

TARTU ÜLIKOOL

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Tehnoloogiainstituut

Allan Kustavus

**Individaalseadistusega mitme isendi toega kuivtoidu jagaja**

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Arvutitehnika eriala

Juhendaja:

Helina Kitsing - Eksperimentaal-  
tehnika tugilabori juht

Kaasjuhendaja:

Koit Kulper - Robotik

Tartu 2016

# Sisukord

<b>Joonised</b>	<b>4</b>
<b>Tabelid</b>	<b>5</b>
<b>Individaalseadistusega mitme isendi toega kuivtoidu jagaja</b>	<b>6</b>
<b>Configurable dry food dispenser for multiple individuals</b>	<b>7</b>
<b>Lühendid, konstandid, mõisted</b>	<b>8</b>
<b>1 Sissejuhatus</b>	<b>9</b>
<b>2 Probleemi püstitus</b>	<b>10</b>
2.1 Ühiskonna ja tehnoloogia arengu seos lemmikloomadega . . . . .	10
2.2 Kassi dieet ja toitumiskäitumine . . . . .	10
2.3 Automatiseeritud kuivtoidu jagaja eelised . . . . .	11
2.4 Probleemkohad kassi toitmise automatiseerimisel . . . . .	12
<b>3 Olemasolevate kuivtoidu jagajate analüüs</b>	<b>14</b>
3.1 Aspen Le Bistro . . . . .	14
3.2 Petsafe Healthy Pet . . . . .	15
3.3 Petnet SmartFeeder . . . . .	16
3.4 Wireless Whiskers . . . . .	18
3.5 Olemasolevate lahenduste võrdlus ja kokkuvõte . . . . .	19
<b>4 Individaalseadistusega mitme isendi toega kuivtoidu jagaja</b>	<b>21</b>
4.1 Funktsionaalsed nõuded . . . . .	21
4.2 Mittefunktsionaalsed nõuded . . . . .	21
4.3 Automomatischeeritud kuivtoidu jagaja kontseptsioon . . . . .	22
<b>5 Seadme elektroonika</b>	<b>24</b>
5.1 Keskne platvorm . . . . .	24
5.2 Mootorid . . . . .	24
5.3 Toidukoguse hindamine . . . . .	25
5.3.1 Mahtuvusel põhinev andur . . . . .	25
5.3.2 Takistusel põhinev membraan-andur . . . . .	25
5.3.3 Tensoandur . . . . .	26
5.4 Kasside tuvastamine . . . . .	27

<b>6</b>	<b>Seadme mehaanika konstruktsioon ja valmistamistehnoloogia</b>	<b>30</b>
6.1	Materjali valik . . . . .	30
6.2	Toidu hoidmine . . . . .	31
6.3	Doseerija valik . . . . .	32
6.3.1	Doseerimine ruumala järgi . . . . .	32
6.3.2	Doseerimine lindiga . . . . .	33
6.3.3	Doseerimine kruviga . . . . .	33
6.4	RFID antenn . . . . .	35
6.5	Toidunõu . . . . .	35
<b>7</b>	<b>Seadme tarkvara projekteerimine</b>	<b>37</b>
7.1	Andmebaas . . . . .	37
7.2	Isendi äratundmine . . . . .	38
7.3	Toidu doseerimine . . . . .	40
7.4	Toidukoguse hindamine . . . . .	41
7.5	Toidukausile ligipääsu lubamine . . . . .	41
<b>8</b>	<b>Tulemused</b>	<b>42</b>
	<b>Kokkuvõte</b>	<b>43</b>
	<b>Tänuavaldused</b>	<b>44</b>
	<b>Kirjandus</b>	<b>45</b>
	<b>Lisad</b>	<b>49</b>

# Joonised

2.1	Erineva kuju ja suurusega kuivtoidugraanulid. <b>A</b> - Royal Canin British Short-hair, <b>B</b> - Hills Science Plan Oral Care, <b>C</b> - Royal Canin Exigent 35/30, <b>D</b> - Royal Canin Sterilised Appetite Control, <b>E</b> - Concept For Life All Cats, <b>F</b> - Nature's Protection Sensitive Digestion . . . . .	13
3.1	Aspen Le Bistro [11] . . . . .	14
3.2	Petsafe Healthy Pet [15] . . . . .	16
3.3	Petnet SmartFeeder [20] . . . . .	17
3.4	Petnet SmartFeeder [22] . . . . .	18
4.1	Automaatse kuivtoidu jagaja moodulite plokkdiagramm. $\Rightarrow$ - toidu liikumine. $\rightarrow$ - otsene suhtlemine. = - kaudne suhtlemine. . . . .	23
5.1	Mahtuvusel põhineva anduri ehitus [27] . . . . .	25
5.2	Interlink FSR anduri ehitus [28] . . . . .	26
5.3	FSR sensori takistuskõver jõu rakendamisel [29] . . . . .	26
5.4	Tensoanduri tavaline metallfooliumi muster [34] . . . . .	27
5.5	Wheatstone'i silla asetuses tensoandurid . . . . .	27
5.6	Tensoanduritega varustatud jõumõõdetoos [30] . . . . .	28
5.7	RDM6300 moodul [32] . . . . .	28
5.8	125 kHz RFID-silt [33] . . . . .	28
5.9	Pooli peale keeritud 100 mm diameetriga antenn . . . . .	29
6.1	Toiduhoidja koost . . . . .	31
6.2	Toiduhelveste doseerimiseks mõeldud rootor. [46] . . . . .	32
6.3	Sileda lindiga süsteem aine transportimiseks ja doseerimiseks [48] . . . . .	33
6.4	Toidu doseerimiseks projekteeritud kruvikonveier . . . . .	34
6.5	Mootoripoolne kruvi võllipikendus, millele ühendub rihmaratas . . . . .	35
6.6	Toidukausipoolne kruvi võllipikendus . . . . .	35
6.7	Sahtli koost koos kausi ja liigutamismehhanismiga . . . . .	36
7.1	Programmi plokkskeem . . . . .	38
7.2	Rakenduse andmebaasi arhitektuur . . . . .	39

# Tabelid

3.1	Turul olevad automaattoitjad . . . . .	20
5.1	Mootorid . . . . .	25
5.2	RFID sagedused . . . . .	28
5.3	RFID sagedused [37] . . . . .	28
5.4	Keritud antennide parameetrid . . . . .	29
7.1	Virtuaalse jadaliidese seadmed . . . . .	39
7.2	Mootoriplaadi põhiline käsustik $D=37$ mm mootori puhul . . . . .	40

# Individaalseadistusega mitme isendi toega kuivtoidu jagaja

Lemmiklooma kui seltsilise roll on ühiskonnas palju muutunud. Üha enam suhtutakse kodulooma kui pereliikmesse. Sealjuures on looma ja inimese eluviis ja vajadused väga erinevad. Mõlema osapoole täisväärtusliku elulaadi tagamiseks otsitakse üha enam arukaid lahendusi. Tehnika võimaldab vähendada koormavaid rutiinseid tegevusi, jättes rohkem aega looma kui kaaslasega suhtlemiseks. Loomapidamise argielu paratamatu osa on toitmine, mille automatiseerimine aitaks kooselu lihtsustada ja pingeid vähendada. Üks populaarsemaid lemmikloomi on kass. Nende dieet ja toitumisharjumused nõuavad küllaltki palju tähelepanu. Kasside jaoks intuitiivse automatiseeritud toitmisseadme terviklahenduse väljatöötamine on tehnoloogiliselt väljakutsuv.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli koostada mitut isendit toetav kuivtoidu jagaja kassidele. Töö käigus analüüsiti populaarsemaid kassidele mõeldud automatiseeritud toidujagajaid ja kasside tervislikke toitumisvajadusi. Loodi uudne lahendus mitme looma individaalseks automatiseeritud toitmiseks mis võimaldab anda omanikule tagasisidet iga looma toitumiskäitumisest.

Töö esimene pool analüüsib kassi dieeti ja toitumisharjumusi. Välja on toodud automatiseerimise eelised ja tehnilised väljakutsed. Analüüsisit järelendus, et reglementeeritud söögirežiimi abil on võimalik mõjutada kassi tervist ning parandada kodulooma suhet omanikuga. Olemasolevate kuivtoidujagajate juures esines mitmeid puudujääke. Turul puudub seade isendipõhise toitumisvajaduse rahuldamiseks.

Loodi lahendus, mis suudab pakkuma isendist sõltuvat dieeti, sealjuures mõõtes reaalselt tarbitud koguseid. Kogutud andmete põhjal on võimalik jälgida iga kassi toitumisharjumusi. Statistikast, sealjuures kõrvalekalletest, on võimalik teavitada omanikku näiteks nutiseadme abil.

**CERCS:** T125 Automatiseerimine, robotika; T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia; [1]

**Märksõnad:** robotika, automatsioon, kontroll, elektroonika, programmeerimine, kaalumine, kass, mehhaanika, 3D printimine, arvutid, ohutus

# Configurable dry food dispenser for multiple individuals

The role of pets as such in society has changed. More and more are they seen as part of family. Additionally, the way of life of an animal and a person can differ. Smart solutions are used to increase the quality of life of both sides. Technology makes it possible to reduce the time spent of routine tasks, leaving more quality time between pet and owner. Feeding your pet is part of per owners everyday life. Automating such tasks can reduce tensions in and make everyday life simpler. One of the most popular pets is a cat. Their diet eating habits require much attention. The development of an automated solution for feeding cats in a technical challenge.

The goal of this bachelor's thesis is it to construct a autoamated cat feeder intended for multi-pet households. More popular cat feeders are analyzed. The nutritional needs of cats are noted down. A novel way of feeding multiple individual animals, that also provides feedback for the ovner, was developed.

The first part of this thesis analyzes the dietary and nutritional need of cats. The advantages and technical challenges of feeding automatisaton are brought up. It is concluded that a regulated feeding schedule has an effect on the cats health and improves the pet-owner relationship. Aavailable automatic cat feeders gave unsatisfactory results. Currently there is no good solution for feeding multiple pets available on market.

A solution that can provide an individual animal with a personalized dietary solution and real feedback was devised. It is possilbe to monitor cats from the collected data, making statistical conclusions and notifying the owner about them, via smartphone for example.

**CERCS:** T125 Automation, robotics, control engineering; T120 Systems engineering, computer technology; [1]

**Märksönad:** robotics, automation, control, electronics, programming, weighing, cat, mechanics, 3D printing, computers, safety

# Lühendid, konstandid, mõisted

**RFID** - (*ingl Radio Frequency IDentification*) raadiosagedustuvastus. Raadiolainetel põhinev tehnoloogia objektide tuvastamiseks ja jälgimiseks. [2]

**iOS** - Apple'i poolt arendatav mobiilsete seadmete operatsioonisüsteem. [2]

**UML** - (*ingl Unified Modeling Language*) unifitseeritud modelleerimiskeel. Üldotstarbeline noteeringukeel keerulise tarkvara, peamiselt suurte objektorienteeritud projektide spetsifitseerimiseks. [2]

**SoC** - (*ingl System On a Chip*) süsteemikiip. Elektroonikas ühte kiipi mahutatud terviklik toode. [2]

**ARM** - (*ingl Advanced RISC Machine*) protsessoriarhitektuur. [2]

**MicroSD kaart** - (*ingl MicroSD card*) SD Card assotsiatsiooni poolt standardiseeritud välgmälukaart. [2]

**GPIO** - (*ingl General-purpose input/output*) juhitud integraalskeemi väljaviik.

**UART** - (*ingl Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) universaalne asünkroontransiiver. Programmeeritud mikrokiip, mis juhib arvutit ja välisseadmeid ühendavat jadalidest. [2]

**PWM** - (*ingl pulse width modulation*) signaalimodulatsiooni liik. Väljundsignaali reguleeritakse väljundpinge impulsside laiuse kaudu.

**API** - (*ingl Application Programming Interface*) rakendusliides. Reeglistik, mille alusel rakendusprogramm kasutab teiste rakendusprogrammide teenuseid. [2]

**FSR** - (*ingl Force Sensing Resistor*) jõudu tajuv takisti. Sensor, mille takistus sõltub talle rakendatavast jõust.

**ADC** - (*ingl Analog-to-Digital Converter*) analoog-digitaalmuundur. Seade, mille sisendile antakse analoogsignaali ja väljundil saadakse digitaalsignaali. [2]

**Operatsioonvõimendi** - Suure pingevõimendusteguriga kahe sisendiga võimendi. [3]

**Ostsiloskoop** - Seade, mis mõõdab muutuseid signaali pingetasemes läbi aja.

# 1 Sissejuhatus

Tänapäeval suhtutakse kodulooma üha enam kui pereliikmesse. Loomad pakuvad inimesele seltsi, hoolt ja kaitset. Pingelises ühiskonnas aitavad koduloomad inimestel igapäevaelust tekkinud stressi ja muredega toime tulla. Kohati on inimese ja looma vajadused sedavõrd erinevad, et mõlema osapoole heaolu on keeruline tagada. Seda võib täheldada näiteks toitmise, ühe kõige rutiinsema, tegevuse puhul. Sealjuures võivad taibukad lahendused vähendada just rutiinse tegevuse koormust, jättes rohkem aega lemmikloomaga suhtlemiseks.

Üheks inimeste lemmikuks on kujunenud kodustatud kass (*Felis catus*). Kodustatud kass on väike, tavaliselt karvane lihasööjast imetaja. Inimesed hindavad kasse seltsilisena ning neid on ajast-aega väärtustatud kui häid kahjurite jahtijaid. Maailmas on orienteeruvalt 70 erinevat kassiliiki. Olenevalt liigist võivad nad olla väga eriliste vajadustega. [4] Välimuselt on kass väikese paindliku kehaga, kiire reaktsioonijaga, teravate küüniste ja liha söömiseks ning jahi pidamiseks mõeldud hammastega. Kass on kohanenud hämara eluviisiga. Looma kõige aktiivsem periood enamasti on videviku ja koidiku ajal. Enamus kasse magavad suurema osa ööst ja puhkavad ka päeval [5]. Kassidel on väga terav kuulmine. Eriti hästi kuulevad nad kõrgeid sagedusi, mida on vaja väikeste loomade, näiteks hiirte, leidmiseks. Lisaks suudab keskmine kass näha ka peaaegu täielikus pimeduses. Hea valgustundlikuse tõttu on kasside värvitaju pärsitud [6]. Jahipidamiseks on kassidele oluline ka hea haistmismeel. Kassid peavad jahti küll individuaalselt, aga omavad siiski mitmeid viise suhtlemiseks, näiteks vokaalsete märguannetega (nurrumine, näugumine, urisemine jne), feromoonide ja kehakeele kaudu [7].

Kasside ja inimeste eluviis on küllaltki erinev. Kasside toitumisharjumuste jälgimine nõuab inimeselt küllaltki palju hoolt ja tähelepanu. Selle tegevuse automatiseerimine aitaks looma ja omaniku kooselu lihtsustada. Vajaminev lahendus võib olla tehnoloogiliselt keeruline. Kassi ei ole lihtne õpetada, seega peab nimetatud seade olema loomale võimalikult intuitiivne kasutada, arvestamaks tema nõudliku toitumisspetsiifikat. Lisaks tuleb arvestada lahenduse kasutusmugavusega omanikule.

Kaubandusse on tekkinud üha enam lahendusi, mis aitavad lemmiku eest hoolitseda. Näiteks on olemas automatiseeritud toidujagajad, mis suudavad ka järelvalveta kanda hoolt kassi toiduvalmistamise eest. Kaubanduslikud toidujagajad on välja töötatud katma võimalikult suurt turuosa ja sellest tulenevalt on arvestatud vaid loomade üldiste vajadustega. Näiteks on enamasti tootjatest disainitud ainult ühe loomaga pere jaoks. Kui perekonnas on aga mitu kassi, ei suuda ühele isendile mõeldud masin katta olukordasid, mis tekivad kasside kooselus.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on analüüsida mitut kassi omava pere nõudeid automaattoitja jaoks ning töötada välja lahendus, mis oleks võimeline lahendama probleeme, mis kerkivad esile eelkõige mitme kassi toitmise käigus.

## 2 Probleemi püstitus

### 2.1 Ühiskonna ja tehnoloogia arengu seos lemmikloomadega

Järjest enam on kasvanud tehnoloogia osakaal loomakasvatuses ja suhtlemisel loomadega. Seetõttu ei ole üllatav, et tehakse ka loomadele mõeldud lahendusi: olgu see automatiseeritud lehmalaud, kotkapesa jälgimise kaamera või veeringlusega jooginõu. Elutempo kiiruse tõttu on tekkinud nõudlus lahenduste järele, mis suudaksid omanikku abistada lemmiklooma eest hoolitsemisel. Loodud on näiteks jälgimisseadmed loomade ülesleidmiseks, nende toitmiseks ja nende järele koristamiseks. Sellised vahendid muudavad lemmiku eest hoolitsemise lihtsamaks ja tagavad tema heaolu ka siis, kui omanik on hõivatud muude kohustustega. Antud töö raames on sihtgrupiks tavaline kodustatud kass. Vaatluse all on seadmed, mis lihtsustavad kasside toitmist.

### 2.2 Kassi dieet ja toitumiskäitumine

Kassi toiduvalik jaotub kolme klassi: toortoit (toores liha ja siseorganid), töödeldud toit (konservid ja pakitoit) ning kuivtoit. Enim kasutatakse kuivtoitu või kombineeritakse kuivtoitu töödeldud toiduga. Vähem kasutatakse toortoitu. Ilmselt on põhjus selles, et kuivtoidu kasutamine on omanikule mugav. Kuivtoit säilib kaua, selle serveerimine on mugav ja toiduvalik on lai.

Kassi tarbivad tavaliselt päeva jooksul mitu väikest toiduportsjonit. Keskmise kassi kehamass on ligikaudu 4 kg ja ta vajab vahemikus 40 kuni 60 grammi toitu, mis on jaotatud vähemalt kolmele toidukorrale päevas. [8] Siiski sõltub täpne toidukordade suurus ja tihedus konkreetsest isendist. Toidukordade vahele ei tohiks jääda üle 8 tunni [9]. Seetõttu sõltuvad toidupakenditel kirjeldatud soovitatavad toidukogused kassi kehakaalust, vanusest ja aktiivsusest. Need soovitused olenevad kuivtoidu tüübist ja erinevad tootja kaupa. Olemas on ka spetsiaalsed kuivtoidud konkreetsetele kassitõugudele ja veterinaartoidud teatud terviseprobleemide ennetamiseks. Mõned näited on toodud lisas 1.

Kassi toitumiskäitumine ei sõltu ainult kassist, vaid ka teistest lemmikloomadest, kellega ta koos elab. Kasside vahel on paika pandud hierarhia, esineb nii dominantseid kui järeleandlikke isendeid. Dominantsed kassid tahavad süüa esimesena, järeleandlikud loobuvad toidust teise kassi kasuks. Lisaks esineb konkurents, mille tõttu kassid üritavad toitu üksteise eest ära süüa, arvates, et teisele loomale on antud midagi paremat.

Kassi toitumisharjumuste puhul mängib rolli ka kassi iseloom. Mõned individid võivad olla isekad, teised pirtsakad ja valivad. Seetõttu tehakse neile spetsiaalseid toidusegusid. Valivatele

kassidele on valmistatud erilise lõhna või maitsega toidud. Samuti ei tule ülekaalus kasside puhul pelgalt kassi iseloomust, vaid ka omaniku vales käitumisest, kus väärtõlgendatakse kassi käitumist. Kassile tähelepanu pööramise asemel antakse talle süüa. Kui kassi toidukogused on kontrollitud, on lihstam kassi käitumist tõlgendada.

Toitumine kirjeldab hästi ka kassi tervise seisundit. Mittesöömine on tihti kassi terviseprobleemi esimene indikaator. Praegused tehnilised lahendused lubavad välja töötada kassidele mõeldud automatiseeritud toitmissüsteemi ja seeläbi anda juurde võimalus jälgida looma tervislikku seisundit. Omanikul tekib parem ülevaade kodulooma toitumisharjumustest ja vajadustest.

## 2.3 Automatiseeritud kuivtoidu jagaja eelised

Automatiseeritud kuivtoidu jagaja kasutamine pakub omanikule mitmeid eeliseid looma käsitsi toitmise kõrval. Automatiseerimine:

- annab omanikule vabaduse kuna toitu jagatakse ka tema kohalolulata;
- võimaldab paremini jälgida ja kontrollida kassi tervislikku seisundit, näiteks haiguste esinemist ja kehakaalu;
- võimaldab paremini kontrollida kassi käitumist, näiteks ööpäevarütmi ja rutiini;
- võimaldab paremini kontrollida kasside omavahelist käitumist tootumisel.

Kassi loomulik toitumiskäitumine on enamasti inimesele järgimiseks ebamugav. Tihtipeale ei ole omanik korrektselt režiimist isegi teadlik. Päevane toidukogus on küll väike (umbes 60 grammi), aga see toiduhulk on jaotatud mitmeks toidukorraks. Ööpäeva jooksul võib toidukordade hulk ületada kahteteist ja söögikorrad võivad langeda ettearvamatutele aegadele. Mistõttu võib omanik olla liiga hõivatud, et täita looma vajadusi. Ebasobilikud toitumisaegad võivad tekitada kassi ja omaniku vahel pingeid, näiteks omaniku öine äratamine.

Automaattoitja aitab kaasa ka kassi ja omaniku vahelise suhte arendamisele. Kui looma toitmine on automatiseeritud, võib omanik olla kindel, et kassi toiduvajadused on täidetud ja ta soovib tähelepanu. Ennetatakse ka alatoitumist, kui omanik viibib pikema perioodi jooksul lemmikust eemal ja toitmine on raskendatud. Levinud on tava jätta kassile kaussi kogu päevane kuivtoiduvary. Õhuniiskuse tõttu vähenevad seistes kuivtoidu maitseomadused. Seepärast ei ole tundliku haistmismeelega kassile seisnud kuivtoit atraktiivne. Automaattoitja aitaks säilitada kuivtoidu kvaliteeti.

Korrapärase toidurežiimi abil on võimalik jälgida ka kassi toitumistavasid ning seeläbi märgata kergemini nende muutumist. Kasside puhul väljendub tihti enesetunde muutus söömisharjumustes. Tihti väheneb haigestumise puhul looma söögiisu. Tavalise toitumise puhul on võimalik, et kassi käitumise valemõitumise tõttu võib jääda tervisemure pikaks ajaks tähelepanuta. Automatiseeritud süsteem pöörab pidevalt tähelepanu kassi toidukordade suurusele ja looma isule ning võimaldab potentsiaalsed mured varem avastada.

Automatiseeritud kuivtoidu jagaja on võimeline isendeid eristama. Võimalik on kohandada individuaalsete vajadustega sobiv dieet. Nagu eelnevalt mainitud, võivad erinevad kassid eelistada

erinevaid toidusorte. Võimalik on tagada, et iga kass saab vaid talle määratud toitu.

Isendieristus võimaldab ka jälgida ja kontrollida kasside omavahelist käitumist. Võimalik on määrata, kes millal toidule ligi pääseb. Tuvastada saab olukordi, kus üks kass segab teist söömisel ja keelata ligipääs toidule.

Kontrollitud toidugraafiku alusel on võimalik mõjutada kassi ärkvelolekut. Kasside tavaline tegevus pärast söömist on puhkamine toidu seedimiseks. Graafiku kavandamisega on võimalik määrata loomade aktiivsuse- ja puhkeperioodid. Hästi valitud graafiku abil saab ennetada olukordi, kus kassi aktiivse tegevuse periood jääb omaniku jaoks ebasoodsatele aegadele, näiteks öisele ajale.

## 2.4 Probleemkohad kassi toitmise automatiseerimisel

Kuna kuivtoidu jagaja on igapäevaselt loomadega kokku puutuv seade, on vaja disaini puhul silmas pidada teatud faktoreid, et tagada nii seadme kui ka kasutaja ohutus. Erinevalt inimesest ei ole seade võimeline probleemidele loominguliselt lähenema, mistõttu võivad raskusi tekitada inimesele triviaalsena näivad punktid. Masina disain peab arvestama ka eriolukordadega.

Seadme põhikasutajaks on kass, kelle käitumist pole tihtipeale võimalik ette ennustada. Kassil on tegemist ka kasutajaga, keda pole võimalik juhendada. Seetõttu peab toidujagaja olema võimeline töötama väga ebatavalistes kassi igapäevaelus esinevates situatsioonides. Näiteks on kassidel instinkt tugevale või ebameeldivale lõhnale peale kraapida. Enamasti tehakse seda liivakastis, tihti aga ka toidukausi juures. Seetõttu võivad toidukaussi sattuda mänguasjad või muud toiduga mitteseotud võõrkehad. Kassid võivad olla väga aktiivsed, mistõttu peab seade taluma ka selle peal ronimist ja sellele hüppamist.

Kuna seadme eesmärk on toita kassi ka omaniku eemaloleku ajal, peab see olema võimeline töötama järelvalveta. Ühest küljest peab kuivtoidu jagaja olema töökindel, et tagada korrapärane toitmisgraafik. Töövõime peab säilima sõltumata kuivtoidu tüübist. Kuivtoidu graanulid erinevad üksteisest nii kuju kui ka suuruse poolest. Mõned näited on toodud joonisel **2.1**. Teisest küljest on oluline, et seade oleks võimeline teavitama omanikku rikestest, et kass ei jääks pikaks ajaks toiduta. Automaattoitja sisaldab toidutagavara, mida peab hoidma värskena. Vajalik on ka tagada, et kassid omavoliliselt toidutagavarale ligi ei pääseks.

Kuna seade opereerib lemmikloomade ning nende toiduga, peab see olema loomale ohutu. Loom ei tohi ennast masinaga vigastada. Samuti ei tohi seadmest eralduda pisikesi detaile ega keemilisi ühendeid, mis võiksid kassile ohtu kujutada.

Masin peab toime tulema ka kasside omavahelise hierarhia ja konkurentsiga. Koos elavad kassid panevad paika omavahelise staatuse. Seade peab suutma ära hoida olukorrad, kus mõni kass teise eest toidu ära sööb või ta toidu juurest eemale tõrjub. Kassil ei peaks saama süüa ettenähtud kogusest rohkem. Tähelepanuta ei tohi jätta ka olukordi, kus kass sööb tavalisest vähem, kuna see viitab enamasti terviseprobleemidele. Selliste situatsioonide eiramine seadme väljatöötamisel võib langetada kassi elukvaliteeti ning põhjustada rasvumist, alatoitumist, käitumishäireid või raskendada omanikul kassi enesetunde hindamist.

Lemmikloomade toitmise automatiseerimine ei asenda kassi eest hoolitsemist. Toidujagaja ülesanne on parandada nii omaniku kui kassi heaolu. Masin ei suuda pakkuda loomale tähelepanu, mida ta omanikult ootab.



Joonis 2.1: Erineva kuju ja suurusega kuivtoidugraanulid. **A** - Royal Canin British Shorthair, **B** - Hills Science Plan Oral Care, **C** - Royal Canin Exigent 35/30, **D** - Royal Canin Sterilised Appetite Control, **E** - Concept For Life All Cats, **F** - Nature's Protection Sensitive Digestion

## 3 Olemasolevate kuivtoidu jagajate analüüs

Turul on saadaval mitmeid automatiseeritud kuivtoidu jagajaid. Selles peatükis antakse ülevaade olemasolevatest lahendustest, tuuakse välja põhilised lahenduste tüübid ja nende tehnilised omadused. Analüüsi käigus võrreldakse järgnevaid aspekte:

- toidu mahutavus;
- toidu serveerimine;
- isendite eristamine;
- vastupidavus kassidele;
- seadistusvõimalused;
- kasutajasõbralikkus;
- probleemid.

### 3.1 Aspen Le Bistro



Joonis 3.1: Aspen Le Bistro [11]

Le Bistro on populaarne kuivtoidu jagaja, olles Amazon internetipoe automatiseeritud toidujagajate nimekirjas esikohal. Masin ei sobi niiske toidu jagamiseks. Ehituslikult koosneb masin suurest toiduhoidlast ning toidu serveerijast, mis jaotab kuivtoitu mahutist kaussi. Joonisel **3.1** on näha terviklikku masinat.

Toiduhoidla mahu poolest on saadaval kaks erinevat mudelit — 2.3 kg või 4.6 kg suurune toiduanum. Väiksemas mõõdus hoidla (2.3 kg) on mõeldud keskmiselt paari nädala toidu jaoks [10]. Kui arvestada kassi päevast toiduvajadust, mahutab masin ligikaudu nelja nädala söögivaru.

Le Bistrod on võimalik seadistada toitu andma kuni kolm korda päevas. Minimaalne väljastatava söögikorra maht on 60 ml. Toitu doseeritakse ruumala, mitte massi järgi. Toiduportsioni suurust on võimalik seadistada astmeliselt miinimumkoguse baasil, näiteks 60 ml, 120 ml kuni 720 ml-ni. [12] Masina poolt väljastatud minimaalne toiduportsion ületab keskmise kassi päevast toiduvajadust. Selline süsteem ei arvesta konkreetset kassi vajadustega ja võib põhjustada kassi ülekaalulisust. Le Bistro on sobilik pigem koertele.

Uusim versioon kasutab toiteallikana ainult patareisid. Varasemad versioonid on ehitatud seinadapteri jaoks, kus patareid toimivad tagavaratoiteallikana elektrikatkestuse korral. Voolukatkestuse puhul säilitab masin toidugraafiku, aga kell algseadistatakse (vaikeae 12:00). Seetõttu nihkub toidugraafik, kuid tekkivat nihet ei arvestata toidugraafiku jätkamisel. [12]

Le Bistrol puudub isendituvastus. Samuti pole võimalik jälgida tarbitud toidu hulka. Masin on mõeldud pigem ühe kassiga pere jaoks. Kui peres on mitu kassi, ei ole võimalik tagada, et iga kass saaks talle vajaliku toidukoguse.

Le Bistro puhul on probleeme toidukoguse jaotamise ühtlusega. Toidu annustamise käigus võib doseerimisrootor deformeeruda. Seetõttu pole enam toidukogus üheselt määratud. Lisaks pole Le Bistro kassikindel. Kassil on ligipääs toidunõud ja -hoidlat eraldavale rootorile. Seetõttu on võimalik rootorit käpaga pöörates masinast toitu kätte saada [13]. Mõne mudeli puhul on kassid ka ära õppinud toiduhoidla müksamisega kuivtoidu kättesaamise. Müksamise tõttu liigub doseerimisrootor ja mõned kuivtoidugraanlid kukuvad toidunõusse [14]. Puuduliku kassikindluse tõttu ei võimalda seade omanikul kontrollida kassi toidukoguseid. Raskendatud on ka masina puhastamine. [12]

Le Bistro on kassitoitjate seas üks odavamaid kuivtoidu jagajaid (ligikaudu 50 eurot), mistõttu on ta kassiomani ke seas levinud seade [12]. Selle hinna eest pakub ta kõiki esmaseid funktsioone: reguleeritud toidukogused ja toidugraafiku sättimine. Samas paistavad madalast hinnast välja disaini puudujäägid. Nende puudujääkide tõttu on omanikud seadet ka modifitseerinud [13]. Masin on loodud pigem omanike elu lihtsustamiseks kui kassi vajaduste eest hoolitsemiseks.

## 3.2 Petsafe Healthy Pet

Petsafe on võrreldes Le Bistrogaga keerukam tehniline lahendus. Lisaks kuivtoidule suudab ta jaotada ka niisket toitu. Joonisel 3.2 on näha pilti seadmest. Petsafe'i toiduanum mahutab kuni 6 liitrit toitu. Läbipaistvast kerest on võimalik näha toiduvaru. Masin on disainitud toitmaks kasse ja väiksemaid koeri. Nimetatud toidukogusest jätkub keskmisele kassile ligikaudu kuuks ajaks. Toidu annustamiseks kasutatakse n-ö kaussideks jaotatud linti. Avatud sektorist voolab mahu poolest doseeritud kogus toitu kaussi. Sektori maht on umbes 30 ml, mis on keskmise kassi päevasest toiduvajadusest umbes pool. Seega on minimaalselt doseeritav ühekordne toidukogus kassi jaoks liiga suur, mis toobki esile üldistatud disainilahenduse probleemi. Lindil olevad mitteavatud toiduportsionid on turvaliselt lukustatud. Töökindluse tagamiseks kasutab



Joonis 3.2: Petsafe Healthy Pet [15]

Petsafe seinadapteri kõrval ka patareisid. Voolukatkestuse korral on seade võimeline patareidel töötama ligikaudu aasta. [16]

Nagu Le Bistro, on ka Petsafe mõeldud pigem ühe kassiga perede jaoks. Puudub isendit tuvastav süsteem ning masin keskendub toidu jagamisele vaid ajaliselt. Mitme kassiga pere puhul võib esineda samasuguseid probleeme, mis Le Bistro puhul. [17]

Võimalik on määrata kuni 12 toidukorda päeva kohta. Iga toidukorra kogus on maksimaalselt 1 liiter. Üheks toidukorraks valitud toidu kogust on võimalik välja anda ühe korraga või 15 minuti vältel 30 ml kaupa. Seega võimaldab Petsafe rohkem eriseadistusi kui Le Bistro, kuid mitmekesisem programm nõuab täpsemat seadistust. Seadistamine toimub nupupaneeli ning LCD-ekraani abil. Omanikul on võimalik käsitsi muuta toidukordade ajalist režiimi. [16]

Kasutajate tagasisidest lähtuvalt on Petsafe töökindel ja kasutussõbralik toode. Ainukese miinusena on välja toodud töömüra [17]. Hea riistvaraline lahendus ja läbimõeldud tarkvara tõstab ka seadme hinda. Toote maksumus on umbes 150 eurot, mis on kolm korda kõrgem kui Le Bistro hind. [17]

### 3.3 Petnet SmartFeeder

Petnet SmartFeeder kasutab asjade Interneti ehk *internet-of-things* põhimõtteid ning toidujagajat on võimalik nutiseadme kaudu juhtida. Selline lähenemine tõstab kasutajasõbralikkust, kuid samas seob ka kasutaja tihedalt teenusepakkujaga. Amazonis on see mudel populaarsuselt viies automaattoitja. Joonisel 3.2 on näha pilt seadmest. [21]

Välismõõtmelt kompaktse lahenduse juures on masinal siiski mõõdukalt suur toiduhoidla, mahutades veidi üle 3 liitri kuivtoitu. Toiduhoidla konstruktsioon on kassikindel: toiduanum on kausist piisavalt isoleeritud, takistades toidu väljaargitsemist; hoidla pealmine kaas on kahe riiviga lukustatav ning kaane kinnitus tundub piisavalt tugev, et loom ei suudaks seda avada. Lisaks on hoidla, toiduklapp ja toidukauss puhastamiseks lihtsasti eemaldatavad. [18]

Toidu doseerimine põhineb rullikut kasutaval süsteemil. Rullik on paindlikust materjalist ja



Joonis 3.3: Petnet SmartFeeder [20]

sektoriteks jaotatud. Üks rulliku sektor mahutab umbes 15 ml toitu. Doseerimine käib samuti ühesektorilise sammuga. Koguseid on võimalik doseerida 15 ml kaupa, kokku kuni 24 korda. Maksimaalne ühe toidukorra kogus on 360 ml [19]. Seni vaadeldud lahendustest on see kassi toitumisvajadustele kõige sobilikum. Toidukorraks määratud kuivtoidu kogust on võimalik välja annustada ühe korraga või kindla ajaperioodi peale jaotatuna, vältimaks kugistamist. Masin ei erista isendeid. Mitme kassi korral esinevad samad probleemid, mis on välja toodud Le Bistro ja Petsafe toitjatega. [19]

Masina juhtimine käib läbi iOS mobiilirakenduse. Võimalik on reguleerida nii toidu hulka kui ka toidukordade aegasid. Seadme tööd on võimalik juhtida reaalajas. Toidukordade arv pole piiratud, seega on võimalik ka tihe väikeste toidukogustega graafik. Võimalik on salvestada ja kasutada erinevaid toidugraafikuid. Näiteks saab iga nädalapäeva jaoks teha erineva graafiku. Kuid sealjuures saab toidugraafikut määrata vaid päeva baasil ega ole võimalik teha näiteks nädalapõhist või mitmepäevast plaani. Muutuva toitumismustri kasutamiseks on vaja valida soovitud graafik käsitsi. Lisaks antakse väljastatud toidukoguste kohta tagasisidet. [19]

Mobiilirakendusse on sisse ehitatud nõustamissüsteem, mis aitab paremini määrata kassile sobilikku toitumisgraafikut. Võimalik on kasutada rakenduses olevat toiduandmebaasi. Lisaks on võimalik toitu otse rakendusest tellida. Tellimise funktsionaalsus sõltub regioonist. [18]

Petnet automaattoidujagaja vajab töötamiseks internetiühendust. Seadet on võimalik juhtida vaid mobiilirakenduse kaudu ning praeguse seisuga toetab rakendus vaid iOS operatsioonisüsteemi. Seega on hetkel võimalik toitjat juhtida vaid Apple'i nutiseadmetega. Masin ühendub võrku üle 2.4 GHz Wi-Fi. Kui võrguühendusega on probleeme, kaob otsene kontroll masina üle. Programm jätkab küll tööd, aga muudatuste tegemine on võimatu. Petnet toitjal on tagavaraaku, aga voolukatkestuse korral katkeb ligipääs seadmele, sest võrguühendust pakkuvatel seadmetel puudub tagavaratoide. [19]

Petnet SmartFeeder on üks keerukamaid lahendusi turul. Programm on seadistuse poolest paindlik. Miinuseks võibki tuua seadme tugeva seotuse internetiühendusega, ebastabiilse võrgu puhul on kontroll masina üle raskendatud, kuna puudub lokaalne seadistusviis. Masina sõltuvus ühe rakendusega võib samuti kasutamist raskendada.

### 3.4 Wireless Whiskers



Joonis 3.4: Petnet SmartFeeder [22]

Wireless Whiskers on samuti keerukas automaattoitja. Lisaks toidu annustamisele on see võimeline ka koduloomi eristama. Joonisel **3.4** on näha automaattoitja.

Whiskersi toiduhoidla mahutab umbes 2.5 liitrit kuivtoitu. Torukujuline hoidla on eemaldatav ja lukustub kahe keeratava nupuga. Täitmine toimub pealtpoolt ning kaas on valmistatud kummist. Kaas ei ole otseselt toru külge lukustatud, mistõttu on loom võimeline seda eemaldama. Masinat on võimalik mugavalt puhastada vaid osaliselt. [23]

Toidu doseerimise ühikuks ei ole ruumala, vaid aeg. Iga loom tuvastatakse kaelarihmale oleva saatja põhjal ning võimaldatakse ligipääs toidule. Sellel hetkel võib loom süüa nii palju kui jõuab. Portsjonite kaupa doseerimist ei toimu. Teatud aja möödudes suletakse toidunõu ning toidukord loetakse lõppenuks. Toidukordasid saab jaotada kas 1, 4 või 24 korra peale laiali. Kui päevane toidukordade arv on täidetud, lukustatakse lemmiklooma ligipääs toidunõule. [23] Selline lahendus on sobilik näiteks toidu kaitsmiseks teiste loomade eest, aga kassi jaoks on lahendus ebasobilik, sest ei ole võimalik kontrollida söögikordade suurust. Probleeme võib tekkida olukorras, kus loom seadme juures viibides kasutab ära oma päevase toidukoguse normi. Näiteks jalutab kass toitjast mööda, nõu avaneb aga kass ei söö : toimub valepositiivne toidukord.

Kuna kasse on võimalik eristada, sobib Wireless Whiskers ka mitme loomaga majapidamisse. Võimalik on kontrollida, kui keegi söögikorrale vahel sekkuma tuleb. Kui üks kass üritab teiselt toitu võtta, tuvastatakse häire ning toidunõu suletakse. Igale kassile on võimalik määrata individuaalne graafik. Toidunõu blokeeritakse kahe uksega. [24]

Kasse eristatakse raadiosagedustuvastussilte kasutades (edaspidi RFID-silt). Silt kinnitatakse lõdvalt kassi kaelarihma külge. Lõtv kinnitus laseb sildil mööda rihma alla libiseda, et masinal oleks seda parem lugeda. [25] Sildi tuvastuskaugus on ligikaudu 5 cm. RF-tehnoloogia on keskonna suhtes tundlik. Metallist objektid võivad häirida masina kiirguvat signaali. Kaelarihma jaoks on võimalik seadistada ka erinevaid aegumistegevusi. Kui RFID-silt kaob lugemissensori ulatusest, suletakse toidukauss. [25] Kui sensori loetavus on kehv, võib kassidel olla raske toidule ligi pääseda.

Kahjuks puudub Wireless Whiskersil täpne portsionikontroll. Kindel ei saa olla täpses toidukoguses, mida kass lubatud aja jooksul süüa võib. Looma jaoks on samuti masina kasutamine

keerulisem võrreldes teiste automaattoitjatega. Toidukaussi kaitsvaid luuke on loomal võimalik lahti murda. Muret võib valmistada see, kui RFID-silt kassi kaelarihma küljest lahti tuleb, kuna kass võib jääda toiduta. Võimalik on valida, et ooteolekus on masina toiduluugid avatud [25], aga siis toit lahtisena kättesaadav ja toidujagaja funktsionaalsus kaotab mõtte.

Tegu on seadmega, mis võimaldab eristada loomi ja oskab arvestada samaaegselt mitme isendiga. Sedasi tagatakse ka vähemdominantsete loomade adekvaatne söögikord. Seade võiks kasutada doseerimismeetodit, kus tagatakse ka koguseline kontroll. Toote suureks plussiks on masina võime identifitseerida erinevaid loomi, mis võimaldab mugavamalt toimetada mitme loomaga. Kuid praegune identifitseerimislahendus võib tekitada probleeme toidu normaalsel kättesaamisel.

### **3.5 Olemasolevate lahenduste võrdlus ja kokkuvõte**

Automaattoitjate valik kaubanduses on suhteliselt lai. Vaatluse all olnud masinate puhul ilmnes aga üksjagu probleeme. Need on enamasti tingitud sellest, et seadmed on disainitud liiga üldistatud nõuetele. Seetõttu ei kaeta eriolukordi ega arvestata kasside spetsiifilisi vajadusi.

Kõikide toitjate puhul oli näha, et nende doseerimismehhanismid on projekteeritud üldistusi tehes. Kõige suuremad probleemid tekivad toidu doseerimisel. Kõigi analüüsitud masinate toidu annustamise lahendused on kasside toitmiseks liiga ebatäpsed. Toitu doseeritakse suurtes portsjonites kas astmeliselt või ei toimu doseerimist üldse.

Enamasti omavad pered kuni ühte kassi. Seetõttu on peamiselt automaattoitjate välja töötamisel lähtunud ühest loomast. Tabelis **3.1** on automaattoitjate võrdluse kokkuvõte.

Tabel 3.1: Turul olevad automaattoitjad

	Le Bistro	Petsafe	Petnet	Wireless whiskers
Toidu mahutavus (kg)	2.3	6	2.75	2.5
Toidu doseerimise meetod	Doseerimisratas	Lint	Rullik	Avatud hoidla
Portsjoni suurus (g)	60 * [1..12]	30 * [1..n]	14 * [1..24]	Pole määratud
Toidukordade arv (24 h jooksul)	1-3	1-12	Piiranguta	1, 4, 24
Looma tuvastamine	Ei	Ei	Ei	Jah
Akutoide	Jah	Jah	Jah	Ei
Seadistamisliides	Juhtpaneel	Juhtpaneel	iOS	Juhtpaneel
Nõudepesija sõbralik	Ei	Jah	Jah	Jah
Hind (Euro)	50	150	150	170
Toidu liik	Kuiv	Kuiv ja niiske	Kuiv	Kuiv
Maksimaalne toiduosakese diameeter (mm)	25	25	16	-
Aeglane toidu doseerimine	Ei	Jah	Jah	Ei
Pausi funktsionaalsus	Ei	Jah	Jah	Ei

## 4 Individuaalseadistusega mitme isendi toega kuivtoidu jagaja

### 4.1 Funktsionaalsed nõuded

- **Võime eristada kasse** — masin peab olema võimeline eristama kasse üksteisest ning käituma vastavalt individuaalsele kassile.
- **Toidu doseerimise võimekus** — masin peab olema võimeline toitu doseerima hoidlast toidukassi.
- **Toiduhoidla kindlus** — toiduhoidla peab olema kinnine. Õhu juurdepääs peab olema võimalikult piiratud, et tagada toidu värskus. Kasside ligipääs toiduhoidlasse peab olema võimatu.
- **Toitumise järgimine** — masin hoiab kassi toitumisaegadest ja kogustest ajalugu.
- **Korrektse portsjoni tagamine** — masin tagab, et doseeritud toit serveeritakse ettenähtud isendile. Teiste isendite segamisel tagatakse, et sekkuja ei pääseks toidule ligi.
- **Ohutus** — masin ei tohi kujutada loomadele ohtu.
- **Automaatne doseerimine** — masin peab olema võimeline vastavalt etteantud tingimustele iseseisvalt toitu doseerima.

### 4.2 Mittefunktsionaalsed nõuded

- **Kuivtoidu doseerimine** — masin suudab doseerida kuivtoitu 2 grammi täpsusega toitenõusse.
- **Toiduhoidlate hulk** — masin omab kolme toidusalve, mis on üksteisest isoleeritud.
- **Toidusalve suurus** — iga toidusalv suudab hoida kuni 2 kg toitu, olenevalt toidugraanulite omadustest.
- **Kassi tuvastamine** — tuvastamine toimub kaelarihma küljes oleva RF-saatja kaudu. Võimalik tuvastada vähemalt 5 erinevat kassi.
- **Tuvastamise kaugus** — individuaalset kassi tuvastatakse koonuselises alas kuni 5 cm kauguselt.
- **Lihtne puhastatavus** — masin peab olema kergesti puhastatav.

- **Toidutüübi määratlemine** — igas toiduhoidlas olevat toitu saab individuaalselt klassifitseerida. Võimaldab hoida vähemalt 32 erinevat klassifikatsiooni.
- **Toitekatkestuste üleelamine** — masin peab olema võimeline pärast toitesüsteemi katkestust taastama eelneva seisundi.
- **Ajaloo hoidmine** — masin hoiab iga kassi kohta kuu aja pikkust ajalugu söögiaegadest ja kogustest.
- **Mehaaniliselt vastupidav** — kassidele peab olema võimatu toidule füüsilist jõudu kasutades ligi pääseda.
- **Sekkumise takistamine** — masin blokeerib ligipääsu toidukaussile kui teenindatav kass lahkub või teise isendi lähedus identifitseeritakse.
- **Vaikne töö** — masin töötab vaikselt.

### 4.3 Automomatiseeritud kuivtoidu jagaja kontseptsioon

Automatiseeritud kuivtoidu jagaja ülesanne on kontrollitult doseerida toiduportsione üle aja. Masin koosneb järgnevatest moodulitest (joonis 4.1):

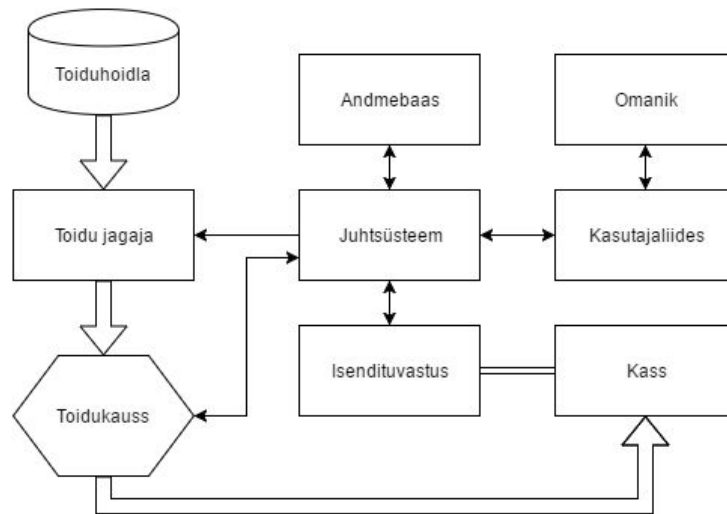
- Toiduhoidla
- Toidu jagaja
- Toidukauss
- Juhtsüsteem
- Kassituvastus
- Andmebaas
- Kasutajaliides

Toiduhoidlast võetakse söögikordade jaoks mõeldud toit. Hoidla on kassile ligipääsmatu hermeetiliselt suletud anum. See tagab lisaks toidu hea säilivuse, kuna kuivtoit kaotab liikuva õhu käes seistes oma lõhna- ja maitseomadusi ja niiskub õhuniiskusse mõjul. Ligipääs hoidlale peab kassi jaoks olema takistatud. Toiduhoidla on piisavalt suur, et tagada kassi toiduvajadus kuni nädalaks. Omaniku jaoks peab olema hoidla lihtsasti täidetav ja puhastatav.

Toidujagaja on mehhanism, mis suudab hoidlast tulevat toidukogust kontrollitult portsjoniteks jaotada. See moodul peab samuti olema loomale raskesti ligipääsetav, kuna sisaldab liikuvaid osasid või võimaldab ligipääsu toiduhoidlale. Kuna kuivtoidu graanulid erinevad kuju ja suuruse poolest, peab jagaja toime tulema erinevate toidutüüpidega vastavalt sellele, mis on kassi ja tema omaniku jaoks parim. Näiteid on võimalik leida lisast 1. Jagajast liigub toit söögikaussi, kust kass selle kätte saab.

Juhtsüsteem on terviksüsteemi aju. Kontrolli all on toidukordade doseerimine ja serveerimine. Lisaks haldab süsteem isendituvastust, et ettenähtud toit jõuaks õige kassini. Isendituvastuse

tööks on vajalik kassi markeerimine. Andmebaasis hoitakse individipõhist dieediinfot. Kasutajaliides võimaldab omanikul kontrollida ja seadistada süsteemi.



Joonis 4.1: Automaatse kuivtoidu jagaja moodulite plokkdiagramm.  $\Rightarrow$  - toidu liikumine.  $\rightarrow$  - otsene suhtlemine.  $=$  - kaudne suhtlemine.

# 5 Seadme elektroonika

## 5.1 Keskne platvorm

Toitjat juhib Raspberry Pi (edaspidi Pi). Pi on krediitkaardisuurune üheplaadiarvuti. Pi-st on saadaval erinevaid mudeleid. Kõige uuem neist kirjutamise ajal on Pi 3 mudel B, mis tuli turule 2016 aasta veebruaris. Pi 3 lisas sisseehitatud Bluetooth ja Wi-Fi tugi.

Pi kasutab süsteemikiipi (*SoC - system on a chip*), mis paigutab süsteemi kõik vajalikud funktsioonid ühele mikrokiibile. Pi süsteemikiip sisaldab ARM-ühilduvat protsessorit, videoprotsessorit ja operatiivmälu. Andmekandjana kasutatakse MicroSD mälukaarti. Lisaks on välja toodud USB-pesad, HDMI- ja komposiit videoväljund ja 3.5 mm heliväljund. Selle kõrval on ka välja toodud hulk protsessori GPIO (*General-purpose input/output*) jalgasid. Nende jalgadega on võimalik suhelda otse elektroonikaga.

Platvormi juhtimiseks sobib Pi just seetõttu, et lisaks madala loogika juhtimisele võimaldab ta modernse operatsioonisüsteemi kasutamist.

## 5.2 Mootorid

Automaattoitja jaoks oli vaja valida mootorid, mis suudaksid töötada madalatel kiirustel ja arendada suurt väänet. Seda ülesannet sobivad täitma nii samm-mootorid kui ka tagasisidestatud alalisvoolumootorid.

Samm-mootor on harjasteta alalisvoolumootor, mis jagab ühe pöörde ühtlasteks sammudeks. Mootorit juhtiakse samm-sammu haaval. Seetõttu on mootori juhtimine mugav, kuna on võimalik mootorile ette anda vajaminevate sammude hulga. Kuna mootoril puudub tagasiside tuleb jälgida, et rakenduskoormus ei ületaks selle maksimaalset väänet. Vastasel juhul ei suuda mootor edasi liikuda ja samme jäetakse vahele.

Tagasisidestatud mootor töötab samuti alalisvoolu peal. Mootori võlli külge on kinnitatud andurid selle pöörlemise mõõtmiseks. Mootori juhtimisel saab arvesse võtta andurist tulevat infot. Tagasisidestatud juhtimine tagab, et mootor läbiks etteantud vahemaa.

Mõlema mootoritüübi puhul on mõistlik kasutada käigukasti. Nii on võimalik suurendada mootori väljundväänet. Automatiseeritud kassitoitja jaoks sai valitud tagasisidestatud mootor. Mootori liikumisinfo abil on võimalik kontrollida teisi masina funktsioone. Tabelis **5.1** üles loetletud kasutatavad mootorid.

Mootoreid juhitakse eelvalmistatud kontrollplaadiga. Plaat kasutab mootori juhtimiseks Freescale MC33886PVW H-silda. MC33886PVW juhitakse PWM- signaali abil. See kannatab kuni 40 V-seid toitepingeid ning kuni 5 A konstantset voolu. Kõrgete koormuste korral on kiibil vajalik lisajahutus. Draiverit juhib 8-bitine Atmel ATmega32U2 mikroprotsessor, mille ülesandeks on ka juhtmoodulist tulevate käskude tõlgendamine.

Tabel 5.1: Mootorid

Mootor	Diameeter	Ülekanne	Enkooder
Kruvi mootor	37mm	19:1	64
Riiuli mootor	25mm	9.7:1	48

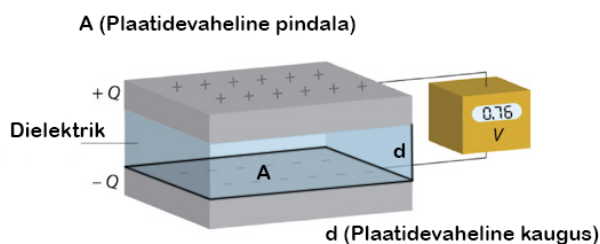
## 5.3 Toidukoguse hindamine

Doseeritud toidukoguse hindamiseks mõõdetakse kaalutakse kassi. Toidu kogust kausis saab hinnata jõuanduri abiga.

### 5.3.1 Mahtuvusel põhinev andur

Anduri puhul mõõdetakse selle mahtuvuse muutumist jõu rakendamisel. Kahe metallplaadi vahel paikneb diafragma. Jõu rakendumisel muutub vahekihi kuju ning anduri mahtuvus. [26]

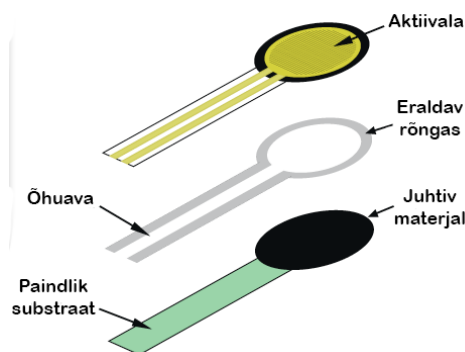
Mahtuvusel põhinev andur võib olla mistahes kujuga. Olemas on ka miniatuurseid mahtuvuslikke jõuandureid, mis on võimelised säilitama oma tugevuse ja täpsuse. Joonisel 5.1 on näha lihtsa mahtuvusliku anduri ülesehitust. [27]



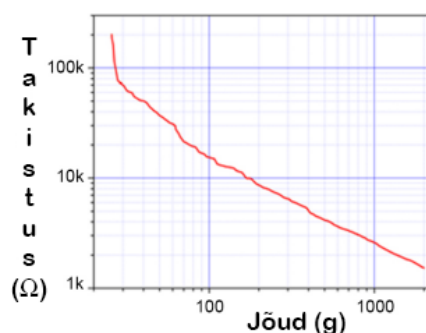
Joonis 5.1: Mahtuvusel põhineva anduri ehitus [27]

### 5.3.2 Takistusel põhinev membraan-andur

Takistuslik sensor põhineb seda läbiva voolu mõõtmisel. Mida suurem on rõhk, seda väiksem on sensori takistus ja seda suurem seda läbiv vool. Selliseid sensoreid toodab Interlink Electronics. Nende *Force Resisting Resistor* (FSR) seeria sensorid koosnevad kolmest kihist: juhtiv materjal, elektroodidega aktiivala ja neid eraldav rõngas. Joonisel 5.2 on näha sensori ülesehitust. Kui



Joonis 5.2: Interlink FSR anduri ehitus [28]



Joonis 5.3: FSR sensori takistuskõver jõu rakendamisel [29]

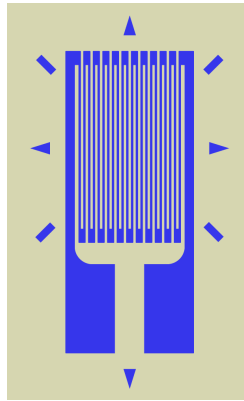
andurile avaldada jõudu, surutakse kokku juhtiv materjal ja elektroodidega kiht, anduri takistus väheneb ning pinge kasvab. Seesuguse sensori takistuskarakteristikut on võimalik näha joonisel 5.3. [29]

### 5.3.3 Tensoandur

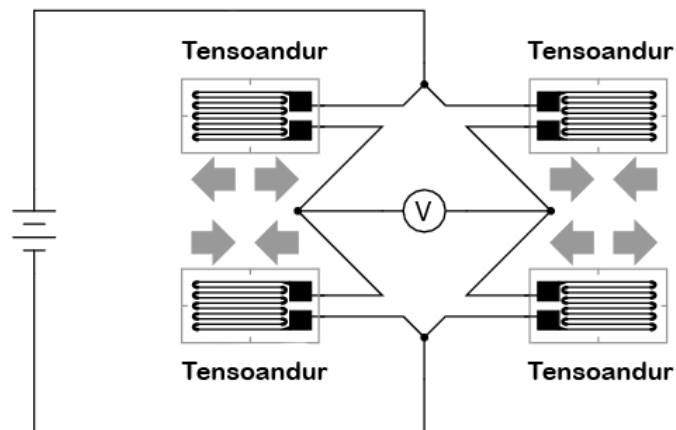
Tensoandur on mõeldud kehale rakendatava pinge mõõtmiseks. Kõige tavalisem tensoandur koosneb isoleerivast kihist, mille peale on paigaldatud metallfooliumist spetsiifiline muster (joonis 5.4). Tensoandur kinnitatakse mõõdetava objekti külge sobiliku liimiga, näiteks tsüanoakrülaatlaim. Keha kuju muutumise käigus deformeerub ka metallfoolium. Muutunud takistust on võimalik läbi voolu mõõtmise kindlaks teha. Üldjuhul kasutatakse tensoandureid *Wheatstone'i silla* konfiguratsioonis, mida saab näha joonisel 5.5. [31]

Kaalumise jaoks on tensoandurid kinnitatud jõumõõtetootsi külge. Tihti on see valmistatud alumiiniumist. Tensoandurite takistus muutub mõõdetavale kehale jõu rakendamisel. Tavaline konfiguratsioon on nähtav joonisel 5.6. [35]

Tensoandurilt (nähtav lisas 2) stabiilsete mõõtmiste saamiseks on vaja stabiilset pingeallikat. Täpsema mõõtetulemuse saamiseks on vaja toitepinge võimalikult kõrgel hoida. Pingeallikaks sai valitud Linear Technology LT1460BIS8-10, mis suudab genereerida 10 V-st pinget täpsusega



Joonis 5.4: Tensoanduri tavaline metallfooliumi muster [34]



Joonis 5.5: Wheatstone'i silla asetuses tensoandurid

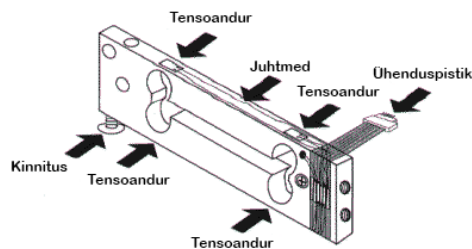
0.1%. Väljundpinge võimendamiseks kasutati STMicroelectronics TS921 kõrge väljundvooluga operatsioonivõimendit. [36]

Tensoanduri takistuse muut on väga väike ja seetõttu on vaja valida sobilik võimendi. Mõõdetavad pinged on millivoltides. Silla väljundi võimendamiseks kasutati Analog Devices AD623 instrumentatsioonivõimendit, mis on reguleeritav diferentsiaalvõimendi. [36]

## 5.4 Kasside tuvastamine

Kasside tuvastamiseks valiti RFID-tehnoloogial põhinev süsteem. RFID erinevad standardid ja nende omadused on välja toodud tabelis 5.2.

Automaattoitja jaoks valiti sagedusvahemik 125 kHz. Madal sagedus lubab lainetel läbistada paremini elektromagneetiliselt isoleerivaid materjale, näiteks metalli või vett. Suhtlust sildi ja masina vahel realiseerib RDM6300 moodul (joonis 5.7). Moodulil on võimalik vahetada antenni ning ta väljastab loetud infot üle UART-liidese. Looma tuvastamiseks kinnitati nende

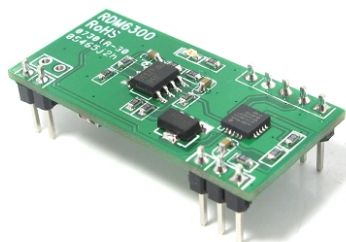


Joonis 5.6: Tensoanduritega varustatud jõumõõdetoos [30]

Tabel 5.2: RFID sagedused

Ribalaius	Regulatsioonid	Ulatus	Andmekiirus	Identifikaator
120 - 150 kHz	Reguleerimata	10 cm	Aeglane	Passiiv
13.56 MHz	ISM ribalaius	10 cm - 1 m	Aeglane/keskmine	Passiiv
433 MHz (Euroopa)	ISM ribalaius	1 - 100 m	Keskmine	Aktiiv
865 - 868 MHz (Euroopa)	ISM ribalaius	1 - 12 m	Keskmine/kiire	Passiiv
902 - 928 MHz (Põhja-Ameerika)	ISM ribalaius	1 - 12 m	Keskmine/kiire	Passiiv
2450 - 5800 MHz	ISM ribalaius	1 - 2 m	Kiire	Aktiiv
3.1 - 10.6 GHz	Ülilai ribalaius	kuni 200 m	Kiire	Aktiiv

Tabel 5.3: RFID sagedused [37]



Joonis 5.7: RDM6300 moodul [32]



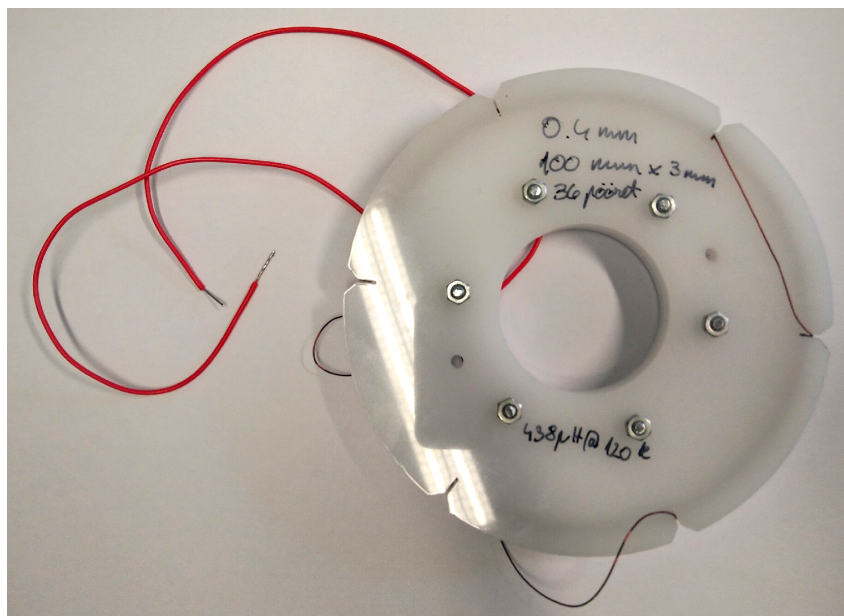
Joonis 5.8: 125 kHz RFID-silt [33]

kaelarihmade külge 2.5 mm suurune RFID-silt (**5.8**). Silt kaalub umbes 15 grammi. Moodul võimaldab sedasi paindlikku sobitamist süsteemi, lubades kasutada enda antenne. [38]

Antenn on lihtsalt öeldes traadimähis, mis kiirgab elektromagnetkiirgust. Ümarantenni põhilisteks parameetriteks on mähise diameeter, keskmine keeru diameeter ja keerdude arv. Need määravad antenni induktiivsuse. Antenni induktiivne ja mahtuvuslik osa määravad selle resonantssageduse. RDM6300 puhul tekkis probleem, et antenni mahtuvus-komponent oli tundmatu ja raskestimõdetav. Sai eeldatud, et mooduliga kaasatunud antenn on häälestatud resonantssagedusega. Mõõdetud antenni induktiivsus oli ligikaudu 400  $\mu\text{H}$ , mis võeti uute antennide pro-

jekteerimisel eeskujuks. Kerimise kergendamiseks projekteeriti kokkupandav pool, kuhu peale on mugav traati tihedalt kerida. Pärast antennide esmast kerimist sai antennide omadusi hinnatud RCL-ahela moodsikuga 120 kHz sagedusel.

Antennid oli samuti vaja häälestada. Häälestamine käis läbi antenni induktiivsuse muutmise, mida pool lubas. Resonantsi hinnati ostsilloskoobi abil. Mõõtes sagedust antenni peal on võimalik näha 125 kHz sagedusega siinust. Antenni induktiivsuse muutust oli võimalik näha signaali amplituudis. Resonantsi saavutamiseks üritati signaali amplituudi suurendada. Tabelis 5.4 on kirjeldatud projekteeritud antennide parameetrid, lisaks on näha antennikoostu joonisel 5.9.



Joonis 5.9: Pooli peale keeritud 100 mm diameetriga antenn

Tabel 5.4: Keritud antennide parameetrid

Antenni diameeter	Induktiivsus	Keerdude arv	Traat	Maksimaalne kaugus
100 mm	438 $\mu\text{H}$	36	0.4 mm	umbes 50 mm
150 mm	433 $\mu\text{H}$	28	0.4 mm	umbes 80 mm

## 6 Seadme mehaanika konstruktsioon ja valmistamistehnoloogia

Käesoleva seadme projekteerimise puhul on jälgitud, et masin oleks modulaarne, lihtsasti toodetav ja ohutu. Mehaanika konstruktsiooni puhul on eelistatud, et kõik detailid oleks toodetavad 3D-printeri, laserlõikuri või treipingiga. Töö autor on tuttav nende masinate käsitlemises. Välja töötatakse prototüüpkonstruktsiooniga, mitte turundava tootega. Prototüüpi on võimalik näha lisades 3 ja 4.

Mehaanika projekteerimiseks kasutatakse raalprojekteerimise tarkvara SolidWorks, mis võimaldab luua ja analüüsida 3D-mudeleid. Tarkvara üheks suuremaks eeliseks on tema kasutuslihtsus ja lisaks sellele mitmekesine kasutajatugi internetis. Valiku juures mängis rolli see, et Tartu Ülikooli tudengitele on selle õppelitsents tasuta kättesaadav.

Kõik tasapinnalised detailid on välja lõigatud Full Spectrum Laser MLE-40 abil. Detailide projekteerimisel arvestati laserlõikuri eripäradega. Laserkiir ei taga sirget lõiget ja masin ei arvesta lõigates kiire paksusega. Seetõttu võivad detailide mõõtmed erineda. Lõikamise käigus eralduvad aurud ei kahjustanud laseri optikat. Plexiglas akrüülplaatide tootja Arkema garanteerib, et eralduvad aurud pole tervisele ohtlikud. Sellegipoolest tuleb laserlõikuriga töötada vaid hästi-ventileeritud ruumis.

Ruumiliste detailide valmistamiseks on peamiselt kasutatud MakerBot Replicator 3D-printerit. 3D-printeri puhul on võimalik valmistada ka väga keeruka disainiga detaile, mille valmistamine traditsioonilisi masinaid kasutades on liiga kulukas. Printer kuumutab termoplastikust filamenti ning laob sulanud plastmassist kihte üksteise peale. Kuna printimine toimub alt ülesse, pole võimalik vabaltseisvaid pindasid printida. Sel juhul tuleb kasutada lisatugede abi. Lisaks ei ole MakerBot mõeldud täppisdetailide loomiseks, kus on vaja täpseid iste.

### 6.1 Materjali valik

Kuna konstrueeritav seade on toiduga kontaktis, tuleb välja selgitada, kas kasutatavad materjalid on ohutud toiduga kokkupuutel. Mõned materjalid võivad aja jooksul endast eritada ühendeid. Sedasi käitub polüvinüülkloriid (PVC), kuhu lisatakse materjali omaduste parandamiseks lisan-  
deid [39]. Kasutatud ained võivad väikestes koguses plastmassist väliskeskkonda kanduda. [40]

Konstruktsiooni loomise käigus arvestati seadme ohutuse tagamiseks erinevate materjalide omadustega. Suur osa masinast kasutab polümetüülmetakrülaati (PMMA). PMMA-d nimetatakse kõnekeeldi ka akrüüliks. Tegu on läbipaistva, kerge ja purunemisele vastupidava termoplastikuga. Uuringud näitavad, et akrüüli on toiduga koos turvaline kasutada. [41]

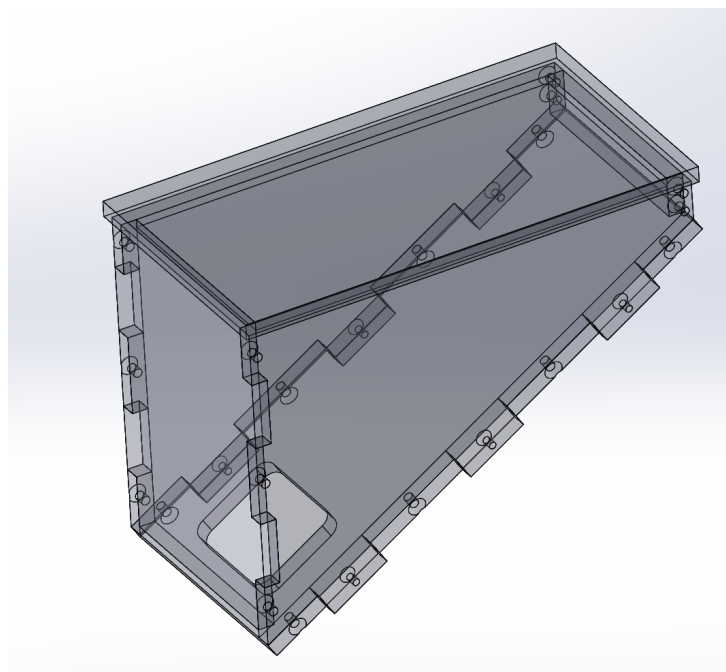
Kasutatud on ka polükarbonaati (PC), mis on läbipaistev termoplastik. Võrreldes akrüüliga on polükarbonaat tugevam. PC võib eraldada väikeses kogustes kemikaali bisfenool A (BPA), mida lisatakse plastmassi tema omaduste parandamiseks. BPA võib häirida keha normaalset hormonaalset tasakaalu. Euroopa Toiduohutusamet ehk *European Food Safety Authority* ei liigita BPA-d ohuna. [42]

3D-prinditud detailide jaoks kasutatakse polülaktiidkiude (PLA), bioplastikuga. Uuringud on järeldanud, et tegu on ohutu materjaliga. Erinevates tingimustes võib PLA-st eralduda piimhapet, mis on üldiselt ohutu [43]. 3D-prinditud detailide puhul on probleemiks PLA lisandid (värvained) ja pinnakvaliteet. 3D-prinditud detailid on kareda pinnaga, mistõttu on neid raske puhtana hoida. Vajalik võib olla pinna järeltöötlemine. [44]

Pärast materjalivalikut alustati masina konstrueerimist. Arvestati samuti mehaanilise ohutusega. Mehaanilist ohtu kujutavad endast kõik liikuvad osad, mille taha võib loom takerduda.

Ohtu vähendamiseks on masina ümber kõva kere. Doseerimissüsteem on tehtud raskestikatte-saadavaks, kuna seal on põhilised liikuvad komponendid. Liikuv moodul, millega loom kõige rohkem kokku puutub on toidusahtel, mis liigub masinast välja ja sisse. Ülejäänud konstruktsioon paikneb korpuse sees ja ei ole ligipääsetav. Tähelepanu on pööratud ka toitejuhtmele.

## 6.2 Toidu hoidmine



Joonis 6.1: Toiduhoidja koost

Toiduhoidla on hermeetiliselt suletud nõu. Toidunõu seinad on valmistatud 6 mm paksusest akrüülist. See võimaldas valmistada terve nõu laserlõikurit kasutades. Toidunõud hoiavad koos

tapid ja kruvid. Enne, kui nõu kokku panna saab, tuleb detailidesse puurida augud, kuhu kinnituskruvid käivad. Konstruktsiooni loomise käigus on üritatud vajaminevate töösammude arvu vähendada. Plastmassi on küll võimalik kruvi keermestamata kinnitada, pole see hea tava, kuna võib kahjustada detaili või teda üleliigsete pingete alla sättida. Võimalikult palju kasutati koostu kokkupanemisel samade mõõtmetega kruvisid, et vähendada unikaalsete detailide arvu.

Kruvid ja tapid ei ole piisavad, et luua hermeetiliselt suletud anum. Sellise nõu saamiseks tihendatakse nõu praod silikooniga. Kaas kinnitub nõu küljel tiheda istuga. Toiduhoidla koostu on toodud joonisel 6.1.

## 6.3 Doseerija valik

Antud peatükis võrreldakse erinevaid meetodeid, kuidas doseerida kuivtoitu ja valitakse neist parim. Valitakse mehhanism, mis suudab võimalikult täpselt doseerida, on lihtsalt valmistatav, vastupidav ning ohutu antud rakenduses.

Doseerimismehhanism peab toime tulema erinevate kuivtoidu sortidega ja annustama võimalikult täpselt etteantud koguse [45]. Mehhanismi loomise käigus on eeskujuna võetud toiduainetööstuses kasutusel olevatest lahendustest. Neid hinnatakse ning valitakse antud ülesande jaoks kõige sobilikum lahendus. [47]

### 6.3.1 Doseerimine ruumala järgi



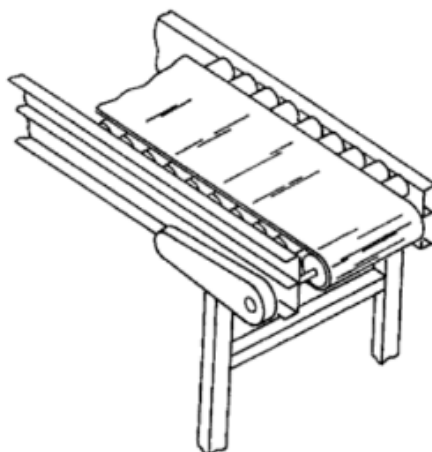
Joonis 6.2: Toiduhelveste doseerimiseks mõeldud rootor. [46]

Ruumalapõhine doseerimissüsteem on lihtne viis toidu väiksemateks portsoonideks jaotamisel. Üks levinumaid mehhanisme kujutab endast tühimikega pöörlevat silindrit. Silindri pöörlemise käigus täituvad silindri pinnal asuvad tühimikud. Silindri edasisel pöörlemisel valgub õõnsustesse sattunud toit põhianumast ja toit satub järgmisse kambrisse. Selline annustamise mehhanism sõltub otseselt silindri pinnal olevate avauste mõõtmetest ja toidu teralisusest. Mida

väikesemad on kuivtoidu osade mõõtmed, seda ühtlasem ja seda tõenäolisemalt täidetakse siilindris olevad avaused sarnase toidumahuga. Toidukogust saab muuta miinimumkoguse põhjal astmeliselt. Pole võimalik doseerida koguseid, mis on väga väikesed või jäävad kahe koguse vahele. [47]

### 6.3.2 Doseerimine lindiga

Toitu on võimalik jaotada ka erinevat tüüpi konveierlintidega. Tavapäraselt kasutatakse sellistes mehhanismides tugevalt lülideks jaotatud konveierlinti. Toit valgub toiduanumast konveierlindil paiknevatesse anumatesse. Vahel kasutatakse ka siledat linti (joonis 6.3), kuid see eeldaks väga peeneteralist kuivtoitu. Konveierlindiga toidu annustamise lahendust kasutab kaubanduslikest automaattoitjatest Petsafe Healthy Pet. Süsteem toimib väga sarnaselt ruumalapõhiste doseerimissüsteemidele. Lindi puhul tuleb arvestada, et toit paikneb lindil vabalt ja on liikumisele tundlik. Konveierlindiga toitmise puhul on alati oht, et osa toidust ei jõua toidukaussi vaid kukub konveiermehhanismi sisse.

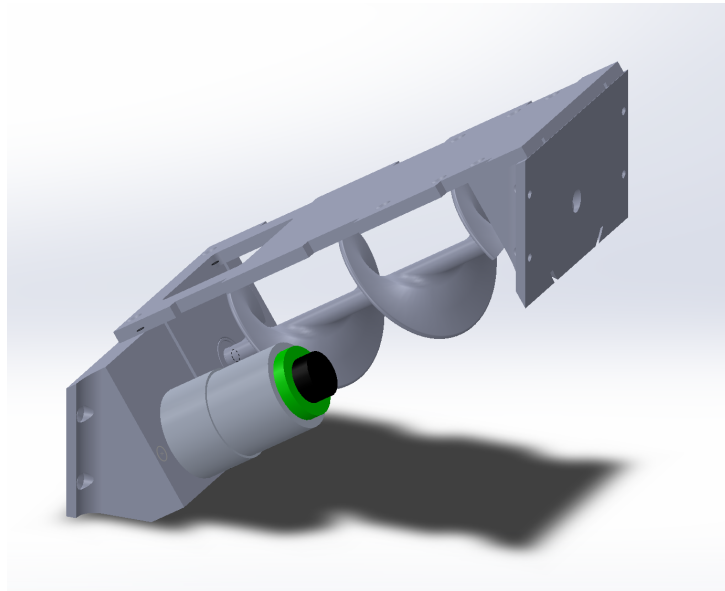


Joonis 6.3: Sileda lindiga süsteem aine transportimiseks ja doseerimiseks [48]

### 6.3.3 Doseerimine kruviga

Toidu etteandemehhanism koosneb korpusest (kruvikojast), konveierkruvist, reduktoriga elektromootorist ja rihmülekandest. Konveierkruvi on pöörlev element, mistõttu on vajadus teda otsust laagerdada, see tagab kruvi ühtlase ja kerge käigu. Kruvi käitatakse ühest otsast rihmülekandega, mida veetakse läbi reduktori alalisvoolumootoriga. Laagripesad on konstrueeritud doseerija korpusesse. Hea istu saamiseks vähendati laagripesa nimimõõtu 0.1mm võrra. See tagas 3D-printimise teel valmistatud korpuses laagripindadele hea istu.

Doseerija üks põhilistest osadest on kruvikoda ja selles asuv konveierkruvi. Kruvi pööramisega liigutatakse toitu kruvi pinda mööda edasi, sarnaselt hakklihamasina etteandemehhanismile. Toitu on võimalik liigutada mõlemas suunas vahetades kruvi pöörlemissuunda. Selline meetod



Joonis 6.4: Toidu doseerimiseks projekteeritud kruvikonveier

toidu liigutamiseks ja doseerimiseks on laialdaselt kasutusel. [48]

Toidu etteandemehhanism peab lisaks toidu liigutamisele peaanumast toidukaussi olema võimaline kontrollima toidu kogust. Kruvi samm vähendamine aitab etteantava toidukoguse suurus paremini kontrollida. Ühtlase tulemuse saavutamiseks on lisatud kruvile teine kruviniit. Kruvi on konstrueeritud valmistamiseks 3D-printeriga. Selleks, et kruvi oleks võimalik ilma tugedeta printida, peab kruvi samm olema vähemalt 25 kraadi. Selliselt suudab printer valmistada suhteliselt hea pinnaga detaili.

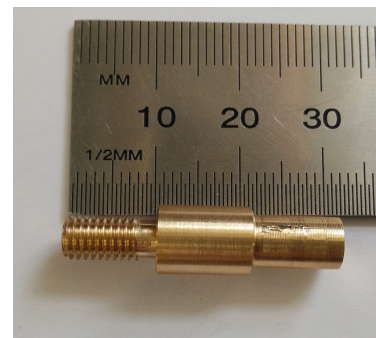
Kruvi otspindadele laagrite kinnitamiseks projekteeriti astmelised võllid. Kasutuses olnud 3D-printeril ei olnud võimalik gabariitmõõtmete tõttu valmistada kruvi koos laagrite otspindadega. Seetõttu valmistati kruvi otsad eraldi detailidena. Laagri sisevõrusse istatavad võllid valmistati messingust treimise teel. Võllide kinnitamiseks kasutati keermesliiteid. Joonistel **6.5** ja **6.6** on näha valmistatud astmelisi võlle. Mootoripoolse võlli sisse on freesitud aste, mis on pinnaks veetava rihmaratta seadekruvidele.

Kruvikoda on U-kujuline detail, mis kinnitub doseerija korpuses olevatesse soontesse. Kui toit liigutatakse mööda kruvikoda seina ja vinnatakse kaldpinda mööda toiduanumast sööginõusse. Kruvikoda valmistati lihtsuse mõttes 1,5 mm PET plastlehest. Detaili kontuur lõigati laserlõikuris ja kuumutati soojaõhupuhuriga plastselt deformeeritavale temperatuurile ja vormiti sobiva kujuga kruvikojaks.

Ülekandemehhanismiks sai valmistamise- ja konstruktsioonilihtsuse tõttu valitud rihmülekanne. Vältimaks rihmülekanetes olevat läbilisemist vedava ja veetava rihmaratta vahel, üledimensioneeriti rihmarattad. See suurendab hõõrdejõudu rihma ja rihmaratta vahel. Katselahenduses ei täheldatud libisemist mootori ja kruvi vahel, kui see peaks mingil põhjusel tekkima, on võimalus kasutada ka hammasrihmasid. Selline lahendus oleks konstruktsioonilt tunduvalt keerulisem ja seaks suuremad piirid nii üldisele konstruktsioonile kui ka hinnale, mistõttu seda ka ei planeeritud.



Joonis 6.5: Mootoripoolne kruvi võllipikendus, millele ühendub rihmaratas



Joonis 6.6: Toidukaupoolne kruvi võllipikendus

## 6.4 RFID antenn

Antenn kujutab endast vasktraadist keritud ümarat kontuuri, millel on kindel arv keerduid. Selleks, et lihtsustada antenni valmistamist ja testimaks lihtsalt erinevate keerdude arvuga ja traadi paksusega antenne, valmistati antenni kerimise rakis. Rakis koosneb kolmest 3 mm paksusest akrüülist lõigatud kettast. Moodustunud kolmekihiline konstruktsioon moodustab kitsa lahtivõetava pooli, mille peale keritakse antenn (joonis 5.9). Rakisele on tehtud sisselõiked traadi kinnitamiseks ning rakise kinnitamiseks testplatvormile.

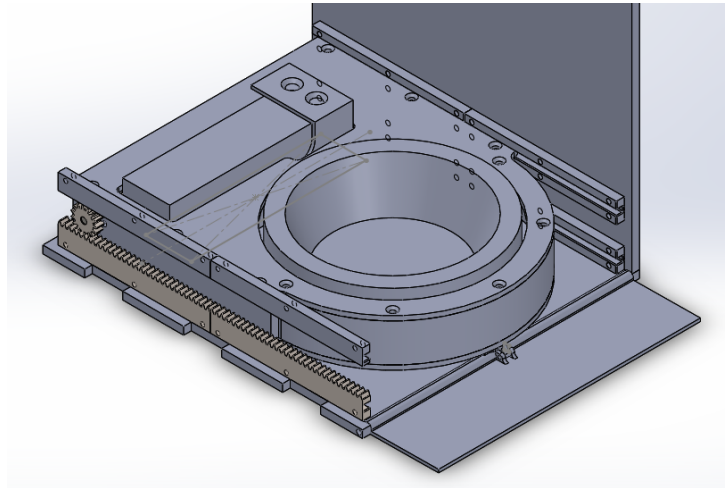
Rakise eeliseks on, et ta lubab lihtsasti valmistada erinevate keerdude arvuga ja erineva läbimõõduga traadist ringikujulisi antenne. Pool kaitseb mähist ja hoiab traadikiud tihedalt koos. Testimiseks sai valmistatud kahe erineva läbimõõduga antennirakised: 100 mm ja 150 mm. Antenni maksimaalseks paksuseks on kummalgi juhul 3 mm.

## 6.5 Toidunõu

Toiduanumast kruvikonveieriga tõstetud kuivtoit kukub toidunõusse. See on koht, kus kass sööb. Toidukauss on konstrueeritud seadme korpusesse, kust ta vajadusel liugmehhanismi abil välja liigutatakse. Kui kassi toitmine on lõppenud liigutatakse toidunõu uuesti seadme korpusesse, kus kassid sellele ligi ei pääse. Toidukauss asetseb kaalumisalusel, mis annab masinale tagasiside toidu koguse massist ja selle muutumisest.

Toidunõu koost liigutatakse liugmehhanismi pidi hammaslätülekandega, mille mudel asub joonisel 6.7. Hammaslatt ja vedav hammaratas on projekteeritud valmistamiseks 3D-printeri abil. Liugmehhanismi ja hammaslätülekande valmistamiseks on kasutatud polüoksümetleeni (POM), sest antud plastik on väga heade tugevusomadustega, lihtsasti töödeldav ja tal on isemäärivad omadused. POM plastik eritab kasutamise käigus määrivaid lisandaineid, mis vähendavad hõõrdegurit.

Toidunõu asub korpuse sisemuses luugi taga, mida seade on võimeline ka lukustama. Sahtel on



Joonis 6.7: Sahtli koost koos kausi ja liigutamismehhanismiga

liigendiga seotud luugi külge. Avanedes liigub liigend mööda siini, vabastamaks luugi. Sulgemise korral jõuab liigend siini lõppu ning luuk tõmmatakse kinni ja lukustub. Detailide suuruse vähendamiseks on luugile mõjuv jõuõlg viidud võimalikult pöörlemistelje lähedale.

Sahtli sisse on paigutatud elektroonika mootori kontrollimiseks ning toidukausi kaalumiseks. Mootor on paigutatud konstruktsiooni tahaotsa. Nii suurendatakse maksimaalselt liugmehhanismi ulatust.

# 7 Seadme tarkvara projekteerimine

Masina kõrgemat loogikat kontrollib Pi peal töötav Python 3-s kirjutatud rakendus. Rakenduse ülesanne on hallata masina kõiki funktsioone, tagamaks korrapärase käitumise. Lisaks juhtimisele salvestab Pi programmi käitumislogisid, mis talletavad nii masina talituslikke andmeid kui ka statistilist informatsiooni masinat kasutavate isendite kohta. Programmi plokkskeemi on võimalik näha ka joonisel 7.1.

Tarkvara jaotub nelja moodulisse:

- andmebaas;
- isendi äratundmine;
- toidu doseerimine;
- toidu presenteerimine.

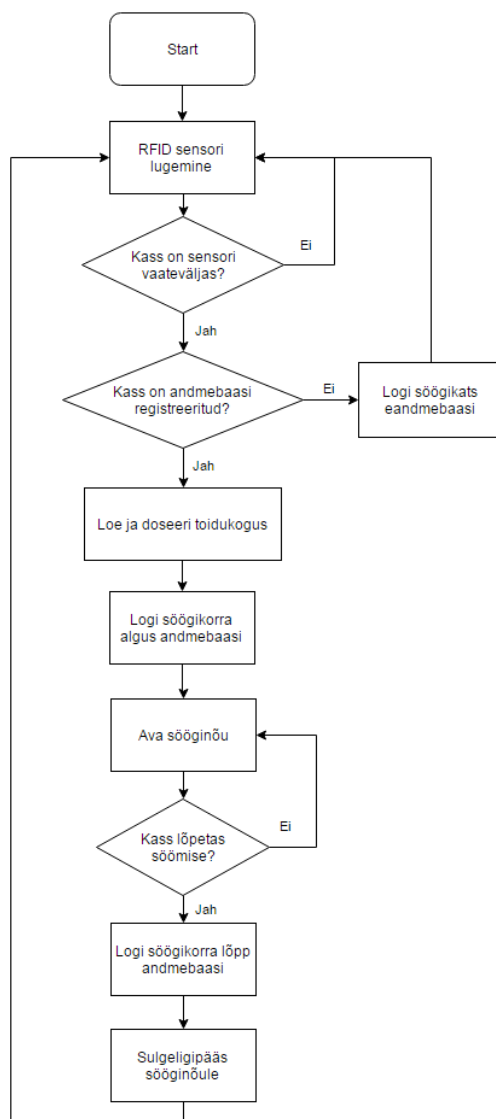
Moodulid on disainitud võimalikult üksteisest sõltumatult, et vajadusel saaks erinevaid moduleid omavahel vahetada või kombineerida.

## 7.1 Andmebaas

Info hoidmiseks on kasutusel SQL-andmebaas. Pythonisse on sisse ehitatud funktsionaalsus kasutamaks SQLite andmebaasi. SQLite puhul on tegu iseseisva, serverita, konfiguratsioonita transaktsioonipõhise SQL-andmebaasiga. [49]

Üks SQLite andmebaasi eripäradest on, et tal puudub serveripoolne liides. Kogu andmebaasi sisu hoitakse ühes failis lokaalsel andmekandjal. See fail ei sõltu platvormist ja on ühilduv teiste SQLite kasutavate rakendustega. Lisaks on see väga kergekaaluline ning nõuab väga vähe mälu ja salvestusruumi. Kuna Pi puhul on tegu SoC-platvormiga, pole võimalik kõiki ressursse laiendada ning tuleb töötada platvormi piirides. SQLite võimaldab samas opereerida ka väga väikese ressursihulgaga, aga tuleb arvestada, et kasutatav mäluhulk ja kiirus on otseses seoses. SQLite töötab üldjuhul kiiremini, mida rohkem mälu selle otstarbeks on eraldatud. Üldiselt võib öelda, et tegu on väga testitud, töökindla ja lihtsa andmebaasisüsteemiga, mille integreerimine süsteemi ei sea erilisi piiranguid.

Arhitektuuriliselt on tegu lihtsa andmebaasiga, mis koosneb kolmest tabelist: "cat", "feed\_time" ja "feed\_log". Joonis 7.2 näitab andmebaasi ülesehitust visuaalselt. Iga kass on seotud talle uni-kaalse "cat.rf\_id" kirjega, mis saadakse RFID-märgise identifikaatorit. Igal kassil võib olla 0..n

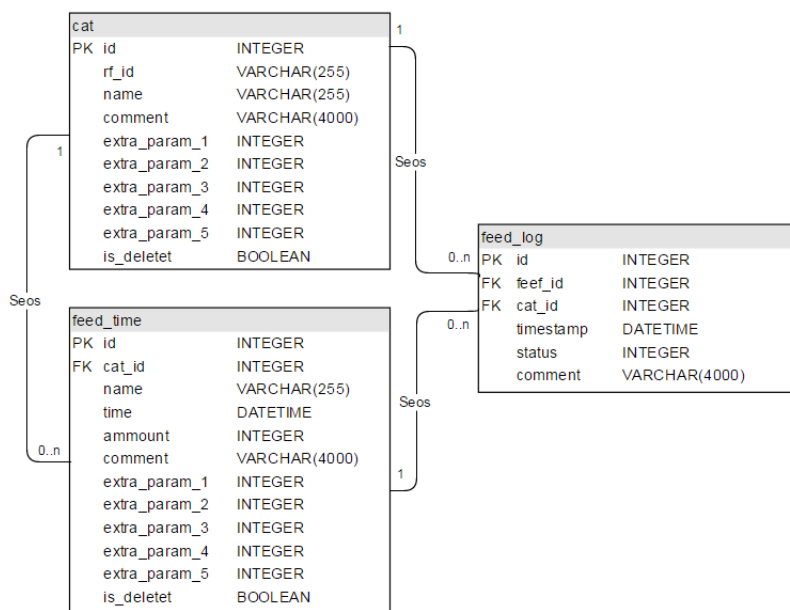


Joonis 7.1: Programmi plokskeem

toitmisaega, mis on kirjeldatud tabelis "feed\_time" ja iga läbiviidud toitmisoperatsioon talletatakse tabelisse "feed\_log". Lisaks vajalikele kirjetele on tabelitel "cat" ja "feed\_time" lisaväljad "extra\_param\_1..5", mida saab kasutada lisainfo hoidmiseks. Tabelite puhul ei toimu kustutamisoperatsioone vaid viiakse läbi loogilise kustutamise operatsiooni (ingl. k. *logical delete* või *soft delete*), mille käigus ei eemaldata kirjet vaid märgitakse ta kustutatuks. Seeläbi tagatakse mugav ligipääs andmete ajaloole ning väldib juhuslikku andmete kustutamist.

## 7.2 Isendi äratundmine

Looma äratundmiseks kasutatakse 125 kHz RFID-vastuvõtjat passiivsete märgistega. Igal märgisel on unikaalne 32-bitine identifikaator. Võimekamad moodulid lubavad siltide ümberprog-



Joonis 7.2: Rakenduse andmebaasi arhitektuur

rammeerimist. Töös kasutatud moodul seda ei võimalda.

Iga identifikaator on andmebaasitabelis "cat" seostatud omaette kassiga. Enne uue märgise-kassi paari registreerimist kontrollitakse, et kasutusel olevate "cat.rf\_id" kirjete seas ei ole juba märgis registreeritud. Sedasi hoitakse andmebaas korrastatuna ning välditakse ootamatut käitumist, näiteks kus üks identifikaator võimaldab mitme looma jagu toitu saada. Kui väljaloetud identifikaatorit ei ole tabelis, lisatakse söömiskatse kirje "feed\_log" tabelisse, aga toitu ei väljastata.

Kui märki pole võimalik lugeda, käivitatakse aegumise rutiin. Selline olukord tekib, kui lugeja juures on üle ühe märgise või kui loom on söömise lõpetanud ja lugeja levialast lahkunud. Pärast aegumisaja möödumist käivitatakse puhkerežiim, mille käigus ligipääs toidule blokeeritakse.

Tabel 7.1: Virtuaalse jadaliidese seadmed

Parameeter	Väärtus
Modulatsioonikiirus	115200 Bd
Andmebitte	8
Stopppitte	1
Paarsuskontroll	Väljalülitatud
Saatmise järelsümbolid	\n\r

Tabel 7.2: Mootoriplaadi põhiline käsustik D=37 mm mootori puhul

Käsk	Vastus	Kirjeldus
<b>sd</b> x		Määrab PID-kontrolliga mootori kiiruse x - mootori kiirus [-190..190] @ 12V RPM = x * 3.125
<b>wl</b> x		Määrab PID-kontrollita mootori kiiruse x - ratta kiirus [-255..255]
<b>dr</b> 0 1		Määrab mootori pöörlemissuuna
<b>id</b> x		Määrab kontrollplaadi identifitseeriva numbri. Peab olema positiivne arv [0..255].
<b>?</b>	<id:x>\n	Tagastab kontrollplaadi identifitseeriva numbri.
<b>s</b>	<s:x>\n	Tagastab mootori pöörlemiskiiruse x - mootori kiirus [-190..190] @ 12V

### 7.3 Toidu doseerimine

Toidu doseerimiseks kasutatakse enkoodriga DC-mootorit. Mootor on kirjeldatud ka tabelis 5.1. Mootori juhtimine toimub läbi kontrollplaadi. Lahendus on teostatud sarnaselt robotikavõistlusele Robotex kasutatud lahendustele.

Mootoriplaat ühendub arvutisse üle virtuaalse jadaliidese (*virtual COM-port*). Ühenduse parameetreid on kirjeldatud tabelis 7.1. Tähtsamad käsud mootori juhtimiseks on kirjeldatud tabelis 7.2. Mootoriplaadi käsustik on laiem kui tabelis kirjeldatud, aga need pole antud töös olulised.

Mootori pöörlemiskiiruse määramine käib läbi PID-kontrolleri, mis on tagasisideahelal põhinev kontrollmehhanism. PID-kontroller arvutab konstantselt liikumise viga ehk vahe soovitud ja tegeliku mootorivõlli asukoha vahel. Kontroller üritab seda viga minimaalsena hoida. Mootori puhul toimub see võlli keeramise läbi.

Toitu on võimalik doseerida nii tagasisisdega kui ka ilma. Süsteemile pakub tagasisidet kaal, mille peale on paigutatud söögikauss ja kuhu toit voolab. Sedasi on võimalik doseerida väga erineva graanulisuurusega toitu täpselt. Tagasisideta doseerimise puhul pööratakse mootorit eelnevalt määratud pöörete arvu võrra. Sellise lähenemise puhul kasutatakse doseerimiseks ruumala ning erinevate toitude puhul tuleb arvestada nende omadustega, et saavutada soovitud täpsus doseerimissüsteemis, kuna programm teab vaid, kui palju ta mootorit pööras.

Programmis on võimalik detailselt kirjeldada, kuidas mootor kruvi kontrollib. Granulaarse materjali transpordi puhul ei ole alati mõistlik kruvi liigutada ühes suunas, kuna see suurendab kinnikiilumisohtu. Materjali graanulid võivad üksteise külge kinni haakuda, ummistades süsteemi. Selle vastu aitab kruvi liigutamine ossilleeruvalt, kus kruvi liigub ajas nii edasi kui ka tagasi. Sedasi hoitakse toit voolavana ja langetatakse mainitud ohtu.

## 7.4 Toidukoguse hindamine

Toidukoguse hindamiseks on võimalik kasutada tagasisidet, et hinnata toidukogust täpsemalt. Selle jaoks on võimalik kasutada kaalumissüsteemi. Näidu tagastab programmile mikroprotsessor üle virtuaalse jadaliidese, kasutades eelmainitud jadaliidese parameetreid.

Pi peal töötavale programmile tagastatakse kalibreeritud tulemus kaalumiselemendi poolt. Tulemuse lugemiseks kasutatakse käsku "**w?**". Käsu peale tagastatakse "**<w:x>\n**", kus x on kausis olev toiduhulk grammides ühe komakoha täpsusega. Võimalik on muuta mõõtmisvahemikku, kuna toidul on vajalik voolata kaussi ning erinevad toidud võivad käituda märkimisväärselt erinevalt. Kui saavutatakse soovitud kaal või see on ületatud, on doseerimine lõpetatud ning võib lubada ligipääsu kausile. Andmebaasi talletatakse kirje, et toidu doseerimine on läbi viidud ning söömine on nüüd võimaldatud.

## 7.5 Toidukaussile ligipääsu lubamine

Puhkeseisundis on toidukauss aparaadi sisse asetatud ja kättesaamatu. Kui tuvastatakse registreeritud loom ja söögikord, doseeritakse kaussi andmebaasis kirjeldatud toiduhulk ning on võimalik kausile ligipääs võimaldada.

Sahtli seisundit on võimalik küsida sarnaselt kaalu küsimisele. Käsk "**shelf?**" tagastab "**<shelf:x>\n**", kus x on täisarvu kujul toidusahtli staatus.  $X = 0$  puhul on sahtel kinnises olekus,  $x = 2$  puhul on sahtel lahtises olekus ning  $x = 1$  puhul on sahtel vahepealses olekus, kas avanemas või sulgumas. Programm peab järke sahtli seisundil kontrollimaks nii avamis- kui ka sulgumisaegasid. Mootori juhtimine kasutab neid käskude tagasiside saamiseks.

Siin on samuti kasutusel aegumisrutiin, mis kontrollib, et nii sulgumise kui ka avamise jaoks ei kulaks liiga kaua aega. Kui tehtav tegevus liiga kaua aega võtab, eeldab programm, et tegevus ebaõnnestus ja üritab tegevust uuesti alustada. Selle käigus arvestatakse ka mootori tagasisidega, kus liiga suure koormuse korral toiming peatatakse ja rakendatakse kinnikiilumisrutiin. Sedasi kontrollitakse ka seda, et potentsiaalselt loom sahtli vahele ei jääks ja haiget ei saaks.

## 8 Tulemused

Lõputöö käigus analüüsiti ühiskonna ning tehnoloogia arengu seost lemmikloomadega. Vaadeldi, millised on kassi toitumisharjumused ja kuidas tehnoloogia võimaldaks neid paremini täita. Tervislike toitumistavade rakendamiseks leiti olevat automatiseeritud toidu jagamine. Toitumiskordade automatiseerimine lubab omanikul paremini enda lemmiku eest hoolitseda. Mainitud sai murepunkte, mis võivad automaatse toitmisega kaasneda. Välja otsiti turul enamlevinud automaattoitjad ning vaadati, kuivõrd nad kassi toitumisharjumustega kokku sobivad. Analüüsi käigus tuli välja, et enamus masinatest on liiga üldistele nõuetele kohandatud ning ei ole võimalised kasside spetsiifilisi toitumisharjumusi rahuldama. Suurimaks probleemiks toodi välja portsionite ebasobilik suurus. Lisaks puudus hea lahendus mitmekassilisele perele. Leitud vajaduste põhjal loodi nõudmised, mis on mitme isendi jaoks mõeldud kuivtoidujagaja jaoks vajalikud.

Lähtudes nõuetest projekteeriti süsteem automaatseks kuivtoidu jagamiseks. Tähelepanu pöörati väikestele toidukordadele, võimekusele kasse eristada ning söömise kohta infot koguda. Kasside äratundmiseks kasutati RFID-tehnoloogiat. Märgistatud kaelarihma abil on võimalik eristada isendeid. Toitumise tagasiside kogumiseks kasutati jõuandurit, mis hindaks toidukaasi kaalu. Nii on võimalik teada saada kassi söödud toidu hulka. Toidu täpseks doseerimislahenduseks valiti kruvikonveier, mis võimaldab toitu doseerida mitteastmeliselt. Söögikorra minimaalne suurus on piiratud vaid toidugraanuli suuruse poolt. Masinat juhtis miniarvuti Raspberry Pi 3. Pi kontrollis kõiki masina komponente.

Projekti põhjal valmis prototüüp, mis oli võimeline eristama mitut kassi ning neile spetsiifilist dieeti pakkuma. Lahendust testiti edukalt kontrollitud tingimustes mitme kassiga. Katsete käigus doseeritu toitu ruumala põhjal. Leiti, et doseerimine on täpne aga kaugus, mis kassi tuvastamiseks vajalik on, võib liiga lühikeseks jääda.

# Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli projekteerida ning luua mitme isendi toega kuivtoidu jagaja kassidele. Lõppeesmärgiks oli luua prototüüp, mis testiks lahenduse teostatavust. Töö käigus valmisid põhilised moodulid, mis on vajalikud kuivtoidu jagaja testimiseks.

Kassi toitumisharjumiste ja olemasolevate lahenduste analüüs näitas, et turul puudub toode, mis tagaks kassidele loomumomase toitumiskäitumise. Kuna olemasolevad tooted on disainitud üldisi vajadusi silmas pidades, pole seal arvestatud kassispetsiifiliste vajadustega, eelkõige toidukordade suurusega. Lisaks sellele ei ole saadaval head lahendust mitme isendiga pere toitumisvajaduste lihtsustamiseks.

Eelkõige kasside vajadustest lähtuvalt toodi välja nii funktsionaalsed kui ka mittefunktsionaalsed nõuded, mille põhjal alustati masina projekteerimist. Tähtsamateks nõueteks kujunesid võimalikus peres elavaid loomi eristada ja doseerida neile mõeldud toidukogus määratud režiimi alusel. Jälgiti prototüübi turvalisust ning vastupidavust looma igapäevaelus kasutamaks omaniku kohalolul. Kuna kassi toitumisharjumused iseloomustavad looma tervislikku seisundit, oli oluline, et lahendus annaks omanikule tagasisidet kassi toitumise kohta. See aitab omanikul paremini kassi käitumist tõlgendada.

Valmis prototüüp, mis suutis märgistatud kasse eristada ning programmile vastavalt toitu doseerida. Isendite tuvastamiseks kasutati RFID- silte ning kogu platvorm töötas Raspberry Pi 3 miniarvuti peal. Edasimenes on võimalik RFID ulatusala veelgi laiendada, tehes kassituvasuse töökindlamaks. Esialgsele programmile on mõistlik arendada juurde rakendusliideseid, mis võimaldaksid kontrollitud ligipääsu masina funktsioonidele.

# Tänuavaldused

Tahaksin tänada oma juhendajaid Helina Kitsingut ja Koit Kulperit, hea nõustamise ja aja eest, mida nad leidsin minu ja selle lõputöö jaoks. Kannatus, mida nad töö loomise käigus omasid on väga eeskujulik ning ma ei tea, kuidas ma seda heastada saaksin. Suuri tänuavaldusi pean pühendama ka Katre Pihole ning Indrek Ardele, kes isegi siis, kui kõik lootusetu tundus, olid valmis mind abistama. Ma ei tea kuidas seda heastada.

Lisaks tänaksin kõiki oma tuttavaid ja perekonda, kes kannatasid välja need pikad ööd, mis ma nendega olemise asemel tööd tehes veetsin.

# Kirjandus

- [1] Common European Research Classification Scheme (CERCS) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator  
<https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Details/d3717f7b-bec8-4cd9-8ea4-c89cd56ca46e> (ETIS);  
<https://wiki.ut.ee/download/attachments/16581162/Common%20European%20Research%20Classification>  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [2] Vallaste - ingliskeelsete info- ja sidetehnoloogia terminite seletav sõnaraamat  
<http://www.vallaste.ee/index.asp> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [3] Understanding Single-Ended, Pseudo-Differential and Fully-Differential ADC Inputs  
<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/1108> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [4] International Progressive Cat Breeders Alliance - Breed Registry  
<http://ipcba.8k.com/Article3.html> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [5] Francesca Riccomini, *What Your Cat Wants: 7 Key Skills of a Perfect Cat Owner*, Hamlyn, 2012.
- [6] Feline Vision: How Cats See the World  
<http://www.livescience.com/40459-what-do-cats-see.html> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [7] Mildred Moelk, "Vocalizing in the House-Cat; A Phonetic and Functional Study", *The American Journal of Psychology*, 1996, **10**, 205–209, DOI: 10.2307/1416947 .
- [8] Pet Obesity Prevention - Ideal Weight ranges  
<http://www.petobesityprevention.org/ideal-weight-ranges/> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [9] John W.S. Bradshaw, Deborah Goodwin, Véronique Legrand-Defrétil, Helen M.R. Nott, "Food selection by the domestic cat, an obligate carnivore", *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 1944, **10**, 184-205, DOI: 10.1016/0300-9629(95)02133-7 .
- [10] Amazon - LeBistro Portion Control Automatic Pet Feeder  
<http://www.amazon.com/LeBistro-Portion-Control-Automatic-pounds/dp/B0016BVY2U>  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [11] Aspen Le Bistro  
<https://writelatex.s3.amazonaws.com/bwdmtzyyzfbr/fb76e253cc06e6a8e1ffab1a24e50d3>  
05.05.2015, 00:00 (UTC).

- [12] Petmate Le Bistro Pet Feeder Full Review  
<http://www.catfooddispensersreviews.com/petmate-le-bistro-pet-feeder-review/>  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [13] Good Product for stupid cats - Amazon Customer Review  
[http://www.amazon.com/gp/customer-reviews/R39G1ZHTLCH7RB/ref=cm\\_cr\\_arp\\_d\\_rvw\\_ttl?ie=UTF](http://www.amazon.com/gp/customer-reviews/R39G1ZHTLCH7RB/ref=cm_cr_arp_d_rvw_ttl?ie=UTF)  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [14] Petmate "Autofeeder" my ass - Cat hacks Petmate Le Bistro - Youtube  
<https://www.youtube.com/watch?v=sJeVyN8LWbs> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [15] Petsafe Healthy Pet  
<https://writelatex.s3.amazonaws.com/bwdmtzyyzfbr/b0eb8a32cbe77715252f29479ab091f8>  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [16] Petsafe Healthy Pet Simply Feed- Full Review  
<http://www.catfooddispensersreviews.com/petsafe-healthy-pet-simply-feed-review/>  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [17] Healthy Pet Simply Feed 12-Meal Automatic Pet Feeder  
<http://store.petsafe.net/healthy-pet-simply-feed-automatic-feeder> 05.05.2015, 00:00  
 (UTC).
- [18] Petnet - Smartfeeder  
<http://www.petnet.io/> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [19] Petnet SmartFeeder – Full Review  
<http://www.catfooddispensersreviews.com/petnet-smartfeeder-review/> 05.05.2015, 00:00  
 (UTC).
- [20] Petnet SmartFeeder  
<https://writelatex.s3.amazonaws.com/bwdmtzyyzfbr/e79e610500050e4a86fb0cfa253becd4>  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [21] Amazon - Petnet SmartFeeder  
<http://www.amazon.com/Petnet-SmartFeeder-Automatic-Feeding-iPhone/dp/B010QYTN2K> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [22] Wireless Whiskers Pet Feeder  
<https://writelatex.s3.amazonaws.com/bwdmtzyyzfbr/2e2178b5ce50e7f45ac08ba48e5dd189>  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [23] Wireless Whiskers Pet Feeder – Full Review  
<http://www.catfooddispensersreviews.com/wireless-whiskers/> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [24] Wireless Whiskers - FAQ  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [25] Amazon - Automatic Pet Feeder - Wireless Whiskers AutoDiet Pet Feeder  
<http://www.amazon.com/Automatic-Pet-Feeder-Wireless-Whiskers/dp/B00APRBNFY>  
 05.05.2015, 00:00 (UTC).

- [26] Pressure Gauges and Switches  
<http://www.omega.com/literature/transactions/volume3/pressure.html> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [27] Need for Capacitive Load Cells?  
<http://www.loadstarsensors.com/why-build-capacitive-load-cells.html> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [28] SensorWiki - FSR Sensor Diagram  
[http://www.sensorwiki.org/lib/exe/fetch.php/sensors/fsr\\_diagram.png?w=400&h=&cache=cache](http://www.sensorwiki.org/lib/exe/fetch.php/sensors/fsr_diagram.png?w=400&h=&cache=cache)  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [29] FSR 400 Series Data Sheet  
[http://www.interlinkelectronics.com/datasheets/Datasheet\\_FSR.pdf](http://www.interlinkelectronics.com/datasheets/Datasheet_FSR.pdf) 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [30] Strain gauge selection  
[http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/39-12/weigh\\_scale.html](http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/39-12/weigh_scale.html)  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [31] A Reference Design for High-Performance, Low-Cost Weigh Scales  
[http://www.efunda.com/designstandards/sensors/strain\\_gages/strain\\_gage\\_selection\\_matl.cfm](http://www.efunda.com/designstandards/sensors/strain_gages/strain_gage_selection_matl.cfm)  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [32] RDM6300  
<https://writelatex.s3.amazonaws.com/bwdmtzyyzfbr/20fc6d75846c757d5377b85c4894e791>  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [33] RFID tag  
<https://writelatex.s3.amazonaws.com/bwdmtzyyzfbr/faffdede56075ef6f40ead95cbf5f193>  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [34] strain gauge  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Strain\\_gauge.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Strain_gauge.svg) 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [35] Strain Gauges Chapter 9 - Electrical Instrumentation Signals  
<http://www.allaboutcircuits.com/textbook/direct-current/chpt-9/strain-gauges/>  
05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [36] David Rye - Strain Gauge Amplifier  
[http://websrv.mece.ualberta.ca/electrowiki/images/3/3c/Strain\\_Design.pdf](http://websrv.mece.ualberta.ca/electrowiki/images/3/3c/Strain_Design.pdf) 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [37] Radio Regulations, edition of 2012 (English version) - Volume 1 - ITU  
[http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.PDF](http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.PDF) 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [38] Which RFID Frequency is Right for Your Application?  
<http://blog.atlasrfidstore.com/which-rfid-frequency-is-right-for-your-application>  
05.05.2015, 00:00 (UTC).

- [39] Vinyl shower curtains a 'volatile' hazard, study says  
<http://www.canada.com/cityguides/winnipeg/info/story.html?id=dfe49cb3-b104-4d4a-a449-14e4faf17e2b> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [40] DIRECTIVE 2005/84/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:344:0040:0043:en:PDF> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [41] Concise International Chemical Assessment Document 4 METHYL METHACRYLATE  
<http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad04.pdf> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [42] EFSA - Bisphenol A  
<http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/bisphenol> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [43] R.E. Conn, J.J. Kolstad, J.F. Borzelleca, D.S. Dixler, L.J. Filer Jr, B.N. Ladu Jr, M.W. Pariza, "Safety assessment of polylactide (PLA) for use as a food-contact polymer", *Food and Chemical Toxicology*, 1995, **10**, 273–283, DOI:10.1002/(SICI)1521-4095(199807)10:10<725::AID-ADMA725>3.0.CO;2-Z.
- [44] PLA and ABS vs food safety?  
<http://forums.reprap.org/read.php?1,164077,167669#msg-167669> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [45] Project dogfeeder  
<https://sites.google.com/site/projectdogfeeder/home> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [46] Project dogfeeder - flapper  
<https://writelatex.s3.amazonaws.com/bwdmtzyyzfbr/8a47b8a0d9014932f8da1018a3f131b2> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [47] Dennis R. Heldman, *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*, 2003.
- [48] Screw Conveyor Systems  
<http://www.kwsmfg.com/resources/news-articles/choosing-a-screw-conveyor.htm> 05.05.2015, 00:00 (UTC).
- [49] SQLite - About SQLite  
<https://www.sqlite.org/about.html> 05.05.2015, 00:00 (UTC).

# Lisad

## Lisa 1 - erinevate toitide soovituslikud kogused

Nature's Protection Urinary Formula-S kogusetabel

Kassi mass (kg)	Toidu hulk (g/päev)
1	9-15
2	18-30
3	27-46
4	35-61
5	44-76
6	53-91
7	62-106
8	71-121

Royal Canin British Shorthair kogusetabel

Kassi mass (kg)	Vähene energiakulu (g/päev)	Keskmine energiakulu (g/päev)	Kõrge energiakulu (g/päev)
3	-	42	51
4	41	52	62
5	49	61	73
6	55	69	-
7	62	77	-
8	68	-	-

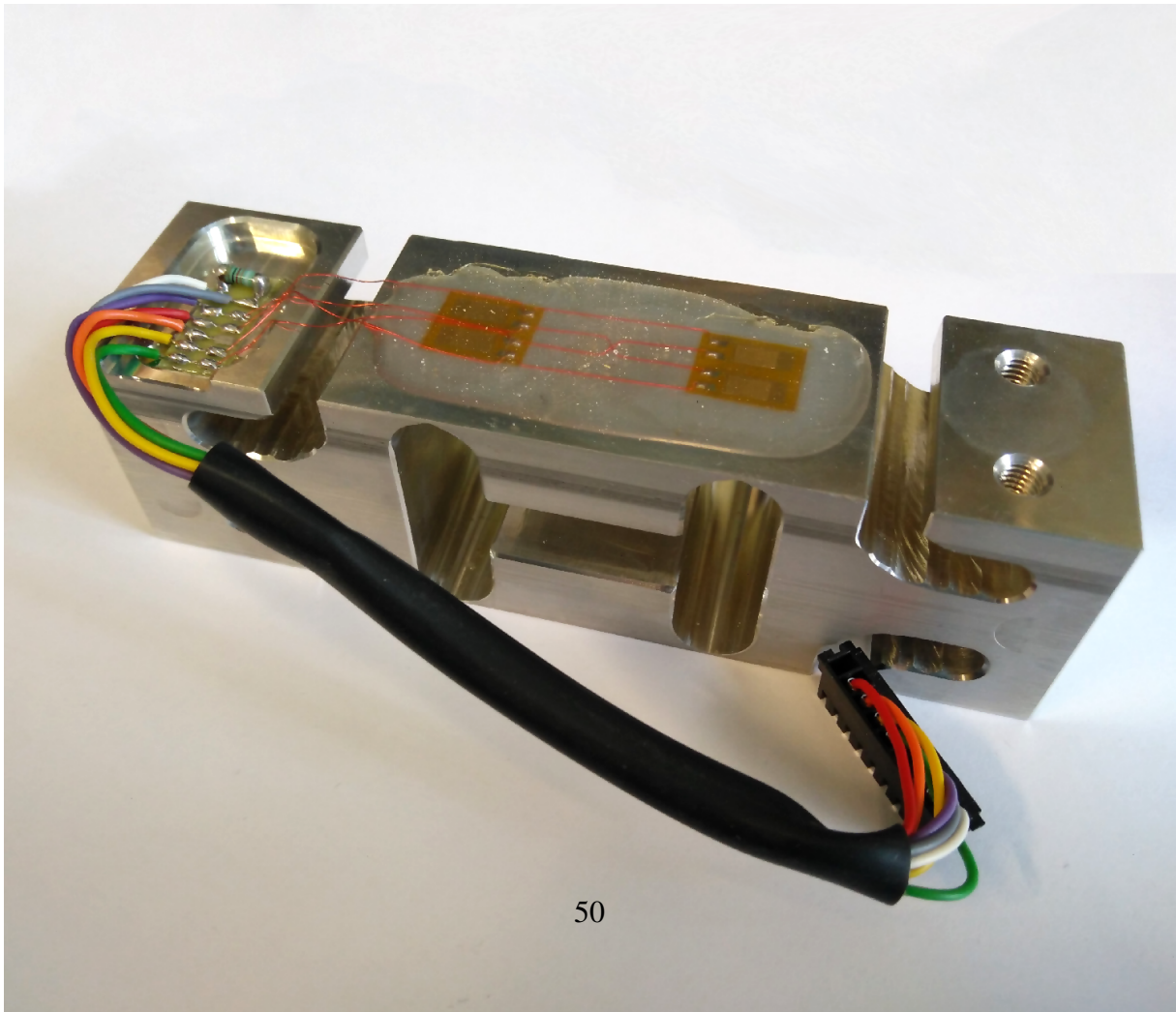
### Concept For Life All Cats kogustetabel

Kassi mass (kg)	Tavaline energiakulu (g/päev)	Kõrge energiakulu (g/päev)
2	35	40
3	45	55
4	55	65
5	60	75
6	70	85
7	75	95

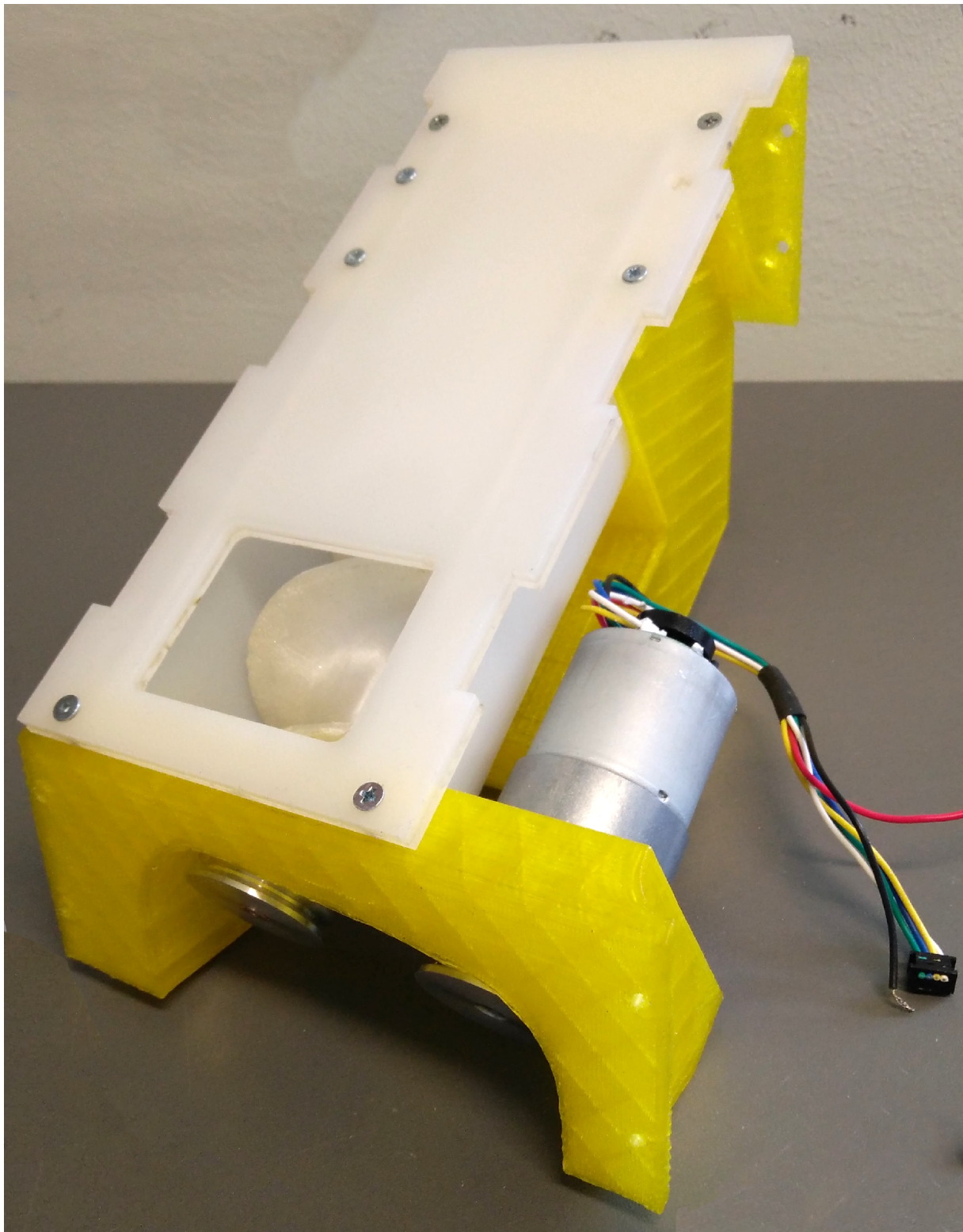
### Purina One kogusetabel

Kassi mass (kg)	Soovitatav kogus (g/päev)
2-4	35-70
4-6	70-100
6-8	100-135

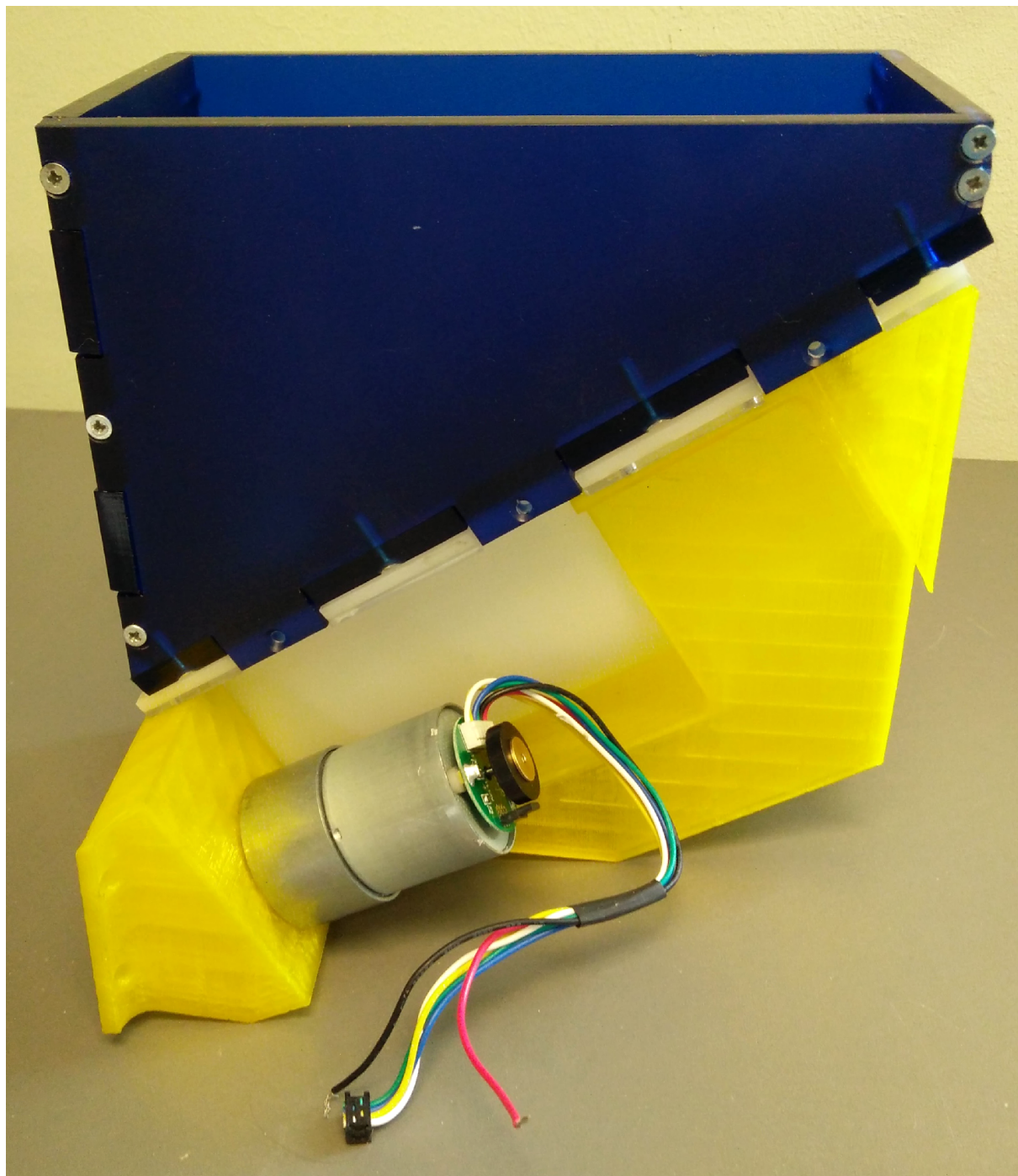
## Lisa 2 - Nelja tensioanduriga täielik Wheatsone-i sild



### Lisa 3 - Toidu doseerimismoodul



## Lisa 4 - Toidu doseerimismoodul koos toidunõuga



## Lisa 5 - Automaatdoseerija koostu mudel (3D PDF)



## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Allan Kustavus,

*(autori nimi)*

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
**Individualiseeritud mitme isendi toega kuivtoidu jagaja,**  
*(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja on Helina Kitsing,

*(juhendaja nimi)*

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu alates **01.01.2020** kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus/Tallinnas/Narvas/Pärnus/Viljandis, **20.05.2016**