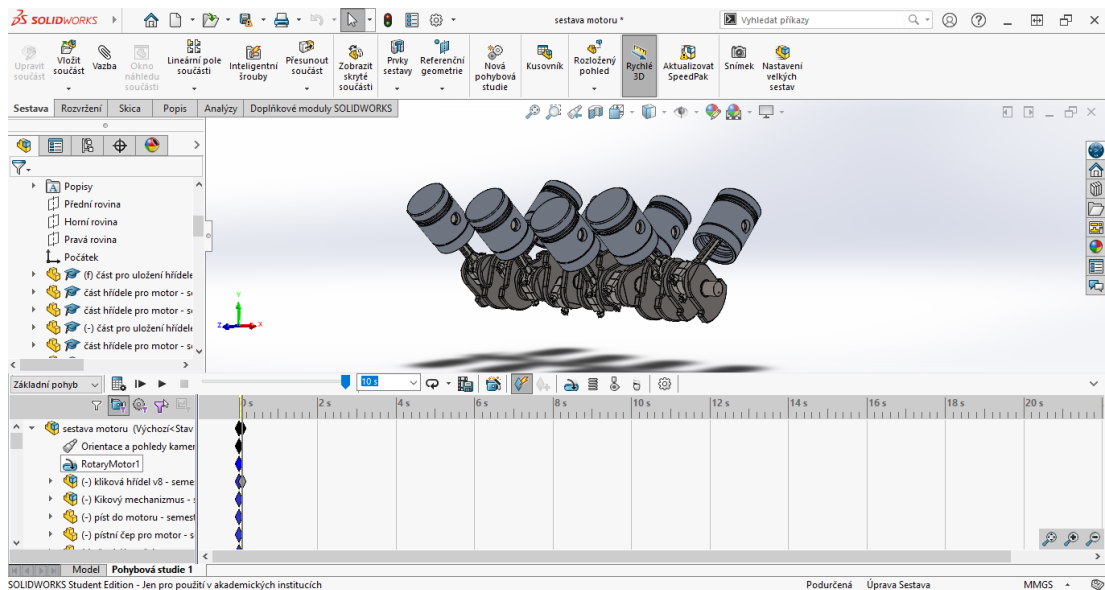
SolidWorks Sustainability

Cílem vývoje SolidWorks Sustainability bylo rozšíření produktové řady SolidWorks o nástroje podporující ekologické navrhování, jenž vycházejí z osvědčených vědeckých poznatků LCA (Life cycle assessment) (Solidvision, 2018).

Produkty pro vzdělávání

SolidWorks Education Edition Software je kompletní výukový balíček obsahující software a také úplný výukový program. Díky SolidWorks Education Edition se lze snadno naučit základy 3D konstruování (Dassault systèmes, 2014).

SolidWorks Student Edition Software je verze programu SolidWorks určená pro výuku studentů technických oborů. Tato verze obsahuje veškeré základní aplikace potřebné pro modelování, tvorbu dílů, sestav a výkresů (viz obrázek č. 4) (Dassault systèmes, 2014).



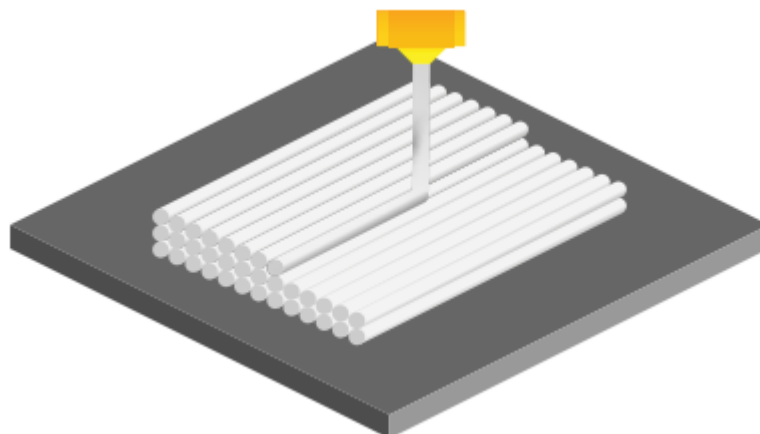
Obrázek 4: Pracovní prostředí SolidWorks Student Edition

1.7 FDM/FFF 3D tisk

3D tisk je proces vytváření fyzického modelu z digitální předlohy. Jedná se o aditivní proces, což znamená, že se materiál při tisku přidává (vrství). Naopak od tradičních způsobů výroby, kdy se materiál naopak odebrává (frézování, soustružení, broušení, lapování apod.). 3D tisk je velmi závislý na kvalitě samotné tiskárny, která ovlivňuje nejen kvalitu tisku, ale také dobu, po kterou tisk součásti probíhá (Průša, 2013).

Technologie FDM (Fused Deposition Modeling) nebo také někdy označována FFF (Fused Filament Fabrication) vytváří součást tavením termoplastických polymerů, jenž jsou nanášeny ve tvaru součásti, která je tisknuta, ve vrstvách tryskou na stavební platformu (Varotsis, 2018).

FDM/FFF je mezi širokou veřejností nejrozšířenější a nejdostupnější technologií 3D tisku. Je vhodná zejména pro tisk funkčních modelů či prototypů. Nejčastěji používaným materiálem je roztavený plast. Způsob tisku spočívá v postupném nanášení roztaveného plastu na sebe vrstvu po vrstvě (viz obrázek č. 5) (Průša, 2014).



Obrázek 5: Způsob tisku FDM/FFF (Průša, 2014)

Jako tiskový materiál je použita tisková struna nazývaná filament. Nejčastěji používaný průměr tiskové struny je 1,75 mm. Práce s filamentem je oproti pryskyřici či jemnému prášku, které se využívají v jiných technologiích 3D tisku, jednoduchá a bezpečná. Na hotovém výtisku bývají často patrné jednotlivé tiskové vrstvy o výšce od 0,05 do 0,3 mm, při použití nejběžnější trysky s průměrem 0,4 mm (Průša, 2014).

Náklady na pořízení FDM/FFF tiskáren se pohybují od 2 500 Kč za nejlevnější produkty pro domácí použití až po částky dosahující jednotek milionů Kč za profesionální tiskárny využívané v průmyslu (Průša, 2014).

Součástmi tiskárny jsou tisková hlava, ta má za úkol tavení tiskové struny a následné nanášení materiálu a platforma, na kterou je materiál nanášen. Postup tisku spočívá ve vložení tiskové struny do tiskárny. Při dosáhnutí teploty bodu tání tiskového materiálu v trysce se struna přivede do tiskové hlavy, ve které se roztaví. Materiál je následně vytlačován tryskou na stavební platformu, na které chladne a postupem času tuhne. Po vytisknutí celé jedné vrstvy následuje tisk vrstvy následující. Tento proces se opakuje až do vytisknutí celé součásti. Vzájemný pohyb tryskové hlavy a platformy po osách X, Y a Z může být zajištěn buďto pomocí pohybu tiskové hlavy, pohybu platformy nebo pohybem obou součástí (záleží na typu tiskárny) (Varotsis, 2018).

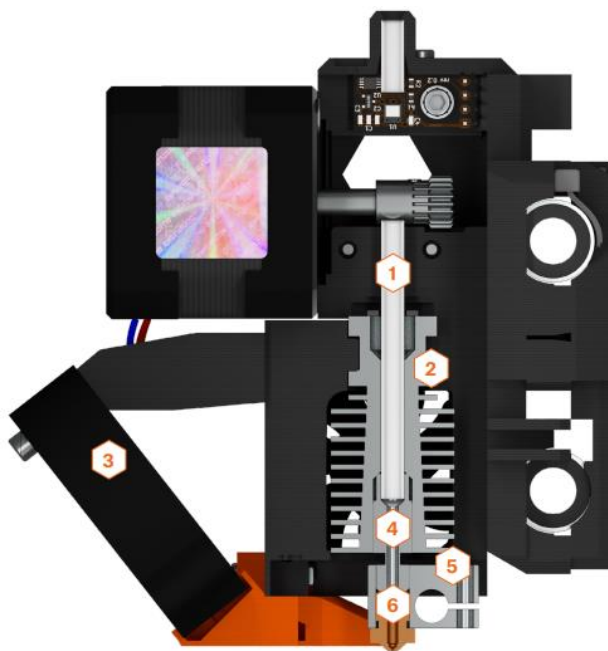
Na FDM/FFF tiskárnách lze tisknout několika druhy materiálů nabízených ve vysokém množství barev. Dřívější modely tiskáren dovedly tisknout jednotlivé barvy pouze po vrstvách, avšak novější a dražší modely tiskáren umožňují tisk i několika barev v jedné nanášené vrstvě. Technologie FDM/FFF vyžaduje tisk podpěr při tvorbě součástí s převislou geometrií. Podpěry jsou u typů tiskáren s jedním

extruderem tisknuty ze stejného materiálu jako samotná součást a musejí být posléze ručně odstraněny. Typy tiskáren s více extrudery umožňují tisk podpor z odlišného materiálu, než je tisknuta samotná součást. Tento materiál lze odstranit například rozpuštěním ve vodě (Jackson et al., 2017).

1.7.1 Komponenty FDM/FFF tiskárny

Extruder

Účelem extruderu je nanášení jednotlivých tiskových vrstev. Do tiskové hlavy přichází filament k tomu určenou teflonovou trubičkou. Extruder nebo také tisková hlava obsahuje části: 1. teflonová trubička, 2. heatsink (chladič), 3. tiskový ventilátor, 4. heat break (izolátor), 5. Heater block, 6. tryska (viz obrázek č. 6) (Průša, 2014).



Obrázek 6: Extruder (Průša, 2014)

Zde z něj chladič (heatsink) odvádí teplo šířící se z izolátoru (heat break). Cílem chladiče je co nejvíce zmenšit oblast mezi pevným a roztaveným filamentem. Často bývá na chladič instalován ventilátor pro vyšší účinnost. Heat break má tvar trubičky s vnějším závitem. Izolátor je v jednom místě výrazně zúžený. Účelem zúžení je omezení přenosu tepla směrem zpět. Zamezí se tak roztavení filamentu v místě, kde to není žádoucí. Heater block je nejčastěji vyráběn z hliníku nebo jiného materiálu, který dobře vede teplo. Je v něm umístěno topné těleso a také termistor pro zjišťování aktuální teploty. V heater blocku je filament již roztavený a je vytlačován přes trysku s určitým průměrem otvoru ven. Instalováním trysek o různém průměru otvoru se ovlivňuje kvalita a doba samotného tisku (Průša, 2014).

Vyhřívání podložka

Předpokladem tiskárny, která má tisknout ze všech dostupných materiálů je vyhřívání podložka. Díky ní je zabráněno postupnému kroucení tisknutého dílu při použití materiálů s výraznější tepelnou roztažností (Průša, 2014).

Rám

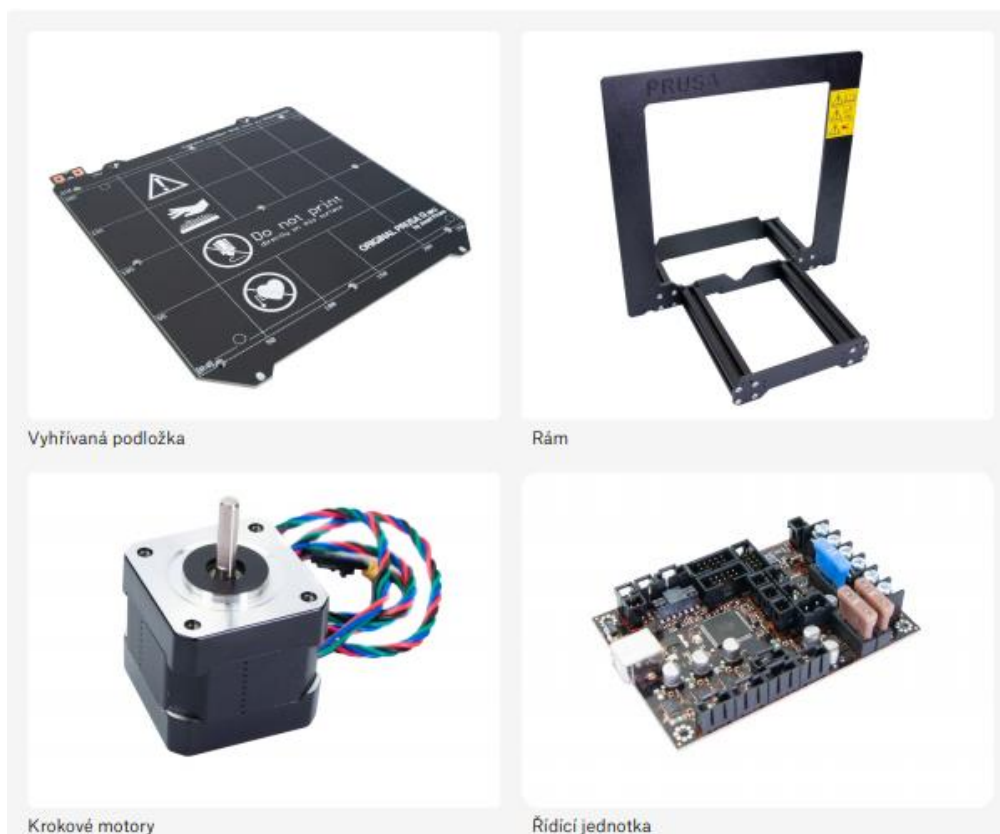
Rám představuje nosnou konstrukci 3D tiskáren. Na jeho tuhosti a přesnosti zpracování významným podílem závisí výsledná kvalita tisku. Dobře ukotvený, pevný a robustní rám snáze omezí vibrace, čímž umožňuje vyšší rychlost tisku bez známek snížení kvality (Průša, 2014).

Krokové motory

Účelem krokových motorů je zajištění veškerých mechanických pohybů extruderu a tiskové podložky (platformy) v prostoru. Jeden motor také zajišťuje podávání tiskové struny do extruderu. Největší výhodou krokových motorů je předem definovaná velikost jednoho kroku (Průša, 2014).

Řídící jednotka

Řídící jednotka má na starost chod celé tiskárny. Hlavním úkolem řídicí jednotky je čtení a zpracovávání vstupního textového souboru tzv. G-code. Tímto souborem se řídí pohyby jednotlivých krokových motorů a také nahřívání trysky a podložky (Průša, 2014). Na následujícím obrázku č. 7 jsou vidět jednotlivé komponenty FDM/FFF tiskárny.



Obrázek 7: komponenty FDM/FFF tiskárny (Průša, 2014)

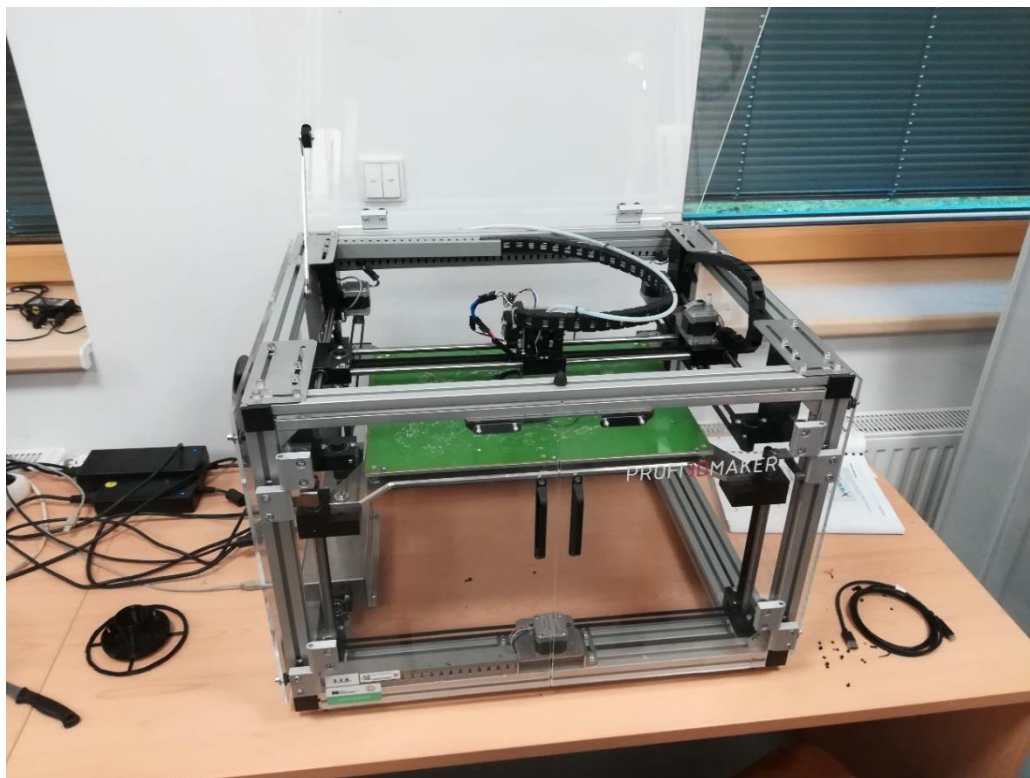
1.7.2 Profi 3D Maker

Tiskárna Profi 3D Maker byla vyvinuta pro profesionální uživatele, jenž potřebují tisknout velké 3D díly. Stabilní hliníkový rám společně s kvalitními vodícími prvky umožňují tisk na velké tiskové ploše a s optimální kvalitou. Pro dosažení nejlepší kvality povrchu tisknuté součásti, kterou je tato tiskárna schopna, je nutné použít trysku o průměru 0,3 mm (3DFactories, 2019).

Tento model tiskárny má rozměry 700 × 600 × 500 mm, přičemž oblast tisku zaujímá objem o rozměrech 400 × 260 × 190 mm. Lze použít trysky o průměrech 0,5; 0,3 či 0,2 mm. Výška jedné vrstvy se odvíjí od zvolené trysky a lze nastavit na hodnoty 0,08; 0,125 a 0,25 mm. Hmotnost tiskárny je 35 kg. Maximální rychlost tisku může být až 80 mm·s⁻¹ a maximální rychlost pojezdu 230 mm·s⁻¹. Při tisku lze dosáhnout přesnosti až 0,1 mm. Tiskárna je vybavena vyhřívánou podložkou na 50 °C. Vyhřívání zajišťuje odporové topné těleso umístěné zespod podložky (3DFactories, 2019).

Typy souborů podporované softwarovým příslušenstvím tiskárny, programem G3D MAKER, jsou .stl a .3ds. Před samotným vytisknutím lze součást v programu G3D MAKER kopírovat, různě otáčet či změnit její velikost. Před započítím tisku si

program sám automaticky vypočítá dobu tisku a provede trasování modelu (3DFactories, 2019) (viz obrázek č. 8)



Obrázek 8: 3D tiskárna Profi 3D Maker od společnosti 3D factories

Struna PETG

Pro tisk na tiskárně Profi 3D Maker se využívala PETG (polyethylene terephthalate glycol) struna o průměru 1,75 mm černé barvy. Tento materiál je odolný vůči vyšším teplotám, až do 70 °C a začíná se výrazně deformovat až při 95 °C, což umožňuje kontakt materiálu s horkou vodou, kterou se dojící zařízení po použití proplachuje a čistí. Je vhodný pro tisk objektů bez drobných detailů, dobře drží na podložce, je velmi pevný, nekroučí se a vyznačuje se rozměrovou stálostí. PETG je tvrdší než materiály PLA a ABS. Díky velmi dobrému spojování vrstev jsou výtisky vodotěsné, což je pro potřeby zařízení popisovaného v této diplomové práci zásadní. Dalším důvodem, proč byl vybrán tento druh materiálu, je že struna PETG má potravinářský atest, tudíž se může používat pro součásti, které se dostanou do kontaktu se surovinami a potravinami jenž, jsou určené ke konzumaci čímž mléko je. Pro tuto strunu se používá teplota trysky 220 až 250 °C (Filament-pm.cz, 2020).

Na rozdíl od PLA nebo ABS, má PETG tendenci stringovat, neboli při přejezdu tahat tenká vlákna plastu. Při tisku součástí pro tuto diplomovou práci se však stringování projevilo pouze v malé a zanedbatelné míře (Filament-pm.cz, 2020).

1.7.3 Original Prusa i3 MK3S+

Original Prusa i3 MK3S+ je nástupcem modelu MK2. Hlavními přednostmi je přebudovaný extruder a senzory. Model MK3S+ má magnetickou vyhřívanou podložku MK52 s vyměnitelnými pružnými tiskovými pláty s PEI povrchem. Oproti modelu MK2, je tato tiskárna spolehlivější a její ovládání je jednodušší (Shop.prusa3d.com, 2021).

Oblast tisku tohoto modelu zaujímá objem o rozměrech 250 × 210 × 210 mm. Tryska má průměr 0,4 mm pro tiskovou strunu 1.75 mm. Nejmenší výška vrstvy je 0.05 mm. Model MK3S+ má plně automatickou kalibraci tiskové plochy. Vyhřívaná podložka disponuje kompenzací studených rohů, což zajišťuje rovnoměrné chladnutí při tisku všemi materiály. Tiskárna může tisknout materiály: PLA, ABS, PET, HIPS, Flex PP, Ninjaflex, Laywood, Laybrick, Nylon, Bamboofill, Bronzefill, ASA, T Glase, filamenty s uhlíkovým vláknem, polykarbonát a dalšími. Maximální rychlost pohybu os je 200 mm/s (Shop.prusa3d.com, 2021) (viz obrázek č. 9).



Obrázek 9: Original Prusa i3 MK3S+ (Shop.prusa3d.com, 2021)

Struna TPE 32 RubberJet Flex

Pro tisk na tiskárně Original Prusa i3 MK3S+ se využívala TPE 32 RubberJet Flex (thermoplastic elastomer) struna o průměru 1,75 mm černé barvy. Jedná se o materiál

na bázi polyolefinu, jenž je flexibilní a podobá se gumě. Jeho vlastnostmi jsou: tlumení vibrací, odolnost vůči tlaku, nárazu, chemikáliím a vodě, omyvatelnost a nelepivý a hladký povrch (Filament-pm.cz, 2021).

Tiskové nastavení teploty trysky pro strunu TPE 32 RubberJet Flex je 220 až 240 °C. Podložka nemusí být vyhřívaná. Rychlost tisku se nastavuje v rozmezí 10 až 20 mm/s (Filament-pm.cz, 2021).

2 Cíl práce a metodika zpracování

Cílem diplomové práce s názvem „Návrh optimalizace a konstrukce zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka“ je navržení, vytvoření a ověření technických řešení pro optimalizování a vylepšení zařízení pro měření hmotnosti nádoje.

Struktura diplomové práce a metodické postupy:

- porozumění problematice a vypracování ucelené a logicky strukturované literární rešerše týkající se oblasti dojení mléka, měření hmotnosti nádoje, CAD 3D modelování a 3D tisku;
- detailně se seznámit z již navrženým hmotnostním průtokoměrem, který se následně bude optimalizovat;
- konzultovat možné konstrukční vylepšení zmíněného zařízení;
- uplatnit získané teoretické znalosti a vlastní tvůrčí schopnost k vytvoření a zdokonalení 3D modelu zařízení;
- vytisknout jednotlivé komponenty na 3D tiskárně;
- sestavit zařízení a ověřit v laboratorních a poloprovozních podmínkách.

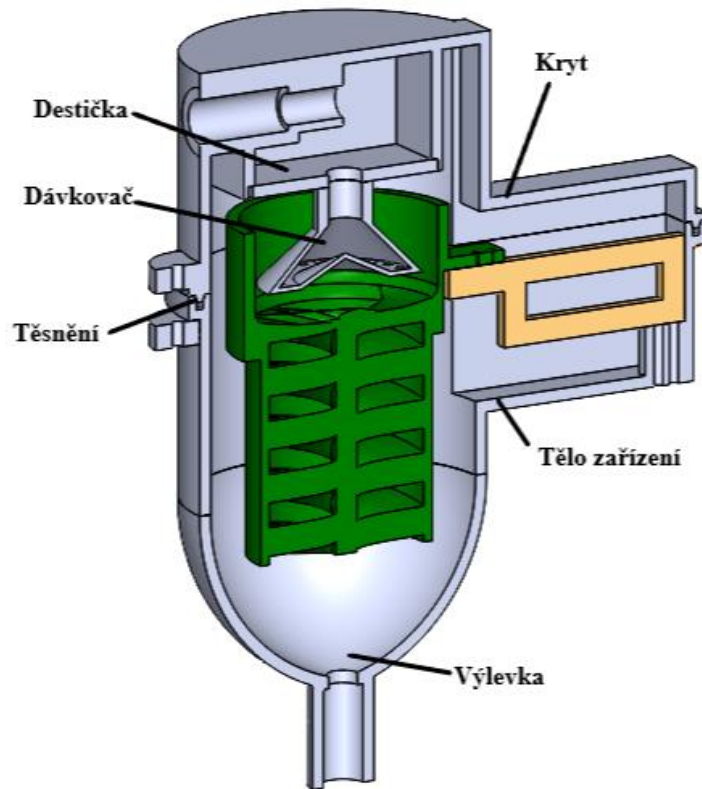
3 Praktická část

První praktickou činností, která byla provedena, bylo seznámení s již zkonstruovaným zařízením pro měření hmotnosti nádoje, které bylo k dispozici na Katedře zemědělské a dopravní techniky. Po detailním seznámením se s principem zařízení bylo provedeno testování v poloprovozních podmínkách na dojárně v Uhelné Příbrami. Jednalo se o první testování v poloprovozních podmínkách v komerčním provozu. Po tomto měření následovalo jeho vyhodnocení a stanovení problematických prvků, které bylo třeba vyřešit a to zejména:

- zefektivnění napojování zařízení na přítokové a odtokové potrubí;
- zvýšení objemové průtočnosti přes dávkovač mléka;
- zvýšení těsnosti rozebíratelného spoje a snížení času při demontáži dvou hlavních částí zařízení;
- utěsnění špatně přístupných míst pro zvýšení hygieny zařízení;
- vyřešit efektivní demontáž hmotnostního tenzometru.

Byly provedeny možné návrhy z oblasti konstrukce zařízení a po konzultaci s kolegy z katedry byly tyto návrhy aplikovány při vývoji upraveného prototypu a také byly uvedeny v této diplomové práci.

Vlastní zařízení se skládá z devíti částí, z nichž sedm bylo modelováno a následně tištěno na 3D tiskárně. Na jedné součásti nebylo nutno provádět žádné změny, proto se tato diplomová práce zabývá tvorbou a úpravami šesti částí (viz obrázek č. 10).

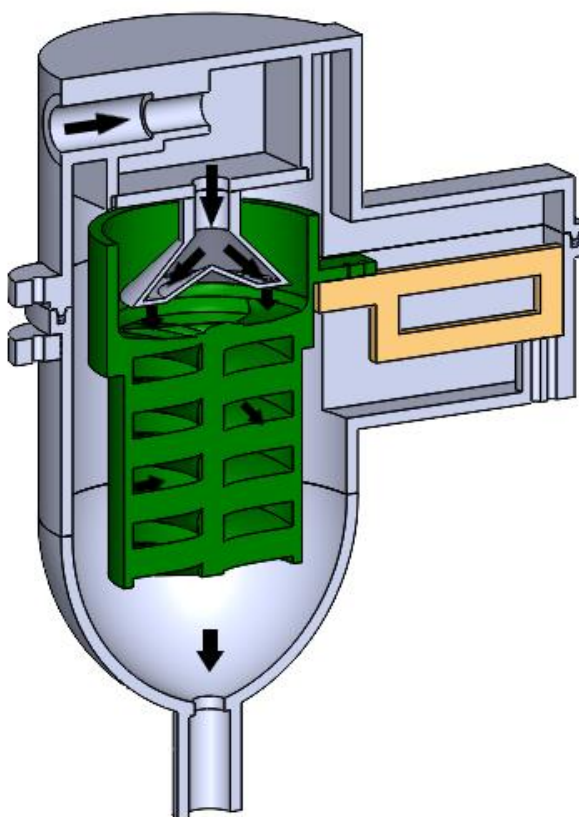


Obrázek 10: Popis zařízení s upravovanými součástmi

Princip činnosti zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka

Vytvořené zařízení bude mít za úkol měřit hmotnost jím protékajícího mléka získaného podojením dojnice. Tyto údaje budou sloužit ke zjišťování užitečnosti jednotlivých dojnic, popřípadě pro doplňování jiných statistických údajů o chovaných kusech a celém stádě.

Princip funkce zařízení spočívá v použití hmotnostního tenzometrického snímače. Směr postupu mléka je znázorněn na obrázku č. 11.



Obrázek 11: Princip funkce prototypu

Potrubím se přivede dojené mléko do horní části zařízení, v této oblasti se mléko uklidní čímž se zamezí turbulencím. Působením gravitace se mléko rovnoměrně rozlije a proteče dávkovačem do nádobky, kterou bude postupně protékat (nádobka na obrázku má zelenou barvu). Tato nádobka bude připevněna na hmotnostní tenzometrický snímač (na obrázku vykreslen zlatou barvou). Zátěž nádobky se zaznamená jako elektrický odpor (výstupem budou hodnoty odporu v čase). Samotná zátěž mléka v nádobce bude závislá na jeho množství a složení. Následujícím krokem, který již není součástí této práce, bude vyhodnocení naměřených hodnot algoritmem, který určí hmotnost nadojeného mléka. Po protečení nádobkou se mléko vrací výlevkou zpět do potrubí.

3.1 Tvorba 3D modelu zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka

Veškeré součásti modelu byly tvořeny v programu SolidWorks, jenž se využívá na Zemědělské fakultě pro výuku 3D modelování.

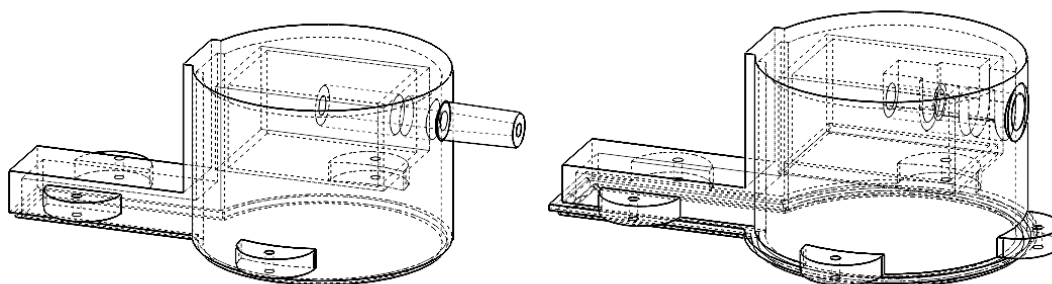
Prvním krokem bylo seznámení se s již existujícím prototypem zařízení. Proběhla diskuse o jeho nedostatcích a omezeních. Byly stanoveny problémy v konstrukci

jednotlivých dílů a navrhlo se řešení na jejich odstranění. Dále již proběhla úprava jednotlivých dílů v prostředí programu SolidWorks.

3.1.1 Kryt

Funkce a umístění

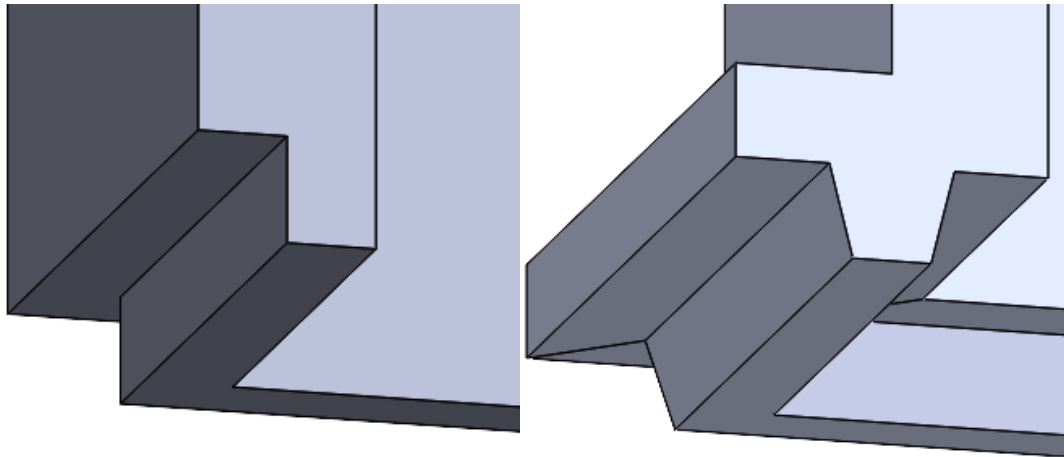
Jeho funkcí je uzavírat a utěšňovat vnitřní prostor zařízení. Hadicí je do něj přivedeno mléko, které poté volně stéká do komory nad destičkou. Otvorem v destičce mléko protéká do dávkovače (viz obrázek č. 12. Pro lepší představu je součást na obrázku znázorněna tak, aby byly vidět všechny její hrany).



Obrázek 12: Kryt se všemi hranami viditelnými v dimetrickém zobrazení, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách

Řešené konstrukční prvky

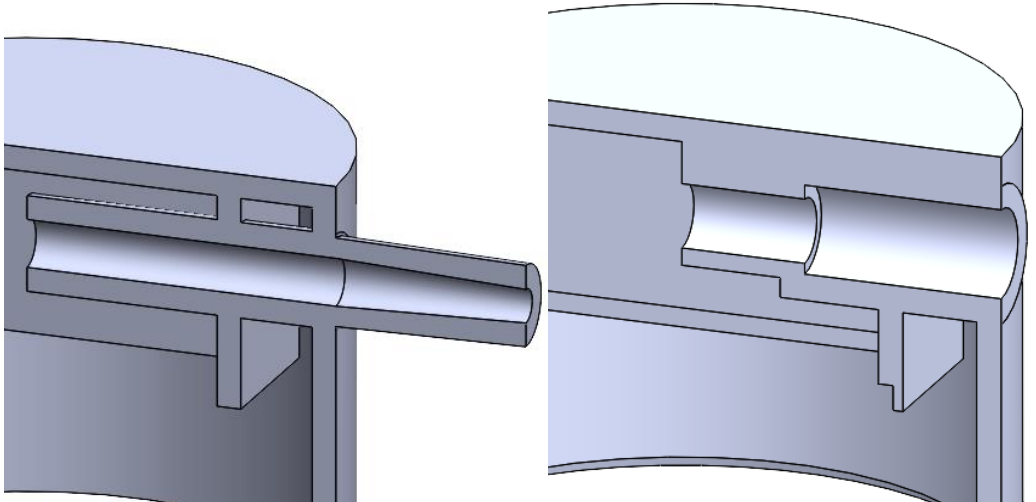
Kryt byl tvarově nejsložitější součást. První řešený problém na tomto dílu byla již zmiňovaná netěsnost spoje krytu s tělem zařízení. Musel být vymodelován výstupek, jenž s mírnou vůlí pasuje do drážky v těle. Objevil se zde stejný problém jako pak dále při modelování drážky. A to že výstupek se nevešel do tloušťky stěny krytu. Ta musela být stejně jako v prvním dílu rozšířena. Tímto rozšířením vznikly oproti původnímu prototypu po vytisknutí podpory po celém obvodu součásti (viz obrázek č. 13).



Obrázek 13: Výstupek a rozšíření stěny zobrazení v řezu podél přední roviny, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách

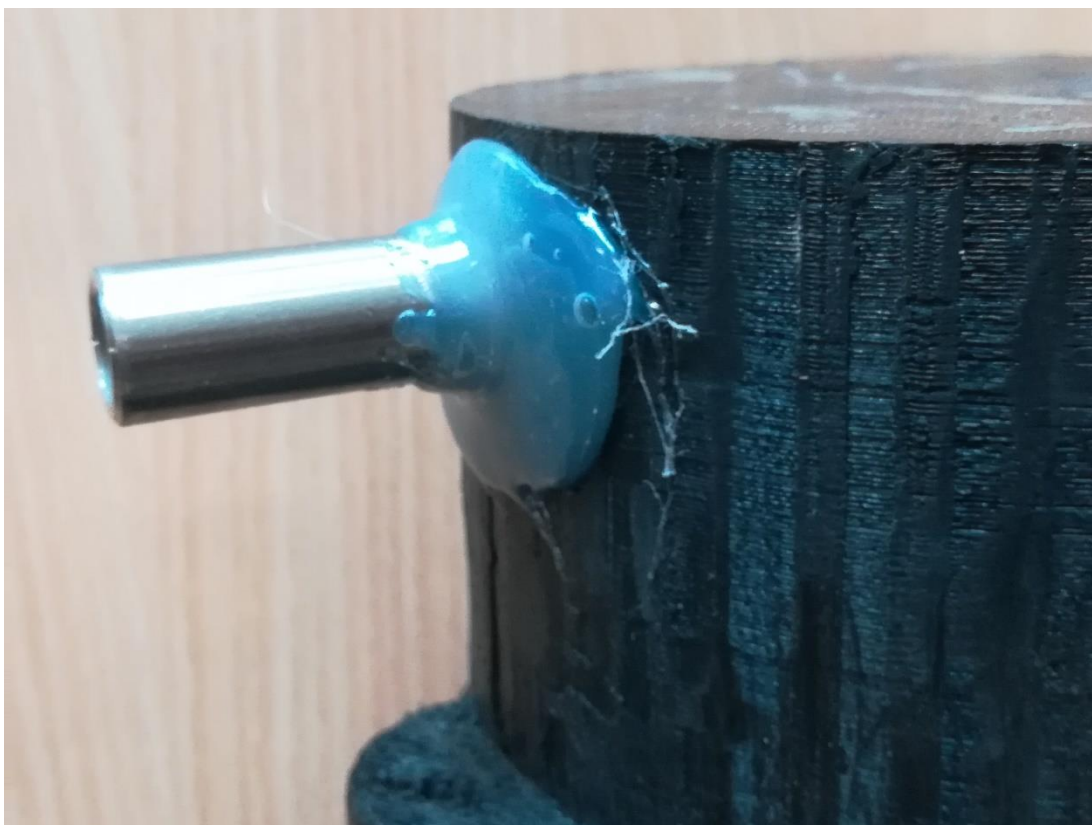
Dále musela být přidána jedena příruba pro umístění šroubu, která odpovídala umístění příruby na *těle zařízení*. Taktéž vznikla nutnost pozměnění a přemístění čtyř již přítomných přírub, a to z důvodu rozšíření stěny součásti.

Jedna z úprav součásti spočívala v přidání schodu do stěny komůrky na shromažďování mléka pro snadnější umístění a připevnění *destičky*. Velmi dlouze diskutovaným problémem, jenž si vyžádal několik verzí návrhů a změn v konstrukci se stalo připojení hadice, kterou vtéká mléko do celého zařízení. Řešenými nedostatky zde byla netěsnost, ale také určitá nehygieničnost dřívějšího provedení. Novým návrhem řešení se podařilo i celkově zmenšit rozměry této součásti. Na obrázku č. 14 můžeme vidět vlevo staré řešení konstrukce a vpravo nové řešení.



Obrázek 14: Řešení konstrukce připojení hadice přivádějící mléko v dimetrickém zobrazení v řezu přední rovinou, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách

Na připojovanou hadici je přidělán nástavec, který přesně pasuje do otvoru. Obvod nástavce je utěsněn silikonem (viz obrázek č. 15).



Obrázek 15: Kovový nástavec na připojení potrubí ke *krytu*

Celý prostor mezi trubicí a stropem je utěsněn, aby se do těchto špatně přístupných míst nemohlo dostat mléko, čímž se značně zvýšila hygiena zařízení.

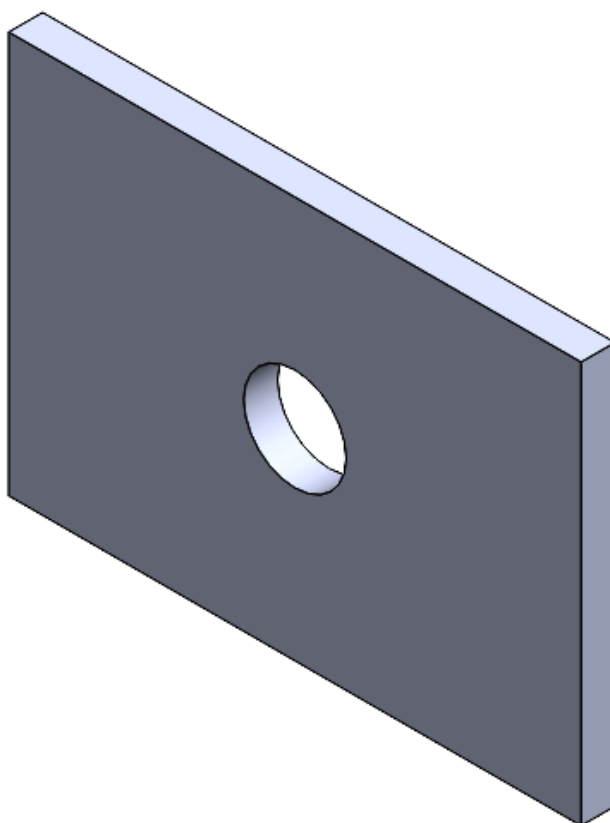
Postup modelování

Jako první byla načrtnuta skica v horní rovině, která určovala základní obrys dílu. Tato skica byla vysunuta do požadované výšky. Následně se použila funkce skořepina, kde byla zvolena tloušťka stěny 5 mm. Funkcí odebrání vysunutím se po nakreslení další skici v podobě obdélníku v přední rovině upravil tvar oblasti pro hmotnostní tenzometr. Nakreslením skici na stropě *krytu* vznikla po přidání vysunutím komůrka na soustředění mléka. Pro připojení hadice na přívod mléka bylo nutné funkcí přidání vysunutím vytvořit jakousi trubici vedoucí z vně součásti až do komůrky. Následným dvojitým použitím funkce odebrání vysunutím vznikly vnitřní průměry trubice. Dále se vytvořilo pět přírub pro namontování šroubu. Ve spodní části dílu se zvětšila tloušťka stěny, aby bylo možné tažením po křivce vytvořit výstupek pasující do drážky v *těle zařízení*.

3.1.2 Destička

Funkce a umístění

Funkcí dílu je uzavírat komoru na shromažďování mléka a otvorem ve středu umožnit mléku průtok do dávkovače (viz obrázek č. 16).



Obrázek 16: Destička v izometrickém zobrazení

Tento díl je umístěn v dolní části komory v dílu *kryt*. Je zde přidělán pomocí tavné pistole za použití silikonu Pattex v podobě lepící tyčinky o průměru 11 mm.

Řešené konstrukční prvky

U tohoto dílu nemusely být měněny jakékoli konstrukční prvky. Oproti předešlému prototypu se změnila rozměry *destičky* tak, aby se dal využít nový systém pro umístění a připevnění v podobě schodu na komůrce na shromažďování mléka. Otvor uprostřed dílu byl zvětšen na 15 mm, čímž se dosáhlo lepší průchodnosti.

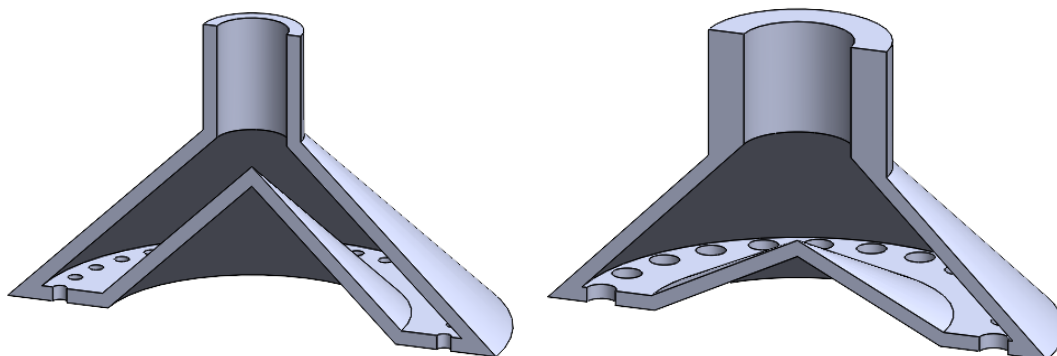
Postup modelování

Tvorba této součásti byla velmi jednoduchá. V přední rovině byla nakreslena skica o požadovaných rozměrech. Následným vysunutím této skici došlo k vytvoření konečné podoby destičky.

3.1.3 Dávkovač

Funkce a umístění

Funkcí dávkovače je zpomalit a usměrnit přitékající mléko z komory. Mléko, jenž jím projde, následně vtéká do nádoby připojené na hmotnostní tenzometr (viz obrázek č. 17).



Obrázek 17: Dávkovač v pohledovém řezu přední rovinou v dimetrickém zobrazení, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách

Součást se nachází pod *destičkou*, k níž je připevněna opět pomocí tavné pistole za použití silikonu Pattex v podobě lepicí tyčinky o průměru 11 mm.

Řešené konstrukční prvky

V původním návrhu této součásti byly dva nedostatky. Prvním byl příliš úzký přítokový kanál a malý vnitřní prostor. Druhým nedostatkem pak byly otvory ve spodní části, které měly příliš malý průměr. Oba tyto nedostatky společně byly příčinou nedostatečného průtoku mléka a ucpávání dávkovače.

Zmíněné nedostatky byly vyřešeny zvětšením průměru přítokového kanálu. Zmenšením výšky vnitřního kuželu došlo ke zvětšení vnitřního prostoru. U otvorů ve spodní části byl zvětšen průměr a snížen jejich počet.

Postup modelování

V přední rovině byla načrtnuta skica, jenž se nechala rotovat okolo svislé osy. V dolní části byla vytvořena rovina rovnoběžná s horní rovinou. Na této nové rovině byla nakreslena skica v podobě kruhu v požadovaném místě. Funkcí odebrání vysunutím vznikl otvor pro dávkování mléka, jenž byl za pomoci funkce kruhové pole rotován kolem svislé osy součásti o 360°. Vzniklých 24 děr bylo rovnoměrně rozmístěno po 15°.

3.1.4 Těsnění

Funkce a umístění

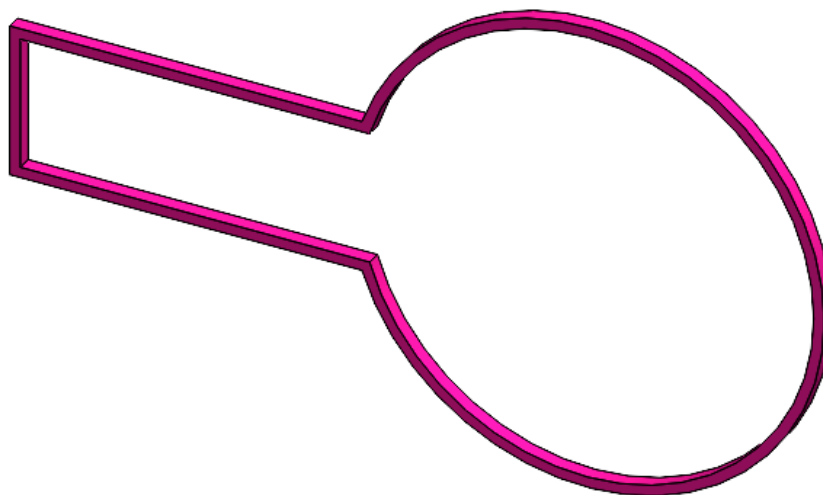
Těsnění má za úkol zamezit přísávání vzduchu do zařízení. Je umístěno v drážce *těla zařízení* a přitlačeno výstupkem *krytu*. Jako jediná součástka celého prototypu bylo tisknuto na tiskárně Original Prusa i3 MK3S+ za použitím struny TPE 32 RubberJet Flex.

Řešené konstrukční prvky

U tohoto dílu se řešil pouze jeden konstrukční prvek, a to volba výšky dílu. Původně byla navrhována výška 3 mm, která se však projevila jako nedostatečná a díl nesplňoval svoji funkci. Výška dílu byla zvětšena na 4,2 mm, což se ukázalo jako optimální rozměr pro správné utěsnění.

Postup modelování

V přední rovině byla načrtnuta skica. Přidáním vysunutím pak vznikla konečná podoba dílu (viz obrázek č. 18).

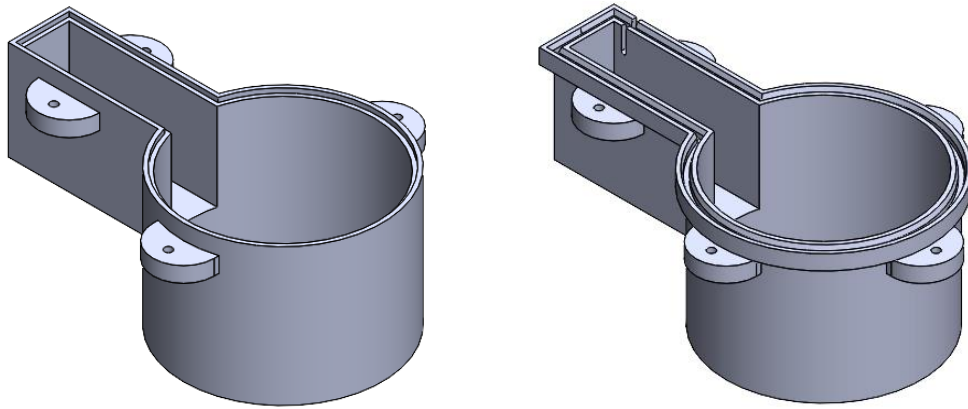


Obrázek 18: Těsnění v trimetrickém zobrazení

3.1.5 Tělo zařízení

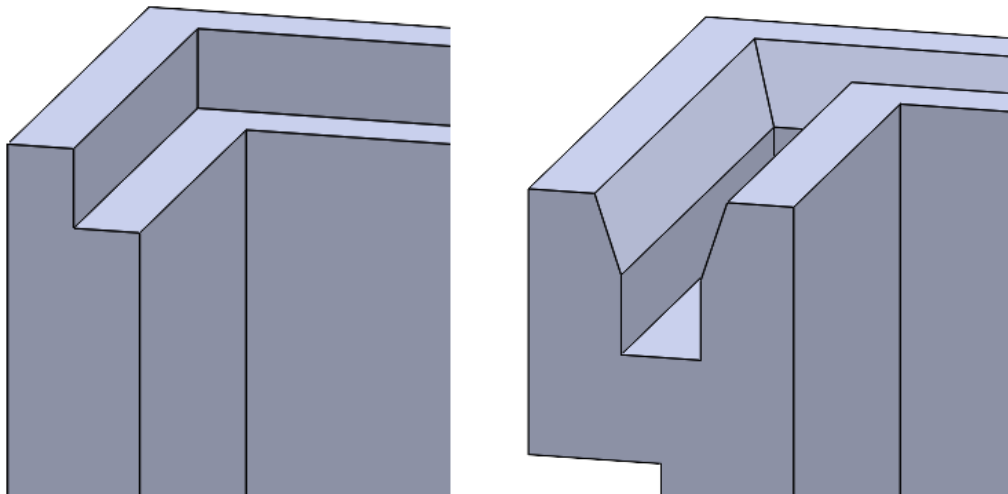
Funkce a umístění

Tělo zařízení má za úkol stabilizovat váhový tenzometr s nádobkou při průtoku mléka. Tento díl tvoří jeden ze zásadních prvků celé konstrukce. K jeho horní části je přišroubován *kryt* a ke spodní části je přidělána *výlevka* (viz obrázek č. 19).



Obrázek 19: Tělo zařízení v izometrickém zobrazení, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách
Řešené konstrukční prvky

U těla zařízení byl nejzásadnější problém v netěsnosti při spojení se součástí krytem. Původně zde byl spoj vyřešen jednoduchým zubem, ten však nedokázal zabránit přisávání vzduchu. Proto bylo navrženo řešení v podobě vymodelování drážky (viz obrázek č. 20), do které bude umístěno *těsnění* z filamentu TPE 32 RubberJet Flex.

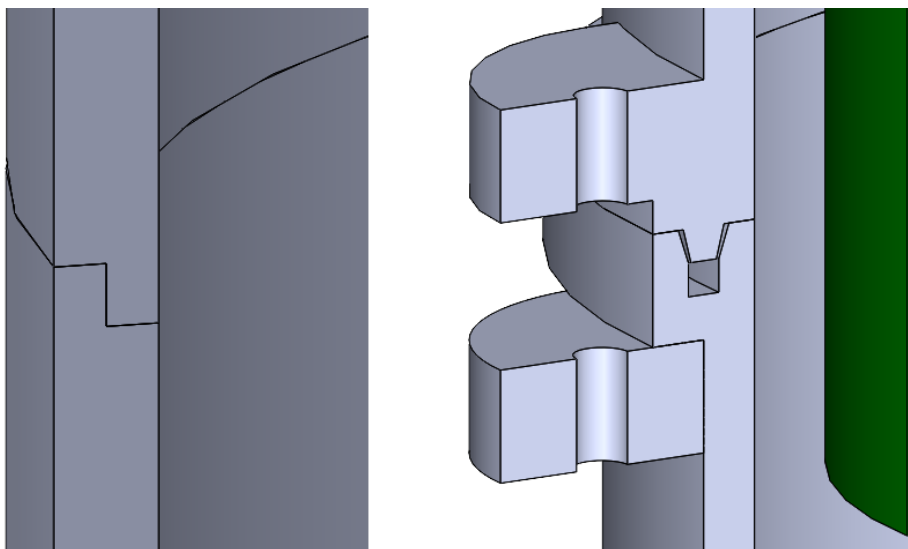


Obrázek 20: Drážka zobrazená v řezu podél přední roviny, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách

Na součásti *kryt* bylo nutné vymodelovat výstupek, který pasuje do této drážky. Drážka se nevešla do tloušťky stěny těla, a proto musela být stěna v okolí drážky rozšířena. Tato změna však vedla k obtížnějšímu tisku na 3D tiskárně, z důvodu nutných podpor, které se po vytisknutí musely odstranit.

Pro zlepšení pevnosti spoje a zvýšení a lepšího rozložení přitlačné síly byla přidána do čela příruba pro umístění šroubu, kterým se po spojení součástí těla a krytu

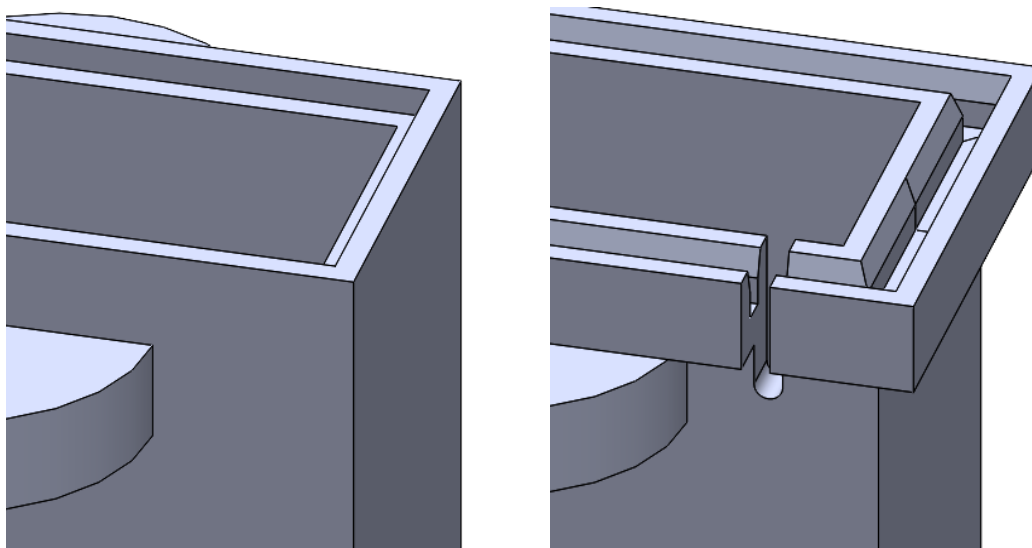
obě části přitáhnou k sobě a dojde tak k utěsnění. Příruby v řezu můžeme vidět na obrázku č. 21 na kterém je i dobře patrný výstupek pasující do drážky.



Obrázek 21: Příruby v řezu a výstupek pasující do drážky, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách

Všechny již přítomné 4 příruby musely být pozměněny a přemístěny z důvodu již zmíněné změny drážky a rozšíření stěny těla.

Poslední změnou bylo odebrání vysunutím ve stěně těla, jenž vytvořilo prostor pro provlečení kabelu váhového tenzometru (viz obrázek č. 22).



Obrázek 22: Drážka pro kabel váhového tenzometru, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách

Díky této změně bude moci být váhový tenzometr vyjmut i s kabely a ulehčí se i celková manipulace s tenzometrem. Tento tenzometr je umístěn uvnitř těla zařízení a slouží ke snímání zátěže nádoby při průtoku mléka. Vzniklý otvor bude muset být před použitím zařízení utěsněn silikonem.

Postup modelování

Jako první byla načrtnuta skica v horní rovině, která určovala základní obrys dílu. Tato skica byla vysunuta do požadované výšky na obě strany. Následně se použila funkce skořepina, kde byla zvolena tloušťka stěny 5 mm. Dalším použitím funkce přidání vysunutím se vytvořil kvádr na připevnění hmotnostního tenzometru. Do tohoto kvádru byly odebrány dvě díry pro šrouby na připevnění hmotnostního tenzometru. Dále se vytvořilo pět přírub pro namontování šroubu. Ve spodní části dílu se zvětšila tloušťka stěny, aby bylo možné vytvořit drážku tažením po křivce.

3.1.6 Výlevka

Funkce a umístění

Výlevka slouží k zachytávání mléka, jenž proteklo celým zařízením a následně jej odvádí do potrubí. Je umístěna vespod celého zařízení a přiléhá na díl *tělo zařízení*, ke kterému je připevněna za pomoci tavné pistole za použití silikonu Pattex v podobě lepící tyčinky o průměru 11 mm aplikovaného tavnou pistolí. V ideálním případě by měla být součástí *těla zařízení*, se kterým by měla být i vytisknuta jako jeden celek. Bohužel rozměry takto velkého dílu nebyly v možnostech použité 3D tiskárny. Zásadním problémem by byla i složitost součásti, kvůli které by vzniklo neúnosně velké množství podpěr při tisku, které by výrazně zhoršily kvalitu výsledného dílu.

Řešené konstrukční prvky

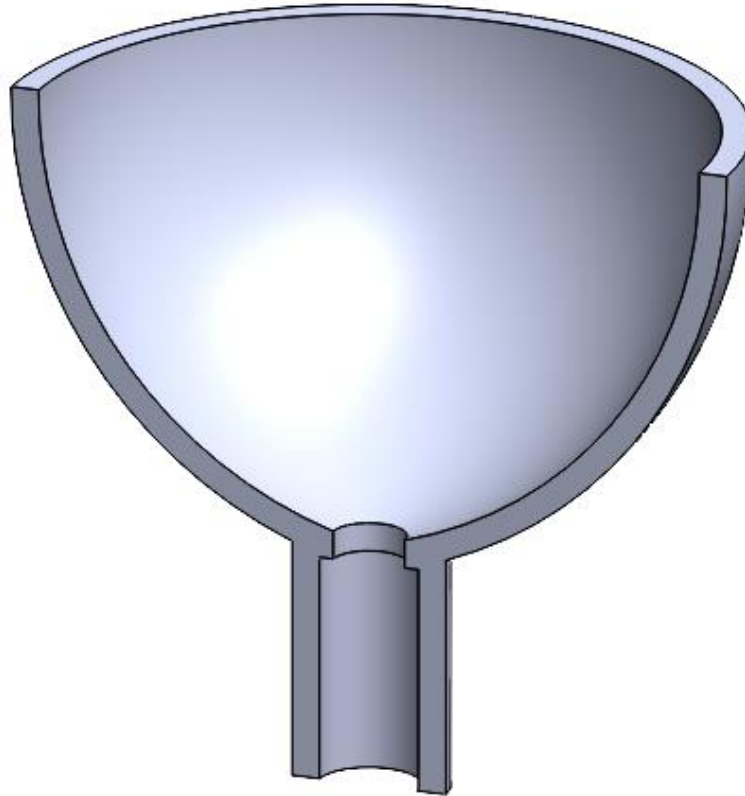
Jediným problémem zde bylo připojení hadice ve spodní části dílu, jenž v původní verzi značně netěsnilo. Připojení se vyřešilo použitím kovového nástavce, přes který se hadice snáze připojuje. Na výlevku je ve spodní části připojená hadice přes speciální nástavec, jehož průměr je o jeden milimetr menší než průměr hrdla výlevky z důvodu snadného zasunutí do otvoru. Obvod nástavce je utěsněn silikonem Pattex v podobě lepící tyčinky o průměru 11 mm aplikovaného tavnou pistolí. jak je vidět na následujícím obrázku č. 23.



Obrázek 23: Kovový nástavec utěsněný silikonem

Postup modelování

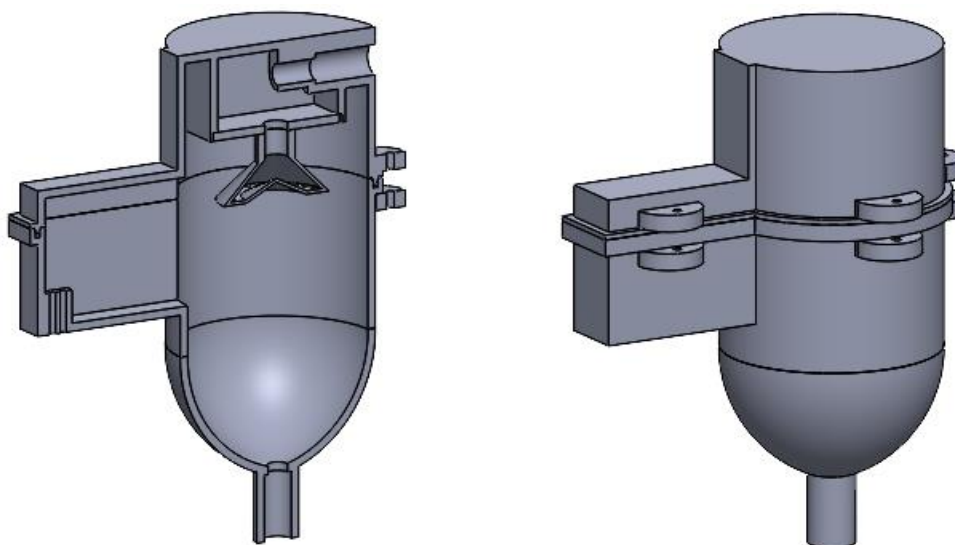
Díl výlevka byl vyvinut celý od začátku. V původním prototypu tato součást zcela chyběla (byla použita podobná výlevka z jiného zařízení). Konstrukčně byla tato součást velice jednoduchá. V přední rovině se vytvořila skica, která se nechala rotovat okolo osy protínající přední a pravou rovinu (viz obrázek č. 24).



Obrázek 24: Pohledový řez přední rovinou v dimetrickém zobrazení *výlevky*

3.1.7 Sestava zařízení

Po úpravě a vymodelování všech dílů byla vytvořena sestava, a to z důvodu kontroly, zda do sebe vše zapadá, jak má a nevznikají kolize z důvodu špatného vypočítání nějakého rozměru na jednotlivých součástech (viz obrázek č. 25).



Obrázek 25: Sestava zařízení, vlevo zobrazena v řezu, vpravo konečná podoba

Po zjištění skutečnosti, že nedochází k žádným kolizím byly všechny součásti uloženy ve verzi .stl která slouží pro tisk na 3D tiskárně.

3.2 3D tisk

Vymodelovaný prototyp byl následně vytisknut na 3D tiskárnách Profi 3D Maker od společnosti 3D factories a Original Prusa i3 MK3S+ kterými disponuje Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Tyto tiskárny jsou umístěny na katedře Zemědělské, dopravní a manipulační techniky v budově ZR (viz tabulka č. 2).

Tabulka 2: Volba tiskáren a využití podpěr (autor, 2021)

Název dílu	Tiskárna	Podpěry
<i>Kryt</i>	Profi 3D Maker	Ano
<i>Destička</i>	Profi 3D Maker	Ne
<i>Dávkovač</i>	Profi 3D Maker	Ano
<i>Těsnění</i>	Original Prusa i3 MK3S+	Ne
<i>Tělo zařízení</i>	Profi 3D Maker	Ano
<i>Výlevka</i>	Profi 3D Maker	Ano

3.3 Parametry 3D modelu zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka

Před začátkem tisku musely být na 3D tiskárně Profi 3D Maker nastaveny všechny požadované parametry. Byla zvolena tryska o průměru 0,5 mm se kterou souvisí výška vrstvy jenž, byla 0,25 mm. Výplň tisku byla nastavena na 100 %. Podpěry byly zvoleny se čtvercovou výplní. Teplota vyhřívání podložky měla hodnotu 85 °C.

Na tiskárně Original Prusa i3 MK3S+ byly také nastaveny všechny požadované parametry. Byla zvolena tryska o průměru 0,4 mm a výška vrstvy 0.05 mm. Výplň tisku byla nastavena na 100 %. Podpěry nebyly pro tisk dílu *těsnění* potřeba. Teplota vyhřívání podložky se také nemusela nijak korigovat.

3.4 Sestavení zařízení

Po vytisknutí všech dílů na 3D tiskárnách byly ze součástí odstraněny podpěry vzniklé při tisku. K tomu bylo použito ručního manuálního i elektrického náradí. Následně proběhlo sestavení zařízení za pomoci roztaveného silikonu Pattex v podobě lepící tyčinky o průměru 11 mm aplikovaného tavnou pistolí. Do prototypu byl připevněn i hmotnostní tenzometr s nádobkou (viz obrázek č. 26).



Obrázek 26: Sestavené zařízení

4 Ověření zařízení laboratorním měřením

Posledním úkolem, jenž byl součástí této diplomové práce bylo ověření funkčnosti zařízení v provozu. Z důvodu nařízení vlády musela být zkouška, původně plánovaná v chovu dojnic nahrazena laboratorním pokusem. Sestavené zařízení bylo napojeno na dojící zařízení a imitaci vemene se struky. Prototyp zařízení se připojil k počítači, jenž zaznamenával hodnoty z hmotnostního tenzometru (viz obrázek č. 27).



Obrázek 27: Ověření zařízení laboratorním měřením

Následně bylo do umělého vemene nalito mléko a spustilo se dojící zařízení. Při průchodu mléka měřícím zařízením nedocházelo k přisávání vzduchu ani jiným projevům netěsností. Při testech zařízení nevykazovalo žádné problematické chování, jeho průchodnost byla dostatečně naddimenzována a výstupní hodnoty odpovídaly množství a vlastnostem protékajícího mléka.

5 Diskuse

Cílem diplomové práce bylo navržení, vytvoření a ověření technických řešení pro optimalizování a vylepšení zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka. Výsledkem této práce je funkční prototyp zařízení. Model byl vytvořen ve studentské verzi programu SolidWorks. Jednotlivé díly byly vytištěny na 3D tiskárnách Profi 3D Maker od společnosti 3D factories a Original Prusa i3 MK3S+ kterými disponuje Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Následně proběhlo sestavení prototypu a ověření jeho funkčnosti v laboratorních podmínkách.

Prvním krokem bylo seznámení se s již existujícím prototypem zařízení. Proběhla diskuse o jeho nedostatcích a omezeních. Byly stanoveny problémy v konstrukci jednotlivých dílů a navrhlo se řešení na jejich odstranění. Dále již proběhla úprava jednotlivých dílů či vytvoření zcela nových v prostředí programu SolidWorks.

Největší úpravy probíhaly na dílech: kryt a tělo zařízení. Zde bylo nutné provést dohromady 11 změn konstrukce. Ostatní díly bylo nutné pozměnit již méně nebo nutné úpravy již nebyly tolik konstrukčně složité. Při vymýšlení konstrukčních řešení nemohla být brána v potaz pouze funkčnost nových prvků, ale také schopnost dostupných 3D tiskáren tyto prvky vytisknout v požadované podobě a kvalitě. Při tisku jednotlivých dílů vznikaly největší problémy s umístěním součástí v prostoru (zvláště kryt a tělo zařízení), tak aby vzniklo co nejméně podpor a zejména aby tyto podpěry nevznikaly na nežádoucích místech, která byla důležitá pro funkčnost prototypu.

Odstraňování podpor byla nejnáročnější činnost na zručnost. Musely být použity nástroje na řezání a broušení. S použitím moderních tiskáren, které využívají pro tisk podpor odlišný materiál než pro tisk samotného dílu, by tato činnost odpadla nebo byla značně ulehčena. Takto vospělá tiskárna však v době vzniku prototypu nebyla k dispozici.

Před testováním zařízení proběhlo jeho sestavení. Poslední činností bylo laboratorní měření, jenž muselo nahradit původně plánované ověřování zařízení v provozu z důvodu vládních nařízeních pro omezení šíření nákazy SARS-CoV-2. Přístroj při ověřování dosáhl uspokojivých výsledků a v této podobě je z konstrukčního hlediska schopen funkce, pro kterou byl navrhnut.

Závěr

V současném zemědělství je kladen velký důraz na robotizaci, automatizaci a používání nových technologií při všech úkonech v živočišné výrobě. Při snaze o zvýšení rentability, efektivnosti, a hlavně kvality živočišných výrobků a pohodlí zvířat se hledají nové cesty, způsoby a techniky, jak ještě zdokonalit výrobní postupy a prováděné činnosti. Velký důraz je kladen na zpřesňování údajů týkajících se dojení mléka. Jedním z těchto údajů je i hmotnost dojeného mléka od jedné dojnice. Proto je snaha o zdokonalování způsobů měření a také vylepšování přístrojů tuto činnost provádějících.

Moderní průmysl se neobejde bez metod počítačového modelování. Jsou využívány nové druhy materiálů, zejména plasty. Při vývoji a tvorbě prototypů jsou stále více nahrazovány klasické výrobní procesy 3D tiskem jenž přináší značné zlevnění, zrychlení a usnadnění celého vývoje.

Všechny tyto okolnosti se staly základem pro tuto diplomovou práci s názvem „Návrh optimalizace a konstrukce zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka“. Jejímž cílem bylo navržení, vytvoření a ověření technických řešení pro optimalizování a vylepšení zařízení pro měření hmotnosti dojeného mléka.

Většina cílů jenž, byly dány při tvorbě zadání diplomové práce, byly splněny. Proběhlo nastudování dané problematiky a následné sepsání rešerše týkající se tématu diplomové práce. Největší částí práce bylo 3D modelování v programu SolidWorks, kde byly vytvořeny jednotlivé díly a přesně určena všechna technická řešení pro správné fungování přístroje. Jednotlivé součásti byly vytisknuty na 3D tiskárnách Profi 3D Maker od společnosti 3D factories a Original Prusa i3 MK3S+. Následně proběhlo odstranění podpor z vytisknutých dílů. Následovalo sestavení prototypu. Posledním úkolem bylo laboratorní měření, jenž z důvodu vládních nařízení pro omezení šíření nákazy SARS-CoV-2 muselo nahradit původně plánované ověřování zařízení v poloprovozních podmínkách komerční stáje. Cílem tohoto měření bylo ověření funkčnosti vyvinutého prototypu. Přístroj při ověřování dosáhl uspokojivých výsledků a v této podobě je z konstrukčního hlediska schopen funkce, pro kterou byl navrhnut.

Seznam použité literatury

- Andrt, M. (2011). *Technika a technologie pro chov zvířat*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, ISBN 978-802-1321-649
- Broom, D.M. (1986). *Indicatus of poor welfare*. 1. vyd. Br.vet.J., ISBN 142: 524–526.
- Bouška J. et al. (2006). *Chov dojeného skotu*. Profi Press, s.r.o., Praha, ISBN 80-867-2616-9, 186 s.
- Doležal, O. et al. (1996). *Technologie a technika chovu skotu*. Praha: Svaz chovatelů českého strakatého skotu. 184 s.
- Doležal, O. et al. (2000). *Mléko, dojení, dojírny*. Praha 1: Agrospoj. 241 s.
- Doležal, O. et al. (2002). *Komfortní ustájení vysokoprodukčních dojníc*. Praha: VÚŽV. 129 s. ISBN 80-86454-23-1.
- Doležal, O. et al. (2004). *Zásady welfare a nové standardy v chovu skotu*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 70 s. ISBN 80-86454-51-7.
- Doležal, O. (2006). *Kde hledat problémová místa ve stáji?* Agromagazín, 7 (4): 42-46 s.
- Fao (1989). *Milking, milk production hygiene, and udder health*. Rome. 105 -113 s. ISBN: 92-5-102661-0
- Faturík, Š. a Kuchař P. (1998). *Hmotnostní průtokoměry na bázi Coriolisova principu z pohledu teorie a praxe*. Automatizace, roč. 41, č. 6. s. 348.
- Freibauer, M. H. et al. (2010). *Základy práce v CAD systému SolidWorks*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, ISBN 978-80-251-2504-5.
- Frelich J. et al. (2001). *Chov skotu*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, ISBN 80-7040-512-0.
- Frelich, J. (2011). *Chov hospodářských zvířat I*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. ISBN 978-80-7394- 298-4.
- GLEESON, D. et al. (2009). *Effect of pre-milking teat preparation procedures on the microbial count on teats prior to cluster application*. Irish Veterinary Journal. 62: 461-467.

- Gomez, A. a Cook, N.B. (2010). *Time budgets of lactating dairy cattle in commercial herds*. Journal of Dairy Science. 93: 5772 – 5781
- Grieger, C. et al. (1990). *Hygiena mlieka a mliečnych výrobkov*. Príroda.
- Hardy, J. (1999). *Flow measurement methods and applications*. New York: Wiley. ISBN 978-0-471-24509-4, s. 264.
- Haug, A. et al. (2007). *Bovine milk in human nutrition—a review*. *Lipids in health and disease*, 6(1), 25.
- Hofírek, B. et al. (2009). *Nemoci skotu*. Brno: Noviko, 1149 s. ISBN 978-80-86542-19-5.
- Hrouz, J., et al. (2007). *Etologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Brno: MZLU. 185 s. ISBN 978-80-7157-463-7.
- Hulsen, J. (2008). *Robotic milking*. Roodbont Publishers B.V., Zutphen. ISBN 978-90-8740-043-9, s. 52
- Javaid, S. et al. (2009). *Physical and chemical quality of market milk sold at Tandojam, Pakistan*. Pakistan Veterinary Journal, 29(1).
- Kadlec, V. et al. (1969). *Mechanizace živočišné výroby: vysokoškolská učebnice pro vysoké školy zemědělské*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 395 s.
- Kejík, C. a Fryč, J. (1997). *Technika pro živočišnou výrobu II*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 153 s., ISBN 80-715-7252-7
- Kic, P. (1998). *Nové trendy v zemědělské technice (Část 2 – Technika na farmách pro chov skotu)*. Praha: ÚZPI. 56 s. ISBN 80-86153-94-0.
- Kratochvíl, L. et al. (1988). *Výroba mléka*. Vyd. 1. Praha: Moravské tiskařské závody, n. p., 264 s.
- Kurwijila, L.R. (2006). *Hygienic milk handling, processing and marketing. Reference guide for training certification of small-scale milk traders in East Africa*. Sokoine University of Agriculture. Tanzania. 28–29 s
- Kvapilík, J. (2005). *Automatizované dojení krav (dojící roboty). Dosavadní poznatky a názory*. Praha: VÚŽV. 59 s. ISBN 80-86454-58-4.

Machálek, A. et al. (2005). *Analýza a metodika hodnocení interakcí systému člověk - zvíře - robot na farmách dojnic: Certifikovaná metodika*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. 49 s. ISBN 978-80- 86884-63-9.

Novák, P. a Malá G. (2013). *Quo vadis, welfare*. Veterinářství. Praha. ProfiPress. 11/2013. 829-830 s. ISSN 0506-8231.

Peterka, J. a Janáč A. (2002). *CAD/CAM systémy*. 1.vyd. Bratislavě: STU. 63 s. ISBN 80-227-1685-5

Příkryl, M. (1997). *Technologická zařízení staveb živočišné výroby*. Praha: Tempo Press II, 1997. s. 276, ISBN 80-901052-0-3.

Skládanka, J. (2014). *Chov strakatého skotu*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-258-8.

Strapák, P. et al. (2013). *Chov hovädzieho dobytka*. 1. vyd. Nitra: Patria I. spol. s.r.o. 607 s. ISBN 978-80-552-0994-4

Urban, F. (1997). *Chov dojeného skotu, reprodukce, odchov, management, technologie, výživa*. Praha: Apros. ISBN 80-901-1007-X.

Vergricht, J. et al. (2008). *Inovace technických a technologických systémů pro chov dojnic: Metodická příručka MZe ČR*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. 80 s. ISBN 978-80-86884.37-0.

Webster, J. (1999). *Welfare: životní pohoda zvířat aneb Strážlivé kázání o ráji*. International Fund for Animal Welfare. East Sussex, UK. 11 s. ISBN:80-238-4086-X

Zucali, M. et al. (2011). *Effects of season, milking routine and cow cleanliness on bacterial and somatic cell counts of bulk tank milk*. Journal of Dairy Research, 78(4):436-41

Internetové zdroje

3DFactoryS (2019). *Profi 3D Maker – vysoká přesnost pro velké díly*. [online] 3Dfactories [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.3dfactories.com/3d-printers/profi3dmaker/>

Adamcová, K. et al. (2019). *Hygienické a welfare aspekty strojního dojení v prvovýrobě mléka*. [online] VFU [cit. 2021-01-12]. Dostupné z:

https://www.vfu.cz/files/2230_56_Hygienicke_a_welfare_aspekty_strojního_dojení_v_prvovýrobe_mleka.pdf

Coburn.com (2008). *Waikato milking systems*. [online]. Waikato [cit. 2021-01-14].

Dostupné z:

https://www.coburn.com/img/product/description/InstructionManuals/WaikatoSpeedSampler_Ins_2008-08-22.pdf

Dassault systémes (2014). *Historie společnosti*. [online] Dassault systémes [cit. 2020-11-16] Dostupné z: <https://www.solidworks.cz/solidworks-3d-cad>

Dassault systémes (2014). *Solutions for Academia* [online] Dassault systémes [cit. 2020-11-19] Dostupné z: https://www.solidworks.com/solution/organization-type/academia#_ga=2.16737907.47463801.1605796766-0be425d0-053c-11eb-9f51-ad1cc952bfe9

Filament-pm.cz (2020). *PETG - černá (1,75 mm; 2 kg)*. [online] [cit. 2020-12-01] Dostupné z: <https://www.filament-pm.cz/petg-cerna-1-75-mm-2-kg/p152>

Filament-pm.cz (2020). *TPE 32 RubberJet Flex - černá (1,75 mm; 0,5 kg)*. [online] [cit. 2021-3-15] Dostupné z: <https://www.filament-pm.cz/tpe-32-rubberjet-flex-cerna-1-75-mm-0-5-kg/p90>

Jackson, B. et al. (2017). *The Free Beginner's Guide* [Online]. 3D Printing Industry. [cit. 2020-11-18] Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/3d-printingbasics-free-beginners-guide#04-processe>

Kadlec, K. (2006). *Snímače průtoku – principy, vlastnosti a použití (část 3)*, [online]. Automa, č.12, 5 s. [cit. 2020-11-06] Dostupné z https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/snimace-prutoku-principy-vlastnosti-a-pouziti-cast-3-2006_12_31534_3992/

Kamír, J. (2019). *Konvové dojení*. Kamír a Co. vše pro farmu [Online], [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.kamir.cz/infoportal/konvovove-dojeni>

Kinovič, F. et al. (2013). *Tepelné hmotnostní průtokoměry a regulátory*. Automa [online]. 2013 [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document=29006

Livestock.tru-test.com (2018). *Lactocorder TT*. [online]. [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: <https://www.livestock.tru-test.com/en/product/lactocorder-t-t>

Orionkikai.co (2016). *Luxmeter Data MMD500* [online] Orionkikai.co.jp [cit. 2021-01-14]. Dostupné z:

<https://www.orionkikai.co.jp/rakuno/products/sakunyu/mmd500/index.html>

Manualslib.com (2003). *Silicone And Rubber Component Replacement - Afikim Afilite Plus User Manual*. [online]. [cit. 2021-01-14]. Dostupné z:

<https://www.manualslib.com/manual/753074/Afikim-AfilitePlus.html?page=31#manual>

Pajerchin, J. (2006). *Také CAD aplikace mohou být zdarma*. [Online], [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/take-cad-aplikace-mohou-byt-zdarma/sc-3-a-130064/default.aspx>

Patentscope.wipo.int (2016). *DOUBLE CHAMBER VOLUMETRIC MILK METER*. [online]. [cit. 2021-01-14]. Dostupné z:

<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2016046722&tab=PCTDESCRIPTION>

Procházka, K. (2012). *Rozdělení CAD systémů*. [Online], [cit.2020-11-10]. Dostupné z: [https://www.sspu-](https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/ICT_III_AutoCAD/VY_32_INOVACE_E-13-01.pdf)

[opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/ICT_III_AutoCAD/VY_32_INOVACE_E-13-01.pdf](https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/ICT_III_AutoCAD/VY_32_INOVACE_E-13-01.pdf)

Průša, J. (2013). *O 3D tisku*. In: *Josef Prusa - 3D tisk a tiskárny* [online]. Josef Průša [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <http://josefprusa.cz/o-3d-tisku/>

PRŮŠA, J. (2014). *Základy 3D tisku*. [online] [cit. 2020-11-16] Dostupné z:

<https://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>

Qualitycertification.com (2008). *UNIPULS MILK MEASURING* [online] [cit. 2021-01-14]. Dostupné z:

http://www.qualitycertification.com/Technical_Docs/UNIPULS%20MILK%20MEASURING.pdf

Selko (2021). *Chladicí tank na mléko MPV 300*. [online]. SELKO [cit. 2021-01-12]

Dostupné z: <https://www.selko.cz/dojeni/9765-chladici-tank-na-mleko-mpv300.html>

Shop.prusa3d.com (2021). *Stavebnice 3D tiskárny Original Prusa i3 MK3S+*

[online] [cit. 2021-03-15] Dostupné z: <https://shop.prusa3d.com/cs/3d-tiskarny/180-stavebnice-3d-tiskarny-original-prusa-i3->

mk3s.html?gclid=Cj0KCCQjwi7yCBhDJARIsAMWFScN_Wu-dVr_M06UVEdZH-Ti3EIM93OGJ_tPfeFPkr1U03KP6y42vkzIaAnGVEALw_wcB

Solidvision (2018). *SolidWorks – 3D CAD navrhování*. [online] [cit. 2020-11-16]

Dostupné z: <https://www.solidvision.cz/solidworks/>

Spedding, C. (2000). *Animal welfare*. London: Earthscan Publications, ISBN

1853836729. Dostupné z:

<http://books.google.cz/books?id=OkFWtA51VRIC&printsec=frontcover&dq=animal+welfare&hl=cs&sa=X&ei=jaJBUZaDInCtQbKmIGABg&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=animal%20welfare&f=false>

Svaz chovatelů českého strakatého skotu (2008). *Plemeno české strakaté – základní informace* [online]. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z:

<https://www.cestr.cz/plemeno.html>

Trajlinek, J. (2004). *Automatické dojení pomocí robotů v usa a evropě*. [online]. [cit. 28. 10. 2020]. Dostupné z: <http://www.genoservis.cz/cz/poradenstvi/clanky/skot/291-automaticke-dojeni-pomoci-robotu-v-usa-a-evrope>

Varotsis, A. B. (2018). *Printing processes FDM* [Online]. [cit. 2020-11-18]

Dostupné z: <https://www.3dhubs.com/3d-printing/processes/fdm/>

Vegricht, J. (2005). *Katalog technických systémů vhodných pro nové a rekonstruované farmy skotu se základními technickými a provozními parametry*

[online]. Praha: VÚZT, [cit. 2020-10-22] Dostupné z: [https://docplayer.cz/8123614-](https://docplayer.cz/8123614-Katalog-technicky-systemu-vhodnych-pro-nove-a-rekonstruovane-farmy-skotu-se-zakladnimi-technickymi-a-provoznimi-parametry.html)

[Katalog-technicky-systemu-vhodnych-pro-nove-a-rekonstruovane-farmy-skotu-se-zakladnimi-technickymi-a-provoznimi-parametry.html](https://docplayer.cz/8123614-Katalog-technicky-systemu-vhodnych-pro-nove-a-rekonstruovane-farmy-skotu-se-zakladnimi-technickymi-a-provoznimi-parametry.html)

Vscht.cz (2008). *Měření průtoku tekutin: principy průtokoměrů* [online]. VUT Brno:

Ústav automatizace, měření a kybernetiky [cit. 2020-11-08]. Dostupné z:

<http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4-ram.htm>

Zootenicaballan.com (2020). *Mds-management.pdf*. [online]. [cit. 2021-01-14].

Dostupné z: <https://www.zootenicaballan.com/pdf/sac/mds-management.pdf>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip činnosti kalorimetrického kapilárního průtokoměru, převzato a upraveno z: (Kinovič et al., 2013).....	20
Obrázek 2: Princip měření termoanemometrem (Slováček, 2012).....	21
Obrázek 3: Změny při ztrátě pohody zvířete (Hrouz et al., 2007).....	22
Obrázek 4: Pracovní prostředí SolidWorks Student Edition.....	29
Obrázek 5: Způsob tisku FDM/FFF (Průša, 2014).....	30
Obrázek 6: Extruder (Průša, 2014).....	31
Obrázek 7: komponenty FDM/FFF tiskárny (Průša, 2014).....	33
Obrázek 8: 3D tiskárna Profi 3D Maker od společnosti 3D factories.....	34
Obrázek 9: Original Prusa i3 MK3S+ (Shop.prusa3d.com, 2021).....	35
Obrázek 10: Popis zařízení s upravovanými součástmi.....	39
Obrázek 11: Princip funkce prototypu.....	40
Obrázek 12: Kryt se všemi hranami viditelnými v dimetrickém zobrazení, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	41
Obrázek 13: Výstupek a rozšíření stěny zobrazení v řezu podél přední roviny, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	42
Obrázek 14: Řešení konstrukce připojení hadice přivádějící mléko v dimetrickém zobrazení v řezu přední rovinou, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	43
Obrázek 15: Kovový nástavec na připojení potrubí ke <i>krytu</i>	43
Obrázek 16: <i>Destička</i> v izometrickém zobrazení.....	45
Obrázek 17: Dávkovač v pohledovém řezu přední rovinou v dimetrickém zobrazení, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	46
Obrázek 18: <i>Těsnění</i> v trimetrickém zobrazení.....	47
Obrázek 19: Tělo zařízení v izometrickém zobrazení, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	48
Obrázek 20: Drážka zobrazená v řezu podél přední roviny, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	48
Obrázek 21: Příruby v řezu a výstupek pasující do drážky, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	49
Obrázek 22: Drážka pro kabel váhového tenzometru, vlevo před úpravami, vpravo po úpravách.....	49
Obrázek 23: Kovový nástavec utěsněný silikonem.....	51

Obrázek 24: Pohledový řez přední rovinou v dimetrickém zobrazení <i>výlevky</i>	52
Obrázek 25: Sestava zařízení, vlevo zobrazena v řezu, vpravo konečná podoba	53
Obrázek 26: Sestavené zařízení	54
Obrázek 27: Ověření zařízení laboratorním měřením.....	55

Seznam tabulek

Tabulka 1: Složení kravského mléka (Bouška et al., 2006).....	10
Tabulka 2: Volba tiskáren a využití podpěr (autor, 2021)	53

Seznam zkratk

.stl	(Standard Triangle Language) – Steleolitografie
2D	(Two – dimensional) – dvojdimenzionální
3D	(Three – dimensional) – třídimezionální
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
CAD	(Computer Adided Design) – Počítačem podporované programování
č.	Číslo
ČSA	Česká technická norma
FDM	(Fused Deposition Modeling) – Modelování fúzní depozice
FEM	(Finite Element Method) – Metoda konečných prvků
FFF	(Fused Filament Fabrication) – Výroba taveného vlákna
ISO	(International Organization for Standardization) – Mezinárodní organizace pro standardizaci
LCA	(Life Cycle Assessment) – Posuzování životního cyklu
PDM	(Product Data Management) – Správa produktových dat
PETG	(Polyethylene terephthalate glycol) – Polyethylentereftalát
PLA	(Polylactic) – Polymléčná kyselina
SARS-CoV-2	(Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2) – Koronavirus související s těžkým akutním respiračním syndromem

Přílohy

Příloha I – Výkresová dokumentace

Příloha II – CD, na kterém je samotná práce a všechny modely, včetně sestav a výkresové dokumentace.

Přiložené CD obsahuje:

- Bakalářská práce
 - Veškeré díly modelu
 - Výkresová dokumentace všech dílů
-