

ÄLYKÄS JUOMA-AUTOMAATTI



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Tieto- ja viestintätekniikka, biotalouden koulutus, Forssa

Kevätlukukausi 2023

Kim Tuomi

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehitellä laitteisto, jolla voitiin seurata eläinkohtaisesti lehmien veden kulutusta ja juomiseen käytettyä aikaa. Eläinkohtaista juomamäärää tutkimalla voidaan arvioida rehun kulutusta, joka on hyötysuhteessa maidontuottamiseen. Toimeksiantajina toimi HAMK Smart ja HAMK Bio.

Projektissa valmistettiin virtausanturi, joka asennettiin navettaan keräämään dataa ja paineanturilaitteisto, sekä paine-eroilmaisimien myöhempää käyttöä varten. Dataa kerättiin lehmien juomamääristä sekä talletettiin sd-kortille. Tämän avulla voitiin seurata lehmien juomakäyttäytymistä.

Laitteistot saatiin toimimaan halvoilla osilla, joten jatkotutkimuksia varten kannattaa selvittää kestävämpien sekä tarkempien osien hankinta ja hienosäätöä ohjelmistoihin. Tämän avulla voidaan parantaa laitteiston tarkkuutta ja luotettavuutta, mikä auttaa maanviljelijöitä entisestään optimoimaan rehun kulutusta ja parantamaan maidontuotantoa.

Avainsanat Anturi, pilvipalvelut, maatalous, ohjelmointi

Sivut 23 sivua

The purpose of the thesis was to develop an automatic device that could monitor the water consumption and the drinking time of cows on an individual basis. By studying the individual drinking amount per animal, it is possible to estimate the feed consumption, which is beneficial in a ratio with milk production. The commissioners of this thesis were the HAMK Smart and Bio Units of Häme University of Applied Sciences.

In the project, a flow sensor was manufactured and installed in the barn to collect data and a pressure sensor device, as well as a pressure difference indicator for later use. Data was collected on the cows' drinking amounts and stored on an SD card. This was used to monitor the drinking behavior of the cows.

The devices worked with cheap parts, so for further research the acquisition of more durable and accurate parts and fine-tuning the software would be worth considering. This will improve the accuracy and reliability of the equipment, helping farmers further optimize feed consumption and improve milk production.

Keywords Sensor, cloud services, agriculture, programming

Pages 23 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Toimeksianto	2
2.1	Toimeksiannon määrittely	2
2.2	Tavoite, tarkoitus ja aikataulu	3
3	IOT maataloudessa	3
3.1	IOT yleisesti	4
3.2	Teknologia	4
3.3	Hyödynnettävyys maataloudessa	5
4	Laitteiston suunnittelu ja toteutus	5
4.1	Elektroniikan suunnittelu	6
4.2	Demolaitteisto	6
4.3	Laitteisto	7
4.3.1	Virtausanturi	7
4.3.2	Pilvipalvelu	8
4.3.3	RFID-tunnistin	10
4.3.4	Paineanturi	12
4.4	Ohjelmisto	17
5	Tulokset	18
6	Johtopäätökset ja pohdinta	22
	Lähteet	24

1 Johdanto

Projektissa luotiin järjestelmä, jonka avulla voidaan seurata lehmien vedenkulutusta ja juoma-aikaa eläinkohtaisesti. Lypsylehmien juomaveden seurannalla voidaan edistää eläinten hyvinvointia sekä edistää maidontuotantoa ympäristöystävällisellä ja tuotannon kannalta tehokkaalla tavalla.

Lypsylehmien rehunkäyttökyky on parantunut huomattavasti viimeisen 40 vuoden aikana tutkimuksen ja kehityksen ansiosta. Lypsylehmien rehunkäyttö tarkoittaa sitä, miten hyvin lehmät pystyvät muuntamaan syömänsä rehun maidoksi. Rehunkäyttöön vaikuttavat monet tekijät, kuten lehmän perimä, ravitseminen, terveys ja ympäristö. Rehunkäyttöön liittyvät myös lehmien energian tarve ja saanti, jotka vaihtelevat tuotosvaiheen mukaan. Lypsylehmien rehunkäyttöön pyritään vaikuttamaan ruokinnalla ja jalostuksella, jotta maidontuotanto olisi mahdollisimman tehokasta ja ympäristöystävällistä. Kun eläimet syövät rehua, niiden pötsissä syntyy metaanipäästöjä. Nämä päästöt muodostavat noin puolet raakamaidon hiilijalanjäljestä. (Nousiainen & Hakala, 2019)

Rehunkäyttöön voidaan vaikuttaa myös jalostuksella eli valitsemalla lemiä, jotka tuottavat paljon maitoa vähemmällä rehulla. Jalostuksessa on kehitetty uusia menetelmiä ja ominaisuuksia, jotka auttavat arvioimaan lehmien rehunkäyttökykyä. Esimerkiksi maidon rasva- ja valkuaispitoisuus sekä elopainon muutos ovat ominaisuuksia, jotka kertovat lehmän energiatasapainosta ja rehunkäytöstä. Jalostuksessa on kuitenkin huomioitava myös lehmien hedelmällisyys ja terveys, sillä liian suuri energian käyttö maidontuotantoon voi heikentää niitä. (Hankkija, 2023) Jalostuksen avulla on saatu aikaan eläimiä, jotka tuottavat keskimäärin 10 000 kg maitoa vuodessa, joka on yli kaksinkertainen määrä verrattuna 1980-luvun tuotantoon. Jalostuksella on vielä potentiaalia parantaa rehuhyötysuhdetta entisestään. Tämän ennustetaan vähentävän maitolitrin vaatimaa rehumäärää ja pienentämään metaanipäästöjä jopa 36 % nykytasosta vuoteen 2035 mennessä. (Lidauer & Pösö, 2020)

Lypsykarjan juomatarve on tärkeä osa lehmien ruokintaa ja hyvinvointia. Lehmät juovat vettä pääasiassa syömisen yhteydessä ja maitotuotoksen mukaan. Lehmän juomatarve

riippuu myös rehun kuiva-aine-, suola- ja kivennäispitoisuudesta sekä ympäristön lämpötilasta. Lehmän juomatarve voi vaihdella 40–150 litraa päivässä. (Faba, 2023)

Rehun tehokkuuden arvioinnissa on haastavaa mitata tarkasti kunkin eläimen syömää rehumäärää. Rehun kulutuksen mittaamiseen on kehitetty erilaisia laitteita ja järjestelmiä, jotka perustuvat esimerkiksi painoantureihin, RFID-tunnisteisiin, kameravalvontaan tai etäluentaan. Näillä laitteilla voidaan seurata rehun kulutusta joko automaattisesti tai manuaalisesti. Rehun kulutuksen mittaamisen haasteita ovat muun muassa laitteiden luotettavuus, huolto, kalibrointi, virheiden tunnistus ja korjaus sekä tietojen käsittely ja analysointi. Rehun kulutuksen mittaamisen hyötyjä ovat muun muassa parempi rehujen hyödyntäminen, pienemmät päästöt, parempi eläinten terveys ja hyvinvointi sekä parempi taloudellinen tulos. (Motiva, 2021) Vaikka on olemassa erilaisia menetelmiä rehun kulutuksen mittaamiseen, ne ovat usein liian kalliita käytettäväksi laajasti eri navetoissa. Jotta jalostuksen potentiaali voitaisiin hyödyntää täysimääräisesti, tarvitaan kattavampia ja laajempia mittausmenetelmiä. Projektin toteuttamiseksi tutkittiin erilaisia vaihtoehtoja laitteiston suhteen.

2 Toimeksianto

Opinnäytetyön toimeksiantajina vastasi HAMK Smartin edustaja Olli Koskela ja HAMK Bion edustaja Ilpo Pölönen. Opinnäytetyöksi määritellyn projektin tarkoituksena oli valmistaa juomamääriä mittaava laitteisto osaksi älyjuoma-automaatti hanketta. Hankkeessa tutkitaan lypsykarjan juomamäärien vaikutusta rehuntuotantoon sekä lehmien hyvinvointiin. Kun kehitystyö on valmis, opinnäytetyönä valmistuva prototyyppi, siihen liittyvä dokumentaatio ja kerätty data luovutetaan tilaajalle.

2.1 Toimeksiannon määrittely

Toimeksiannossa tilatun juoma-automaatin tuli sisältää seuraavat ominaisuudet:

1. Kyky mitata veden määrä kolmen desilitran tarkkuudella
2. Laitteiston tulee olla suojattu IP67-luokituksen kestäväällä kotelolla, jotta se selviytyy navettaolosuhteista.

3. Datan tallennus muistikortille ja mahdollisesti myös pilveen.
4. Mahdollinen akulla toimivuus, jotta juoma-automaattia on mahdollista hyödyntää kenttäolosuhteissa.
5. RFID-tunnistus, jotta juomakerrat pystytään yksilöimään.

Projektin edetessä tilauksen määrittelyä voidaan päivittää tarpeen vaatiessa. Kokoonpanon toimivuutta testaillaan tarpeen mukaan. Datan analysointi delegoidaan eteenpäin.

2.2 Tavoite, tarkoitus ja aikataulu

Opinnäytetyössä tilattua juoma-automaattia tullaan käyttämään osana älyjuoma-automaatti hanketta. Hankkeessa tutkitaan karjan juomisen vaikutusta maidontuotantoon ja yleiseen lehmien hyvinvointiin.

Aikataulu:

- 30.5.2022-3.6.2022: Tilauksen vastaanottaminen ja projektin määrittely
- 6.6.2022-1.7.2022: Juoma-automaatin suunnittelu
- 4.7.2022-30.9.2022: Tekninen toteutus ja testaukset
- 3.10.2022-28.10.2022: Kenttäkokeilut
- 1.11.2022-1.3.2023: Raportointi ja viimeistely

3 IOT maataloudessa

Tässä kyseisessä projektissa mitattiin lehmien juomiskäyttäytymistä kehitetyllä laitteistolla, mutta laitteisto on hyödynnettävissä muidenkin eläinten kanssa. Maataloudessa tapahtuva IoT:n asteittainen käyttö tarjoaa paljon mahdollisuuksia tehostaa toimintaa ja samalla parantaa elintarvikkeiden turvallisuutta ja toimitusta. Anturit, moduulit ja yhdyskäytävät mahdollistavat tarkan reaaliaikaisen tiedon keräämisen esimerkiksi vedenkäytöstä, sadon seurannasta ja karjan terveydentilasta. Kerättyä tietoa voidaan käyttää parempiin päätöksiin, kustannusten seurantaan ja säännösten noudattamiseen. (MOKOSmart, n.d.)

3.1 IOT yleisesti

Esineiden internet (IoT, engl. Internet of Things) tarkoittaa esineiden yhdistämistä verkkoon. Esineitä voi olla erilaisia laitteita kuten älypuhelin, videopelikonsoli, älykello, auto tai vaikkapa kahvinkeitin, myös erilaisissa antureissa, jotka mittaavat esimerkiksi virtausta, painetta tai lämpötilaa hyödynnetään usein IoT:ta. (empirica, 2020)

Laitteet voivat jakaa ja vastaanottaa tietoa toisilleen internetin välityksellä. Anturit voivat myös kerätä tietoa fyysisestä ympäristöstä, esimerkiksi veden virtauksesta. Tiedon perusteella laitteiden on mahdollista toimia itsenäisesti tai osana laajempaa järjestelmää. Jotkin laitteet ovat kaksisuuntaisia, eli ne eivät pelkästään kerää dataa, vaan saavat sitä myös ulkopuolisista lähteistä. Nämä laitteet käsittelevät vastaanotettua dataa ja se ohjaa niiden toimintaa. (empirica, 2020)

3.2 Teknologia

IoT-järjestelmä muodostuu teknisesti joko langattomasta tai kiinteästä verkosta, johon on liitetty erilaisia laitteita. Se voi olla lähes mikä tahansa fyysinen laite, sillä lähes kaikki laitteet ovat muunnettavissa IoT-laitteeksi. IoT-laite on laite, joka yhdistetään verkkoon ja jolla pystyy lähettämään tai vastaanottamaan dataa. (empirica, 2020)

Internet of Things (IoT) -käsite tarkoittaa yleisesti mitä tahansa esinettä tai asiaa, joka voidaan liittää langattomasti Internet-verkkoon. Nykyään IoT viittaa erityisesti asioihin, jotka on varustettu antureilla, ohjelmistoilla ja muilla teknologioilla, jotka mahdollistavat tiedon lähettämisen ja vastaanottamisen käyttäjille tiedottamista tai automatisointia varten. Aiemmin yhteydet saavutettiin pääasiassa Wi-Fi-verkon avulla, mutta nykyään 5G ja muut verkkoteknologiat mahdollistavat suurten tietomäärien käsittelyn lähes missä tahansa nopeasti ja luotettavasti. Esineiden internetiin liittyy sensortechnologia, yhteydet, pilvipalvelut, Big Data -teknologia, sekä AI ja koneoppiminen. (SAP Insights, n.d.)

3.3 Hyödynnettävyys maataloudessa

Esineiden internetiä hyödynnetään maataloudessa useiden eri antureiden avulla reaaliaikaisen tiedon keruuseen. Esimerkiksi maaperän kosteuspitoisuuden tutkimiseen, karjan ja sadon terveyden seulomiseen, myös droneja ja maatalousajoneuvoja käytetään tehokkaasti syrjäisillä alueilla, joilla ei ole täydellistä laajakaistayhteyttä. (MOKOSmart, n.d.)

IoT:n avulla voidaan vähentää jätteen määrää ja parantaa tuottavuutta määrittämällä sopivat lannoitteet ja torjunta-aineet. Sen avulla voidaan myös parantaa maatalouden tuotteiden laatua ja turvallisuutta esimerkiksi eläinten ruokintajärjestelmissä. Näin voidaan varmistaa, että eläimet saavat oikeanlaista ja riittävää ravintoa. Tämä puolestaan parantaa eläinten terveyttä ja lisää niiden tuotantokykyä. (MOKOSmart, n.d.)

Lisäksi IoT:n avulla voidaan tehostaa maatalouden logistiikkaa. Esimerkiksi IoT-laitteiden avulla voidaan seurata ja hallita satojen varastointia ja kuljetusta reaaliajassa. Tämä tekee koko maatalouden tuotantoketjusta tehokkaamman. (SAP Insights, n.d.)

Maatalousjärjestelmien automatisointi antureilla helpottaa etävalvontaa mistä tahansa paikasta. Lisäksi se auttaa viljelijöitä valitsemaan manuaalisten ja automaattisten päätösten välillä kerättyjen tietojen perusteella ennen tarvittavien toimenpiteiden tekemistä. (MOKOSmart, n.d.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että IoT:n käyttö maataloudessa voi olla hyödyllistä monin tavoin. Se voi tehostaa maatalouden tuotantoa ja parantaa tuotteiden laatua ja turvallisuutta, sekä tehostaa maatalouden logistiikkaa.

4 Laitteiston suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa vedenmittauslaitteisto, joka tunnistaa lehmän ja mittaa kuinka paljon se juo kerrallaan. Eri kokoonpanoja kehitettiin tarpeen ja edistyksen mukaan. Ensimmäinen kokoonpano oli mahdollisimman minimalistinen, jota sittemmin kehitettiin ja johon lisättiin moduuleja sitä mukaan, kun aiempi saatiin toimimaan.

4.1 Elektroniikan suunnittelu

Tinkercadia käytettiin piirikaavioiden suunnitteluun. Tinkercad on selainpohjainen 3D-mallinnussovellus, jolla pystyy luomaan ja jakamaan 3D-malleja helposti ja vaivattomasti. Tinkercadilla pystyy myös suunnittelemaan piirikaavioita, sillä se tarjoaa erilaisia valmiita komponentteja, kuten erilaisia elektronisia osia, jotka voi sijoittaa 3D-mallinnukseen. Näin voit luoda esimerkiksi kolmiulotteisen näkymän laitteistostasi ja nähdä, kuinka eri osat sijoittuvat toisiinsa. (Tinkercad, n.d.)

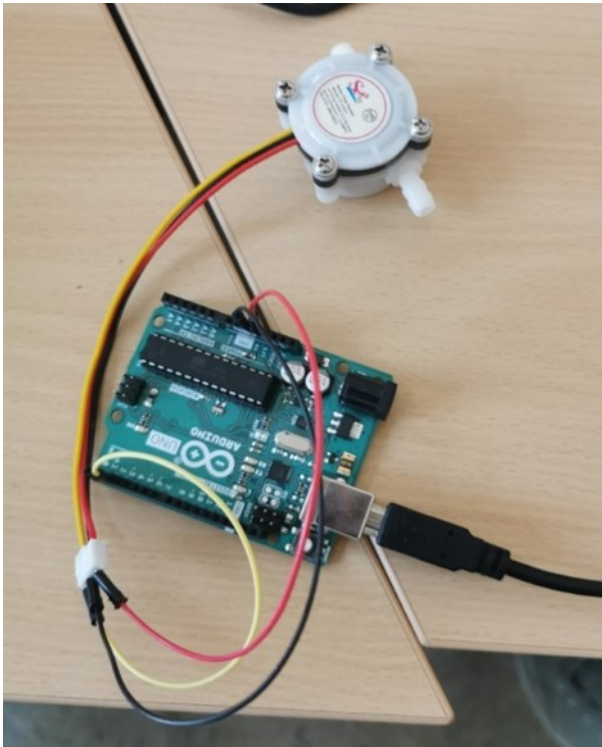
Lisäksi Tinkercadilla voi luoda perus piirikaavio komponenttien yhdistämiseen esimerkiksi kahden ledin yhdistäminen paristoon ja piirisarjan selvittämiseen. Tinkercadin avulla pystyy luomaan 3D-mallin laitteistosta tai sähköpiiristä ja käyttää Tinkercadin 2D-editoria tai muita piirikaavioiden luontityökaluja, kuten Eagle tai Fritzing, piirikaavion luomiseen. (Tinkercad, n.d.)

4.2 Demolaitteisto

Demolaitteistolla tarkoitetaan varhaista prototyyppiä, jolla testataan moduulien toimivuutta ja yhteensopivuutta mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Kuvassa 1 näkyy esimerkki prototyypistä.

Ensimmäisessä kokoonpanossa käytettiin YF-S401-virtausanturia, joka mittaa noin 0,3–6 litraa minuutissa. Anturin toiminta perustuu Hall-Effect-anturin, turbiinin ja magneetin toimintaan. Vesi virtaa sisäänmenoaukosta, jolloin vesivirta saa turbiinin pyörimään ja magneetin kääntymään sen mukana. Magneettikentän kierto laukaisee Hall-Effect-anturin, joka tuottaa pulssin. Jokaisen turbiinin tuottaman kierroksen myötä saadaan tieto veden määrästä. (Epitran, n.d.) Arduino Uno Rev3:sta käytettiin mikrokontrollerina, johon ohjelmoitiin anturi näyttämään dataa veden virtauksesta.

Kuva 1. Ensimmäinen kokoonpano virtausanturijärjestelmästä



4.3 Laitteisto

Kokoonpanot rakennettiin Arduino-pohjaisiksi järjestelmiksi, mutta hieman erilaisiksi tarpeiden mukaan. Esimerkiksi virtausanturi rakennettiin Arduino UNO Wifi Rev2, jotta se saatiin toimimaan verkossa ja noutamaan aikaleimat, mutta RFID-tunnistimeen riitti Arduino Uno Rev3.

4.3.1 Virtausanturi

Virtausanturi on anturi, joka mittaa virtauksen määrää jossain materiaalissa tai nesteessä. Virtauksen määrää voidaan mitata esimerkiksi ilmassa tai vedessä. Virtausanturit ovat erittäin tärkeitä monissa eri sovelluksissa, kuten ilmanvaihdon, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä, vesihuollossa, teollisuudessa ja energiantuotannossa.

Virtausantureita on useita eri tyyppisiä, joista yleisimmät ovat fyysinen virtausanturi, jolla mitataan fyysisen kohteen avulla, esimerkiksi vivun, palloventtiilin tai putkistosensorin ja elektroninen virtausanturi, joka perustuu sähköisiin ilmiöihin, kuten paine-eroon tai

magneettikenttään. Elektroniset virtausanturit ovat usein tarkkuudeltaan ja herkkyydeltään parempia kuin fyysiset anturit.

Ensimmäisessä prototyypissä käytettiin YF-S401 virtausanturia ja Arduino Uno Rev3. Seuraavaan malliin tuli YF-S201 virtausanturi joka YF-S401 virtausanturista poiketen mittaa 1–30 litraa minuutissa. Arduino Uno Rev3:n päivitimme Arduino Uno Wifi Rev2 mikrokontrolleriin, jotta saatiin kokoonpanon toimimaan verkossa ilman erillisiä moduuleja. Verkkoa tarvittiin muun muassa kellonajan noutoon ja datan tallentamisen pilveen mahdollistamiseksi. Kuvassa 2 on vasemmalla kokoonpano suojatussa kotelossa ja oikealla näkyy juoma-astia.

Kuva 2. Kokoonpano navetassa



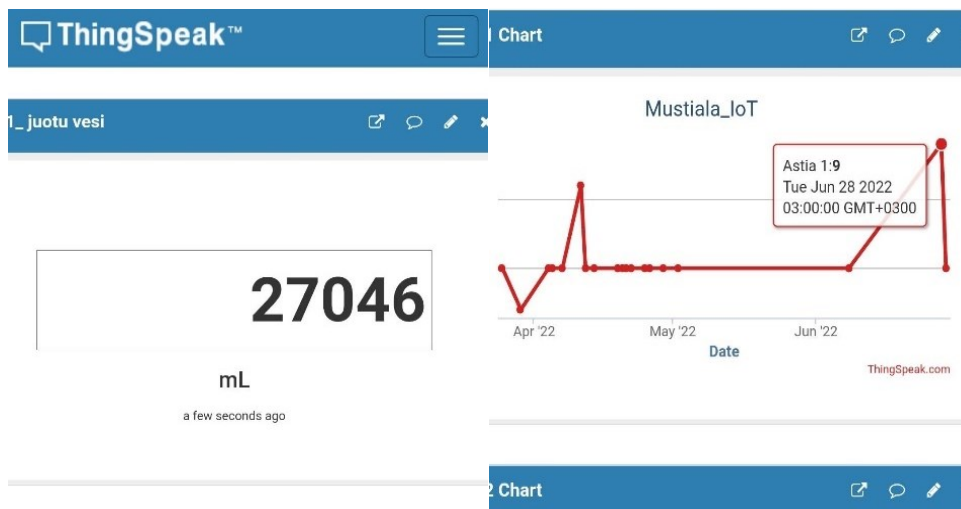
4.3.2 Pilvipalvelu

Pilvipalveluna käytettiin ThingSpeak-alustaa ja sillä saatiin helposti luettavissa olevia graafeja ja veden kulutus millilitroissa näkyviin jopa puhelimeen. ThingSpeakin huonona puolenä oli ilmaisessa versiossa 30 sekunnin viive päivityksessä, mutta tämä kumottiin paikallisella tallennuksella microSD-muistikortille.

ThingSpeak on ilmainen verkkopalvelu, joka tarjoaa Internet of Things (IoT) -pohjaisille projekteille mahdollisuuden tallentaa ja jakaa tietoja helposti. ThingSpeak tarjoaa pilvipohjaisen tietojenkäsittely- ja visualisointialustan, jonka avulla voi kerätä, tallentaa ja jakaa tietoja eri lähteistä, kuten IoT-laitteista, tietokoneista tai mobiililaitteista. ThingSpeak tarjoaa useita erilaisia työkaluja, joiden avulla voi helposti käsitellä ja visualisoida tietoja. ThingSpeakilla voi luoda kanavia, joille IoT-laitteet voivat lähettää tietoja, ja siellä voi myös luoda visualisointeja tiedoista. (ThingSpeak, n.d.)

ThingSpeak on erittäin käytännöllinen väline IoT-projektien toteuttamiseen, sillä se tarjoaa helpon tavan kerätä ja jakaa tietoja eri lähteistä. ThingSpeak on ilmainen, mutta saatavilla on myös maksullinen versio, joka tarjoaa lisäominaisuuksia kuten tallennustilan lisäämistä, enemmän datakanavia ja mahdollisuuden tiheämpään viiveeseen. Kuvassa 3 näkyy Mustialan navetassa saatua dataa, joka on lähetetty ThingSpeak-kanavalle.

Kuva 3. ThingSpeak-kuvaaja juomamäärästä vuorokaudessa



Datan tallennusta varten käytettiin MicroSD-kortti moduulia DFRobotilta ja akkuna toimi PNY PowerPack 20000mAh. Kaikki tämä asennettiin IP67-luokituksen kestävään jakorasiaan ja ruuvattiin kiinni vanerilevyyn, jonka sai asennettua navetalla juoma-astian ja putkiston läheisyyteen.

4.3.3 RFID-tunnistin

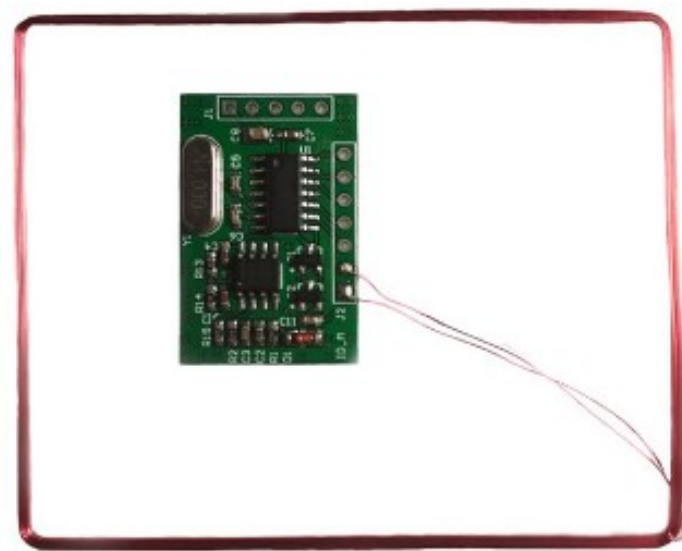
RFID (Radio Frequency Identification) eli radiotaajuinen etätunnistus on tekniikka, jonka avulla voidaan lukea ja kirjoittaa tietoja RFID-tunnisteesta eli etiketistä tai tagista käyttäen radioaaltoja. RFID-järjestelmä koostuu kahdesta osasta: RFID-lukijasta ja RFID-tunnisteesta. Lukija lähettää radioaaltoja, jotka tunnistavat ja lukevat tunnisteesta tallennetut tiedot. (riffid, n.d.)

RFID-tunnisteet ovat pienikokoisia, joustavia ja edullisia niitä voidaan myös käyttää erilaisissa sovelluksissa kuten logistiikassa, varastointiin, kuljetukseen, karjaeläimiin ja myös esimerkiksi kortteihin tai henkilöllisyystodistuksiin. RFID-tunnisteiden avulla voidaan helposti seurata esimerkiksi tavaroiden sijaintia, lähettää tietoa lukevalle laitteelle ja lukea tietoja monella eri tavalla. (riffid, n.d.)

RFID-tunnisteita on erilaisia tyyppejä, kuten passiiviset RFID-tunnisteet, joita ei tarvitse aktivoida erikseen, ja aktiiviset RFID-tunnisteet, jotka täytyy aktivoida erikseen. Passiiviset RFID-tunnisteet ovat yleisimmin käytössä koska ne ovat halvempia. Aktiivisissa RFID-tunnisteissa on taas pidempi kantama, mutta ovat yleensä kalliimpia. (Rfidfuture, n.d.)

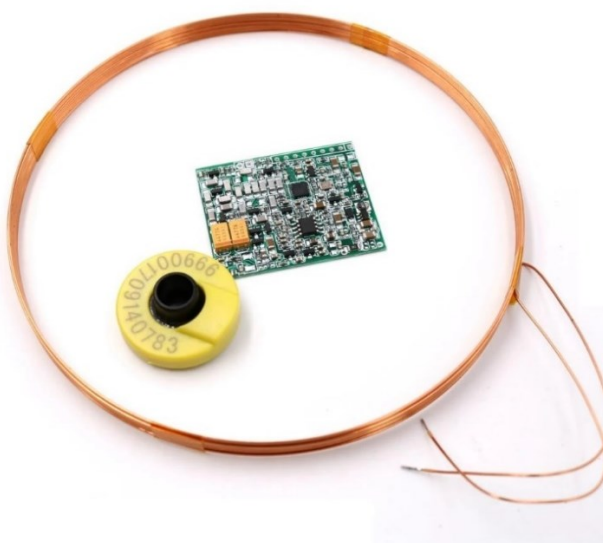
RFID-tunnistukseen käytettiin ensimmäisessä mallissa RFID Wireless module 134.2kHz FDX-B EM4305 Readeria ja Arduino Uno Rev3. Kuvissa 4 ja 5 näkyvät antennit, joita käytettiin.

Kuva 4. Testiantenni



Antenni oli kooltaan pieni (60 mm* 75 mm) ja Arduinon 5V virransyöttö riitti tämän käynnissä pitoon, mutta kantama oli vain noin 4 cm, joka ei riitä koska lehmän korvalätkä ei käy juodessa niin lähellä laitteistoa. Kyseinen tunnistin saatiin toimimaan ja dataa näkyviin, joten seuraavat testit tehtiin parilla isommalla antennilla. Toinen oli pyöreä ja halkaisijaltaan 130 mm, sen luvattu kantama on 38 cm ja toinen 240 mm* 380 mm, jonka luvattu kantama on 50 cm.

Kuva 5. Suurempi pyöreä antenni



Viimeisimmän version laitteistossa käytettiin Embedded 5V Long Range AGV 134.2KHz FDX-B ISO11784/85-standardin mukaista kaukokantoista eläintunnistuslukijamoduulia. Tämän kanssa tuli hieman ongelmia koon ja ohjelmoinnin kannalta, koska näitä antennoja käyttävästä piiristä oli niin huonosti informaatiota saatavilla. Kyseinen antenni saatiin kuitenkin toimimaan Arduino MEGA 2560 Rev3 mikrokontrollerilla, mutta etäisyys jäi edelleen toivotusta puolen metrin etäisyydestä noin 25 senttimetriin.

4.3.4 Paineanturi

Paineantureita on erilaisia tyyppejä, joista yleisimmät ovat absoluuttipaineanturi ja suhteellinen paineanturi. Absoluuttipaineanturi mittaa painetta suhteessa totaaliseen tyhjiöön, ja suhteellinen paineanturi mittaa painetta suhteessa ilmanpaineeseen. Paineantureita on myös mekaanisia ja elektronisia. Mekaaniset paineanturit perustuvat mekaaniseen liikkeeseen, kun taas sähköiset paineanturit perustuvat sähköisiin ilmiöihin. (Wika, n.d.)

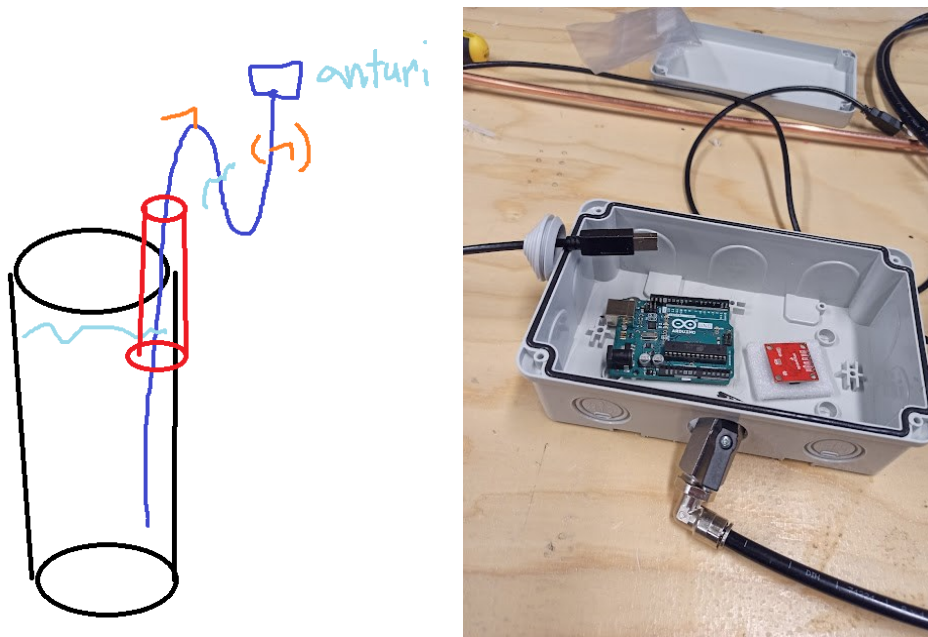
Paineantureita käytetään yleisesti monenlaisissa laitteissa ja järjestelmissä, joissa tarvitaan tietoa paineesta. Ne ovat erittäin tärkeitä turvallisuuden kannalta, ja niitä käytetään esimerkiksi paineilmapumpuissa, ilma- ja vesijärjestelmissä, moottorien ohjausjärjestelmissä ja lääketieteellisissä laitteissa. Paineanturi testikokoonpanossa (kuvat 6-9) käytettiin Arduino Uno Rev3, SparkFun Qwiic MicroPressure Sensoria, muovista putkea ja ämpäriä.

Kuva 6. Paineanturin testikokoonpano



Kyseisellä kokoonpanolla saatiin jo tuloksia, joten paineanturin kehitystä jatkettiin seuraavaksi testaamalla parempia putkivaihtoehtoja. Seuraavaan iteraatioon laitettiin arduino sensoreineen IP67-luokiteltuun jakorasiaan. Liitännöistä tuli kysymyksiä, miten ne saadaan ilmatiiviiksi. Ajatuksena oli tiivistää muoviosat ja pistoliittimet silikonilla ja liimalla, vaihtoehtona muoviosille on myös käännettävä USB-läpivientiliitin. Putkistona toimii 8 millia paksu pneumatiikkaletku. Tämä pneumatiikkaletku mahdollistaa paljon tarkemman tuloksen kuin aiempi paksu putki, jota käytettiin sensorin testivaiheessa.

Kuva 7. Paineanturikokoonpanon suunnittelua



Tämä malli on paljon kompaktimpi ja mahtuu kaikkineen pieneen jakorasiaan. Sillä tehtiin laboratoriomittauksia, jotta voimme arvioida paineen muutosta litroittain yksikkökohtaisesti.

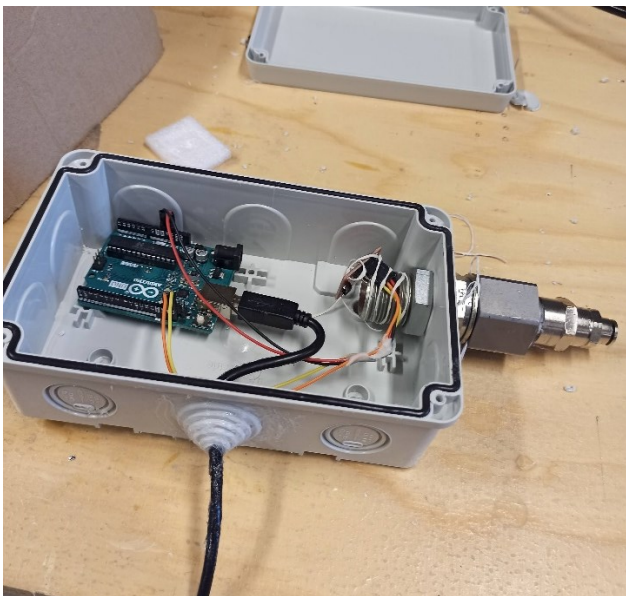
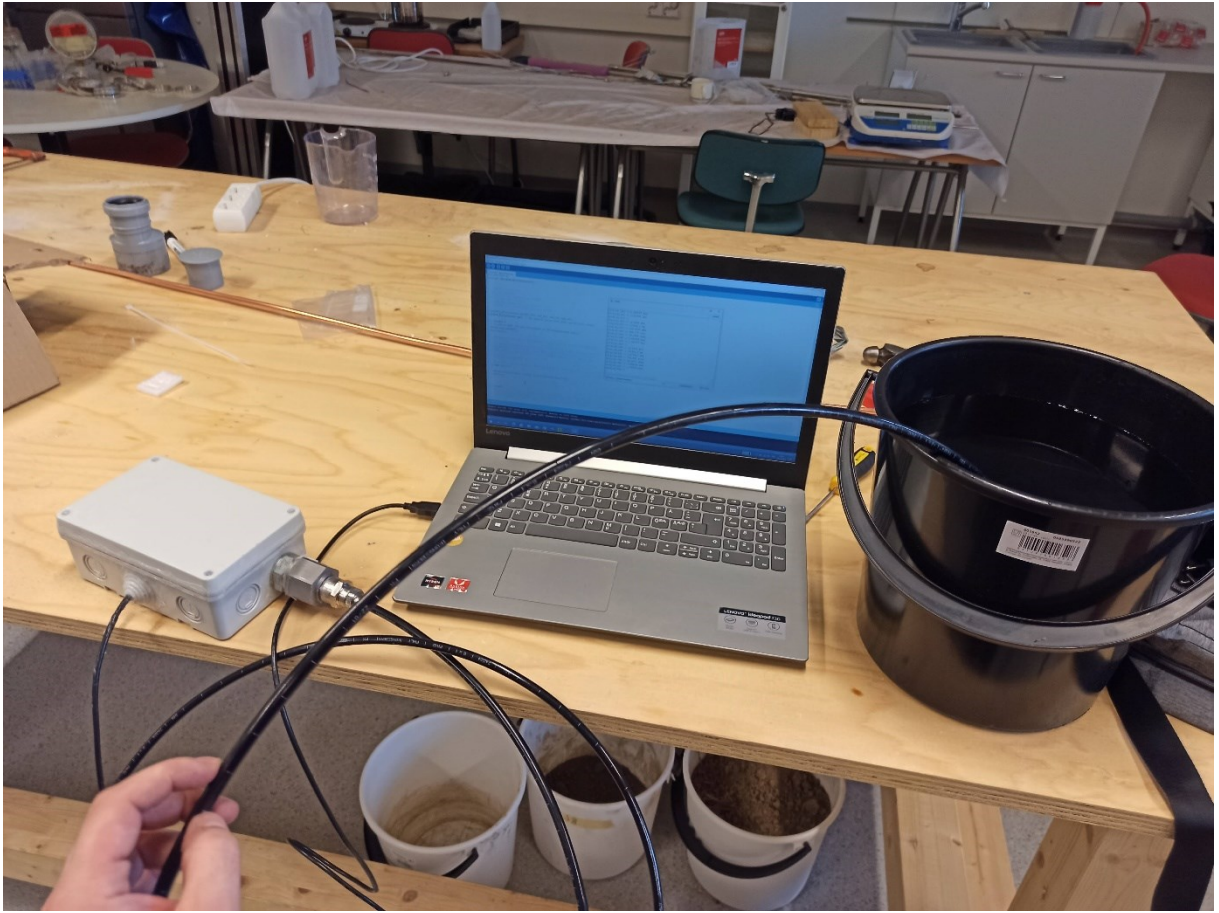
Kuva 8. Paineanturin tuloksia

	0 litraa	ero	1 litra	2 litraa	3 litraa	4 litraa	5 litraa	6 litraa	7 litraa	8 litraa							
PSi	14,3525	0,0219	14,3744	0,012	14,3864	0,0089	14,3953	0,0089	14,4042	0,008	14,4122	0,0075	14,4197	0,0062	14,4259	0,0081	14,434
Pa	98959,3	145,6	99104,9	87,2	99192,1	49,5	99241,6	66,4	99308	52,4	99360,4	59,7	99420,1	54	99474,1	43,6	99517,7
kPa	98,9556	0,1586	99,1142	0,0829	99,1971	0,0526	99,2497	0,0625	99,3122	0,0632	99,3754	0,0449	99,4203	0,0433	99,4636	0,0561	99,5197
torr	742,279	1,117	743,396	0,61	744,006	0,471	744,477	0,443	744,92	0,493	745,413	0,346	745,759	0,325	746,084	0,385	746,469
inHg	29,2215	0,0473	29,2688	0,0223	29,2911	0,0219	29,313	0,0169	29,3299	0,0127	29,3426	0,0184	29,361	0,0143	29,3753	0,0125	29,3878
atm	0,976824	0,001358	0,978182	0,000786	0,978968	0,000719	0,979687	0,000572	0,980259	0,000581	0,98084	0,000454	0,981294	0,000504	0,981798	0,000533	0,982331
bar	0,989607	0,001572	0,991179	0,000782	0,991961	0,000686	0,992647	0,000646	0,993293	0,000538	0,993831	0,000534	0,994365	0,000453	0,994818	0,000426	0,995244

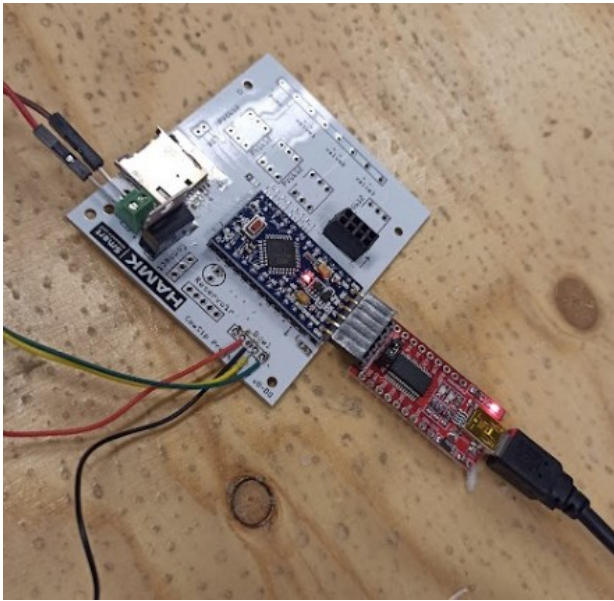
Tässä kokeessa lisättiin vettä ämpäriin litra kerrallaan. Tuloksista päätellen anturissa on pientä heittelyä, mutta keskiarvolla suurinpiirteinen arvo on laskettavissa melko tarkasti.

Paineanturi tukee virtausanturia ja se on tarpeellinen lisä tähän hankkeeseen virtausanturin lisäksi. Valmistettiin kaksi erilaista paineanturilaitteistoa. Toisessa käytettiin paine-eroilmaisinta ja 8 mm paksua kupariputkea, teetätettyä mikroprosessoria, johon liitettiin anturi. Kuvassa 10 näkyy paine-eroilmaisimeen teetätetty mikroprosessori ja kuvassa 11 koko kokoonpano.

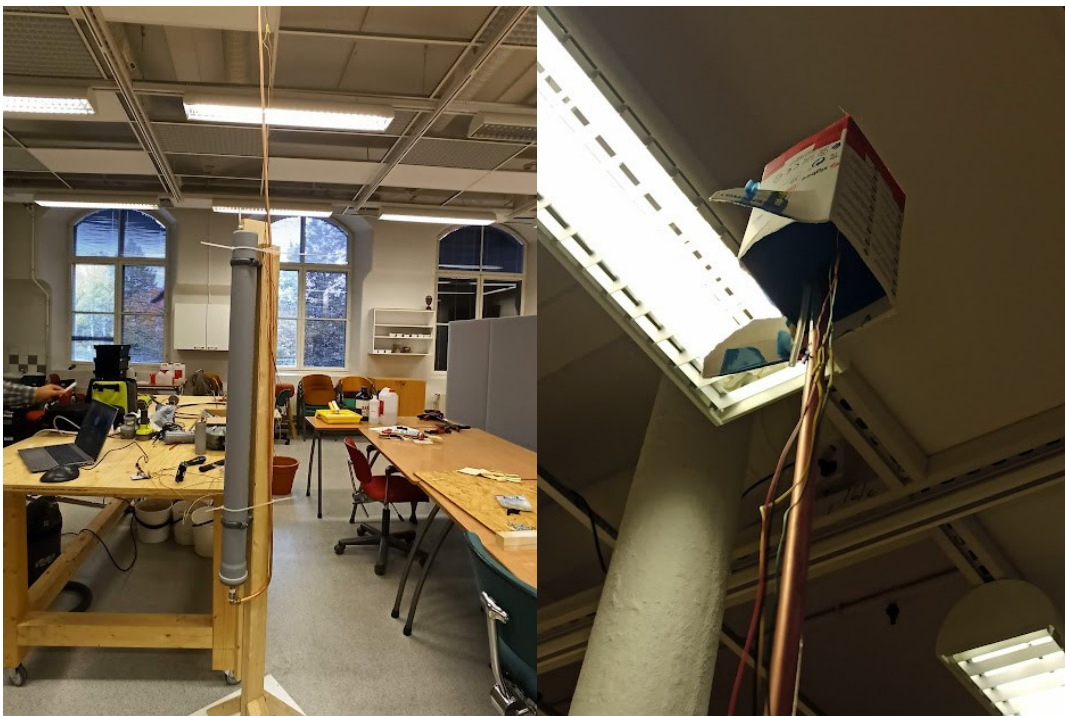
Kuva 9. Paineanturikokoonpano ja sen toimivuuden testausta laboratoriossa



Kuva 10. Mikroprosessori paine-eroilmaisimeen



Kuva 11. Paine-eroilmaisim kupariputkella



Tähän tilattiin oma mikroprosessori, joka sisälsi kaiken tarpeellisen laitteiston toimimisen kannalta. Ongelmaksi muodostui liian nopea paineen vuotaminen tarkan datan tallentamiseksi. Seuraavana lisättiin yksi kupariliitin vielä putkiston päähän ja liiman sisälle, jotta paine pysyisi tiiviisti sisällä.

4.4 Ohjelmisto

Ohjelmointikielet ovat merkittävä osa tietokoneiden ja ohjelmistojen maailmaa. Ne ovat kieli, jolla ohjelmoijat kirjoittavat ohjelmat ja jolla tietokoneet suorittavat ne.

Ohjelmointikieliä on olemassa useita ja ne soveltuvat eri tarkoituksiin. Joitakin yleisimpiä ohjelmointikieliä ovat C, C++, Java, Python ja JavaScript. (Vertics, 2020)

C-kielellä on pitkä historia ja se on yhä suosittu monissa sovelluksissa, kuten käyttäjärjestelmien ja ohjelmistojen kehittämisessä. C++ on C:n jatko-osa ja se tarjoaa lisäominaisuuksia, kuten luokat ja perintö. Java on yleisesti käytetty ohjelmointikieli, jota käytetään usein mobiilisovelluksissa ja web-sovelluksissa. Python on suosittu ohjelmointikieli, joka on helppokäyttöinen ja jota käytetään usein tieteellisessä laskennassa ja datan analysoinnissa. JavaScript on yleisesti käytetty ohjelmointikieli, jota käytetään usein verkkosivuilla ja mobiilisovelluksissa. (Vertics, 2020)

Ohjelmointikielet ovat jatkuvassa kehityksessä ja uusia kieliä ilmestyy jatkuvasti. On tärkeää valita oikea ohjelmointikieli projektille, sillä se vaikuttaa siihen, kuinka helppoa ohjelmiston kehittäminen on ja kuinka suorituskypyinen lopputulos on. On myös tärkeää pysyä ajan tasalla uusimmista kehitystrendeistä ohjelmointialalla, jotta voi valita parhaan mahdollisen kielen projektille. (CodeBerry, 2021)

Laitteistojen ohjelmistot kirjoitettiin C-kielellä, koska mallikoodissa ja näissä kyseisissä moduuleissa sitä yleisimmin käytetään ja siihen oli myös itsellä kohtalainen pohja. Useimpiin moduuleihin löytyi jonkunäköinen mallikoodi, joita muokkaamalla ja yhdistelemällä saatiin kokoonpano toimimaan. Esimerkiksi virtausanturikokoonpanoon ohjelmoimme toimimaan virtausanturin, wifin, päivämäärän ja kellonajan, sd-korttitalennuksen ja pilvipalvelut. Yhdistimme siihen myös RFID-lukijan toimimaan, mutta se otettiin myöhemmin pois tunnistimen tarpeettomuuden vuoksi.

5 Tulokset

Projektissa onnistuttiin valmistamaan juomamääriä mittaavat laitteistot virtausanturilla, sekä paine-eroilmaisimella ja absoluuttista painetta mittaavalla paineanturilla. Tarkimpia tuloksia antoi paine-eroilmaisimella, mutta virtausanturi ja paineanturi antoivat myös lupaavaa dataa. Hankkeen jatkotoimissa yhdistetään paine-eroilmaisimella ja virtausanturilla tukemaan tuloksia yhtenäiseen kokoonpanoon. Virtausanturilaitteistoa testattiin Mustialan navetassa akkukäyttöisenä. Se kiinnitettiin putkistoon ja valmiiksi löytyvään juoma-astiaan. Paine-eroilmaisimen ja paineanturin testit suoritettiin laboratorio-olosuhteissa kampuksella.

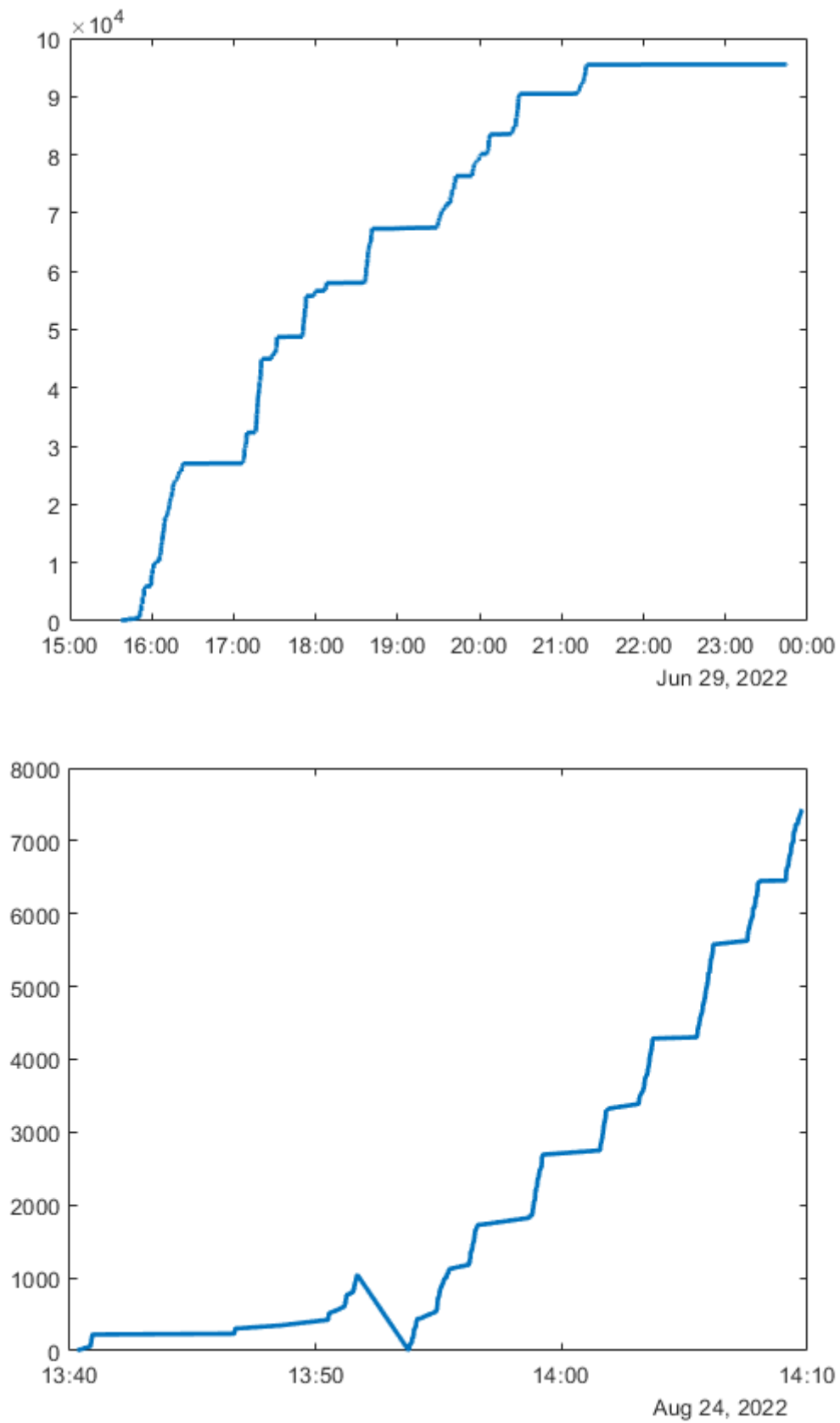
RFID-tunnistimeen ei pysty yksinään luottamaan, koska etäisyydet jäivät liian lyhyiksi antennin koosta riippumatta. Tunnistimen tueksi vaaditaan kamera, jonka avulla tarkistetaan mikä lehmistä oli juomassa minäkin hetkenä, jos RFID-tunnistimen etäisyys ei riittänyt.

Lehmien juomaveden kulutusta voidaan mitata laitteistolla, joka koostuu vesimittarista, tietokoneesta ja ohjelmistosta. Laitteisto tallentaa ja analysoi lehmien juomistiedot.

Laitteiston hankkiminen ja käyttäminen on edullista verrattuna sen tuomiin hyötyihin.

Kuvassa 12 ensimmäisen virtausanturikokoonpanon antamaa dataa Mustialan navetassa kahdelta päivämäärältä 29.6.2022, sekä 24.8.2022.

Kuva 12. Virtausanturin antamaa dataa kesä- ja elokuulta 2022

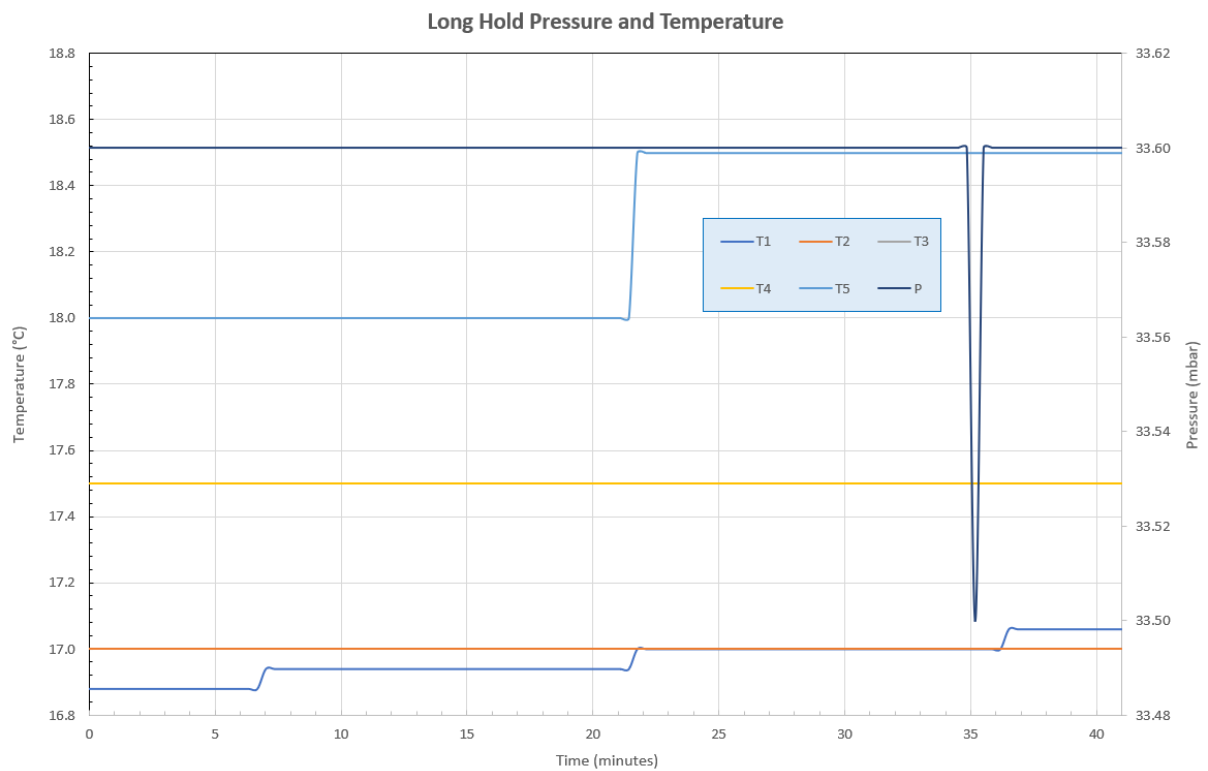
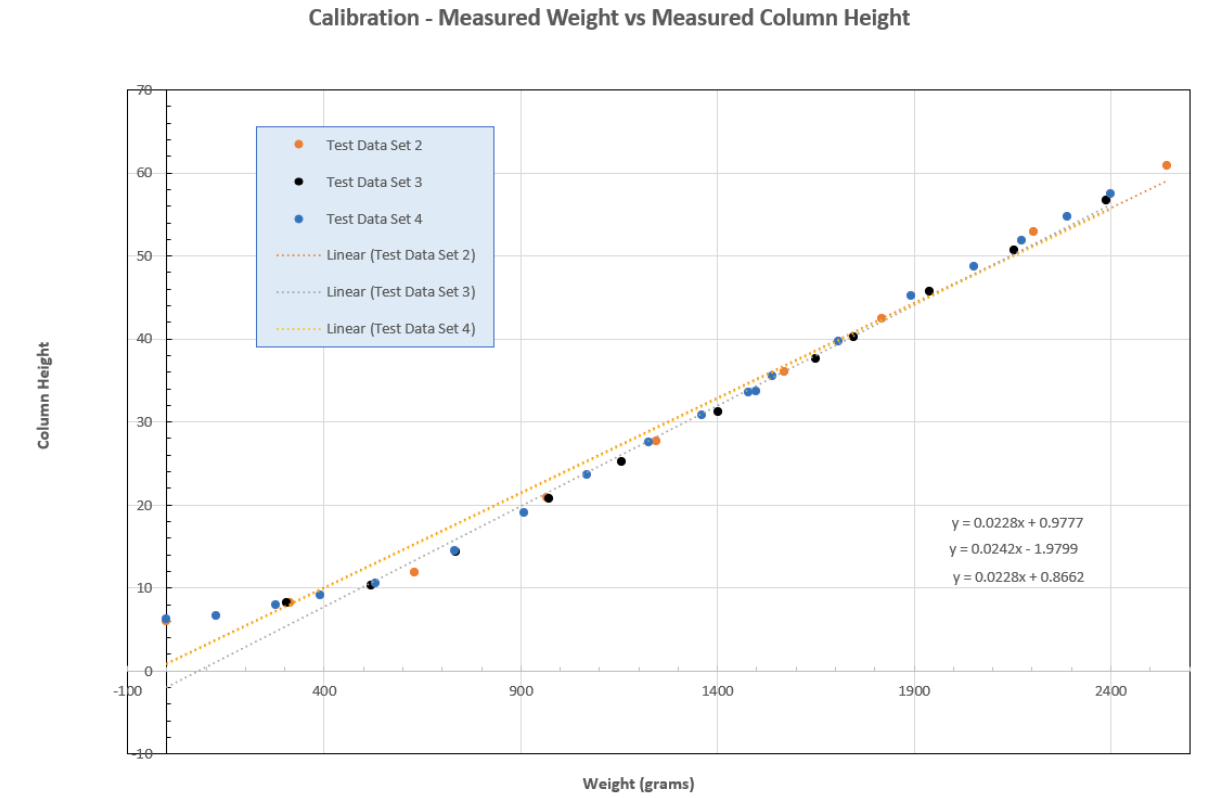


Ensimmäisessä kuvaajassa (Kuva 12) vasemmalla vedenmäärä kymmeneen litraan saakka, sekä alapuolella kellonaika, jolloin lehmä on ollut juomassa. Toisessa kuvaajassa vasemmalla näkyy vedenmäärä kahdeksaan litraan asti ja ilmoitettu millilitroissa.

Kuvasta 12 voimme myös päätellä lehmien juovan kerralla noin kymmenestä minuutista kahteenkymmeneen ja useamman litran kerralla (noin. 1–3 litraa). Täytyy ottaa huomioon, että tässä testissä antureita oli vain yksi ja yhdessä juoma-astiassa ja lehmillä oli käytössään useampia juoma-astioita, joten näistä tuloksista näkee vain kertaluontoiset juomakerrat. Yleensä lypsylehmät juovat noin 60–100 litraa vettä päivässä, joten tarkempi seuranta ja useampi anturi ovat tarpeellisia tarkempiin tutkimuksiin.

Kuvassa 13 näkyvät kuvaajat ovat paine-ero ilmaisimen kalibroinnin antamia testituloksia. Kalibroinnilla testailtiin paineen pysyvyyttä ja laitteiston toimivuutta. Ensimmäisessä kuvaajassa näkyy painon ja tornin korkeuteen verrattua painedataa ja toisessa näkyy painearvoja eri lämpötiloissa.

Kuva 13. Paine-eroilmaisimen testituloksia



6 Johtopäätökset ja pohdinta

Projektissa kokeiltiin erilaisia edullisia anturipohjaisia ratkaisuja, joilla voidaan mitata lehmien juomista yksilötasolla ja jotka sopisivat nykyisten juoma-altaiden yhteyteen tai tilalle. Juomisen mittaamisen avulla saataisiin tietoa lehmien hyvinvoinnista ja rehun hyödyntämisestä, mikä voisi tukea jalostustyötä. RFID-tunnistimet eivät olleet riittävän tarkkoja, joten mahdolliseen tunnistamiseen tarvittaisiin myös kamera. Laitteiston pitää olla myös fyysisesti kestävä ja IP67-suojattu, koska navetassa on kosteutta, pölyä ja likaa, jotka voivat vahingoittaa laitteita. IP67-luokituksen laitteet ovat kestäviä ja luotettavia navetan olosuhteissa.

Lypsykarjan juomisen seuranta on osa tuotosseurantaa, joka antaa tärkeää tietoa lehmien terveydestä, tuotoksesta ja hyvinvoinnista. Juomisen seuranta voi auttaa havaitsemaan esimerkiksi kiiman, utaretulehduksen, ketoosin tai muut sairaudet, jotka vaikuttavat lehmien juomiseen. Juomisen seuranta voi myös auttaa optimoimaan ruokinnan ja veden saannin sekä vähentämään stressiä ja päästöjä. Lypsyrobotteja käytetään tällä hetkellä mittaamaan maidon koostumusta, aktiivisuutta, märehtimistä ja kiimaa. Juoma-automaattien sijoittaminen navetan eri osiin mahdollistaa tiedon keruun eri lehmien liikkumisesta. Vertaamalla yksilöiden vedenjuontitietoja helpotetaan karjanomistajaa sekä yksilö- että karjatasolla ja parannetaan mahdollisuuksia havaita poikkeamia hyvinvoinnissa, käyttäytymisessä ja tuotannossa tarkemmin ja aikaisemmin.

Eläinten juomismäärien analysointi tarjoaa myös yhden lisämuuttujan eläinlääkärin etäkonsultointiin. Tämä lisää tilallista kustannustehokkuutta ja vähentää tarvetta antaa antibiootteja varmuuden vuoksi. Hyvinvoiva eläin tuottaa ja elää pidempään, mikä johtaa myös vasikoiden kasvattamiseen kuluneen energian parempaan hyödyntämiseen.

Maidontuotannon ja rehunkäyttökyvyn parantamiseksi voidaan käyttää mittausmenetelmää, joka perustuu juonti- ja syöntimäärien korrelaation seurantaan. Tämä mahdollistaa tarkemman seurannan ja paremman ymmärryksen maidontuotantoprosessista. Uuden lehmän kasvattaminen kestää noin kolme vuotta, joten jalostukselliset hyödyt alkavat yleensä muutaman vuoden viiveellä. Vaikutukset ovat laaja-alaisempia kuin juomakäyttäytymistä mittaavien juoma-automaattien kattavuus lypsykarjatiloiilla. Rehunkäyttökyvyn mittaaminen jalostusindikaationa tarkoittaa sitä, että eläinaineksen

valinnassa otetaan huomioon lehmien kyky muuntaa rehua maidoksi mahdollisimman tehokkaasti. Rehunkäyttökykyyn vaikuttavat muun muassa lehmien ruokahalu, ruoansulatus, aineenvaihdunta ja tuotos. Rehunkäyttökyky on monimutkainen ominaisuus, jota ei voida mitata suoraan, vaan se on laskettava rehun saannin ja maidon tuoton perusteella.

Rehunkäyttökyvyn parantaminen on tärkeää sekä taloudellisesti että ympäristön kannalta, sillä se vähentää rehun kulutusta ja siten myös rehuntuotannon kustannuksia ja päästöjä sekä lehmien metaanipäästöjä.

Lähteet

Appuhamy, J., Judy, J., Kebreab, E., & Kononoff, P. (2016). Prediction of drinking water intake by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7191-7205.

<https://doi.org/10.3168/jds.2016-10950>

Avnet (n.d.). *Quality electronic components & services*.

<https://www.avnet.com/wps/portal/abacus/solutions/technologies/sensors/pressure-sensors/>

Codebender_cc. (n.d.). How to use water flow sensor—Arduino tutorial. Instructables.

<https://www.instructables.com/How-to-Use-Water-Flow-Sensor-Arduino-Tutorial/>

CodeBerry. (5.5.2021). *Parhaimmat ohjelmointikielet ja mikä kannatta valita?*

<https://codeberryschool.com/blog/fi/parhaimmat-ohjelmointikielet/>

Empirica. (26.8.2020). Mikä on IoT? Esineiden internet yksinkertaisesti selitettynä.

<https://www.empirica.fi/iot/>

Epitran. (n.d.). YF-S401 datasheet. <https://www.epitran.it/ebayDrive/datasheet/YF-S401.pdf>

Faba. Lypsykarjan DNA-määrittelyt. (n.d.). <https://faba.fi/fi/karjan-hyvinvointi/dna-maaritykset/lypsykarjan-dna-maaritykset>

Hankkija. (n.d.). *Lypsylehmien ruokinta eri tuotosvaiheissa*.

<https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-ruokintaohjeet/ia-ruokinta-eri-tuotosvaiheissa-2029138/>

Hoko Farm Group. (n.d.). RIC2Discover. <https://hokofarmgroup.com/products/ric2discover/>

ICAR. (n.d.). International Committee for Animal Recording tilastot.

<https://my.icar.org/stats/list>

Koskela, O., Ketonen, M., Pösö, J., Käkelä, P., Kunttu, I. & Pölönen, I. (2022). Eläinkohtaisen vedenjuonnin seurantamenetelmä ultraäänisensoria käyttäen.

<https://unlimited.hamk.fi/biotalous-ja-luonnonvara-ala/elainkohtaisen-vedenjuonnin-seurantamenetelma-ultraaanisensoria-kayttaen/>

- Kume, S., Nonaka, K., Oshita, T., & Kozakai, T. (2010). Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages. *Livestock Science*, 128(1-3), 46-51. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.10.012>
- Lidauer, M. & Pösö, J. (2020). Genetiikka avuksi –eläinjalostuksella ympäristöystävällisempiä lehmiä. https://www.luke.fi/sites/default/files/2022-05/Genetiikka_avuksi_Lidauer_ja_Posso.pdf
- LUKE. (2022). Maatalouslaskenta 2020: Kotieläinten elinolot ja lannan käsittely 2020. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/elainsuojat-ja-lantavarastot/maatalouslaskenta-2020-kotielainten-elinolot-ja-lannan-kasittely-2020>
- Mokosmart. (n.d.). *IOT in agriculture*. <https://www.mokosmart.com/fi/iot-in-agriculture/>
- Motiva. (n.d.). *Vedenkulutusmittauksen lakiuudistus*. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt_-_yhdessä_energiatehokkaasti/vesi_ja_vedenkulutus/vedenkulutusmittauksen_lakiuudistus
- MTK. (2020). Maidontuotanto. <https://www.mtk.fi/-/maidontuotanto-1>
- Rfidfuture. (n.d.). *Aktiivinen rfid vs. Passiivinen rfid: Mikä on ero? - wxr*. <https://www.rfidfuture.com/fi/active-rfid-vs-passive-rfid-whats-the-difference.html>
- RFID Lab Finland ry. (n.d.). *Rfid lab finland ry—Mitä on rfid (Radio frequency identification)?* <https://rfidlab.fi/rfid-teknologia/>
- SAP Insights. (n.d.). *Mitä IoT on ja miten se toimii?* <https://www.sap.com/finland/insights/what-is-iot-internet-of-things.html>
- Sparkfun. (n.d.). *Sparkfun qwiic micropressure hookup guide—Learn*. https://learn.sparkfun.com/tutorials/sparkfun-qwiic-micropressure-hookup-guide?_ga=2.26162559.373065913.1662914871-1221823004.1648205577
- Technical guide of pneumatic tubes. (n.d.). <https://www.tecalemit.com/en/pneumatic-tubes/technical-guide-of-pneumatic-tubes.html>
- Thingspeak. (n.d.). <https://se.mathworks.com/products/thingspeak.html>

Vertics. (2020). <https://vertics.co/>

Viking Genetics. (n.d.). Innovators in cattle breeding.

<https://www.vikinggenetics.com/about-us/innovative-breeding/innovators>

WIKI Finland. (n.d.). *Paine tyypit: Absoluuttinen paine, suhteellinen paine, paine-ero—*

https://www.wika.fi/landingpage_differential_pressure_fi_fi.WIKA