

Ryhmä 12: Tuokko, Perunka, Piensalmi, Lappalainen

# HARJOITUSTYÖ

2023

Ryhmä 12  
Lassi Lappalainen  
Sampo Perunka  
Jesse Piensalmi  
Rasmus Tuokko

# SISÄLLYSLUETTELO

1. PROJEKTIN ASIAKASVAATIMUKSET .....	3
1.1 Projektin suunnittelu .....	3
1.2 Tekniikkamäärittely.....	4
1.3 Projektin toiminnalliset vaatimukset .....	5
1.4 Projektin ei-toiminnalliset vaatimukset .....	5
2. RISKIANALYYSI .....	7
2.1 Bowtie-kaavio: Hallin lämpötilan muutos .....	7
2.2 Bowtie-kaavio: Anturin huoltaminen.....	8
2.3 Bowtie-kaavio: Tietojärjestelmän toimintahäiriöt.....	9
2.4 Riskiarvio ja tietovuokaavio.....	9
2.5 Tekniikka ja luotettavuusmalli .....	11
2.6 RuuviTag-anturin elinkaari .....	12
3. KÄYTTÖTAPAUKSET .....	14
3.1 SEKVENSIIKAAVIOT KÄYTTÖTAPAUKSILLE .....	15
4. LUOKKAKAAVIO .....	19
5. ENSIMMÄINEN PROTOTYYPPI.....	21
5.1 KÄYTTÖLIITTYMÄ.....	22
6. YHTEENVETO.....	25
LÄHTEET .....	26

# 1. PROJEKTIN ASIAKASVAATIMUKSET

Tavoitteena on käyttää antureita hallin ilmanpaineen, ilmankosteuden ja lämpötilan mittaamiseen reaaliaikaisen mittausdatan avulla prosessin säätämiseksi. Anturilta tuleva signaali ohjataan suoraan toimilaitteen viereiselle säätimelle RuuviGatewayn kautta ja lähetetään ja tallennetaan pääasemaan. Lisäksi lähiasemia luodaan antureiden läheisyyteen, jotka tallentavat mittausdatan ja kattavat mahdolliset datan määrään, signaalin kantavuuteen ja signaalin mahdolliseen korruptioon liittyvät heikkoudet, jotka voivat syntyä signaalien törmätessä toisiinsa.

## 1.1 Projektin suunnittelu

Projektin tavoitteena on liittää RuuviTag-anturijärjestelmä valmiiseen tislauspohjaprosessiin, jotta antureiden lähettämä data voidaan siirtää mahdollisimman turvallisesti ja häiriöttömästi. Tätä varten luodaan ulkoiselta vaikutukselta suojattu järjestelmä, johon integroidaan eri turvallisuusmenetelmiä ja -metodeja, mikäli halutaan välttää kaikki mahdollinen häiriö.

Hallin sisälle sijoitettava pääasema tallentaa kaikkien prosessien datat, ja prosessien vieressä sijaitsevat anturit ja säätimet valvovat prosessille välttämättömiä ideaalisia arvoja. Hallin lämpötilaa säätelee RuuviTag-järjestelmä, joka myös lähettää automaattisesti dataa pääasemaan. Ulkopuolelta mitataan halliin siirtyvää lämpövirtaa, jota myös valvotaan ja ylläpidetään anturi-säädin yhdistelmillä mikäli sen toteuttaminen on toivottua mittausvirheiden vähentämiseksi.

Projektissa integroidaan koko järjestelmä, kuten prosessit, säätimet, anturit, pääasema ja toimivälineet yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi RuuviTag-antureiden avulla, jotka käyttävät automaattiseen tiedonsiirtoon perustuvaa IoT-tekniikkaa. Tämä kokonaisuus halutaan mahdollisimman haavoittumattomaksi, ja projektin heikkoudet pyritään minimoimaan.

Projektin turvallisuus on tärkeää ottaa huomioon kaikissa vaiheissa suunnittelusta toteutukseen ja ylläpitoon. On tärkeää sijoittaa resursseja riittävästi sekä fyysiseen turvallisuuteen, että tietoturvaan, jotta mahdolliset riskit saadaan minimoitua ja suojattua järjestelmä mahdollisimman hyvin. Lisäksi on hyvä huomioida, että turvallisuusvaatimukset saattavat muuttua eri toimintaympäristöissä, joten projektin suunnittelussa on syytä tunnistaa uhkia ja haasteita ilkeivallan ja tietojen kalastelun estämiseksi. Kaiken kaikkiaan projektin tavoitteena on kehittää mahdollisimman turvallinen ja tehokas järjestelmä, joka mahdollistaa tislusprosessin hallinnan ja valvonnan automatisoidusti.

## 1.2 Tekniikkamäärittely

**Node-RED** on avoimen lähdekoodin visuaalinen ohjelmointityökalu, joka perustuu Node.js-ympäristöön. Se tarjoaa helpon tavan luoda monimutkaisia automaatioita ja IoT-sovelluksia yksinkertaisesti vetämällä ja pudottamalla graafisia ohjelmointielementtejä, joita kutsutaan nimellä node. Nodet voidaan yhdistää toisiinsa visuaalisesti, jolloin ne muodostavat toiminnallisen ohjelman tai sovelluksen. Projektissa hyödynnetään Node-RED työkalua luomaan toimiva prototyyppi, sekä sille käyttöliittymä. [1]

**RuuviTag** on Bluetooth-anturi, joka kykenee mittaamaan langattomasti lämpötilaa, ilmankosteutta, ilmanpainetta sekä liikettä. RuuviTag hyödyntää BLE:tä (Bluetooth Low Energy) tiedonsiirrossa. BLE on lyhyenmatkan langaton tiedonsiirtotekniikka, joka kuluttaa nimensä mukaisesti vähän energiaa. Tiedonsiirtotekniikan ansiosta patterikäyttöinen RuuviTag-anturi voi toimia pitkänkin aikaa ilman pariston vaihtoa. [4]

**Internet of Things** (IoT) tarkoittaa fyysisten laitteiden, esineiden ja järjestelmien yhdistämistä internetiin, jotta ne voivat kerätä, lähettää ja vastaanottaa tietoa keskenään ja muiden järjestelmien kanssa. Tämä mahdollistaa esineiden automaattisen hallinnan ja seurannan. IoT-laitteet voivat sisältää erilaisia antureita, kuten lämpötila-, kosteus- ja liiketunnistimia, jotka keräävät dataa ympäristöstään ja lähettävät sen eteenpäin. [6]

**Valmet DNA** on tislauskolonnin prosessiautomaatiojärjestelmä, jolla ohjataan tislausprosessia. Tässä projektissa liitämme oman järjestelmämme osaksi tislauskolonnin prosessiautomaatiota. [7]

### 1.3 Projektin toiminnalliset vaatimukset

Toiminnallisiin vaatimuksiin kuuluvat ne toiminnot, jotka järjestelmällä täytyy olla sen fyysisesti toimiakseen. Tislausprosessi on hyvin herkkä lämpötilan muutoksille, joten hallin lämpötilaa halutaan valvoa jatkuva-aikaisesti. Hallin lämpötilan mittaaminen onkin projektin tärkein toiminnallinen vaatimus. RuuviTag-antureilla voidaan myös mitata lämpötilan lisäksi ilmankosteutta sekä ilmanpainetta [2]. Nämä ovat myös tekijöitä, jotka vaikuttavat tislausprosessiin. Antureilta tulevat mittausravot tallennetaan tietojärjestelmään. Systeemin laskee usean anturin lämpötiloista myös keskiarvoja. Järjestelmä kykenee säätämään hallin olosuhteita mittaustulosten perusteella.

Järjestelmän täytyy tunnistaa, jos RuuviTag-antureilta saatu mittaustulos on jollain tapaa viallinen. Tällöin operaattori saa käyttöliittymään virheilmoituksen. Jos viallisesta mittaustuloksesta ei ilmoitettaisi mitenkään käyttäjälle, tislausprosessin lopputuotteen laatu saattaisi heikentyä huomattavasti.

### 1.4 Projektin ei-toiminnalliset vaatimukset

Systeemin suunnittelussa on tärkeää huomioida useita ei-konkreettisia vaatimuksia, jotka ovat kuitenkin merkittävässä roolissa projektin onnistumisen kannalta. Tällaisia vaatimuksia ovat muun muassa käyttöliittymän tehokas optimointi ja tiedon asianmukainen salaus. Projektin ei-toiminnalliset vaatimukset voidaan luokitella kategorioihin: datansiirto, datan optimointi, kantavuus ja käytännöllisyys.

Datansiirtoon liittyvät vaatimukset voivat kattaa tiedon riittävän salauksen ja järjestelmän tunnistautumisvaatimukset, jotta ulkopuoliset tahot eivät pääse käsiksi järjestelmän tietoihin.

Lisäksi antureiden katkeamaton toiminta on tärkeää huoltotöiden asianmukaisen suunnittelun ja virheiden minimoimisen kannalta.

Datan optimointiin liittyvät ei-toiminnalliset vaatimukset voivat sisältää kyvyn välittää dataa reaaliajassa sekä käyttöliittymän ylläpitämisen ajan tasalla, jotta säätöjärjestelmien historiatiedot ja referenssipisteet ovat mahdollisimman tarkkoja. Lisäksi datan riittävän nopea siirto mahdollistaa datan reaaliaikaisen käytön.

Käytännöllisyyteen vaikuttavat ei-toiminnalliset vaatimukset voivat kattaa käyttöliittymän optimoinnin, joka helpottaa työntekoa ja parantaa järjestelmän tehokkuutta. Lisäksi käyttöliittymän laajan kantaman varmistaminen on tärkeää, jotta tietoa voidaan lähettää mistä tahansa labran sisältä. Käyttöjärjestelmän on myös mahdollistettava datan säilytys tarpeeksi suurella serverillä.

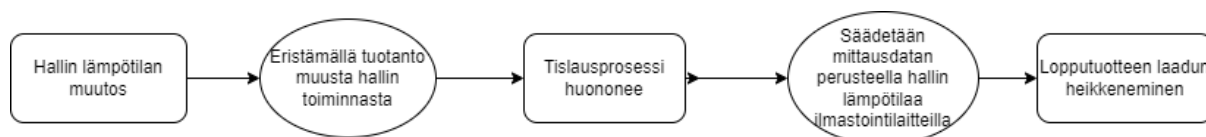
Vaikka järjestelmä voisi toimia ilman kaikkia näitä vaatimuksia, ammattimaisen suunnittelun näkökulmasta tulohäviöt ovat merkittäviä, jos jokin menee pieleen. Tästä syystä kaikki vaatimukset on otettava huomioon suunnitteluprosessissa.

## 2. RISKIANALYYSI

Riskianalyysin työkaluna käytämme Bowtie-kaaviota, joka on graafinen menetelmä riskien hallitsemiseen. Hallin riskejä vähennetään turvallisuusmetodeilla, kuten pääaseman offline-tilalla ja tehokkailla palomuuureilla. Hallin ympäristöön voidaan asettaa myös valvontakameroita ja liikeseensoreita riskien havaitsemiseksi ja ilkivallan ennaltaehkäisemiseksi. Bowtie-kaavion avulla pystymme tunnistamaan ja analysoimaan muita mahdollisia tapahtumaketjuja ja niiden vuorovaikutuksia. Kaavio koostuu kahdesta osasta, jotka symboloivat tapahtuman syitä ja seurauksia. Tutkittava riski sijaitsee kaavion keskellä, ja sen syyt ja seuraukset ovat kaavion oikealla ja vasemmalla puolella. Kaaviossa esitetään myös riskin pienentämisen ja seurauksen rajoittamisen toimintoja tai suoja mekanismeja, joita voidaan toteuttaa järjestelmässä.

### 2.1 Bowtie-kaavio: Hallin lämpötilan muutos

Kuvassa 1 esitetään bowtie-kaaviossa, kuinka hallin lämpötilan muutos voi vaikuttaa tilausprosessiin ja lopputuotteen laatuun negatiivisesti. Kaavion vasemmalla puolella on tapahtuman syy, eli hallin lämpötilan muutos, mikä voi johtua esimerkiksi ilmastointijärjestelmän toimintahäiriöistä, lämpötilan noususta tai laskusta ulkona tai muista tekijöistä kuten ikkunoiden ja ovien auki jättämisestä. Riskinä on tislauksen huonontuminen ja sen seurauksena tuotteen laadun laskeminen johtuen tislauksen lämpötilan vaihtelusta, jolloin prosessi on alttiimpi epäpuhtauksille ja epätarkalle tislaukselle.

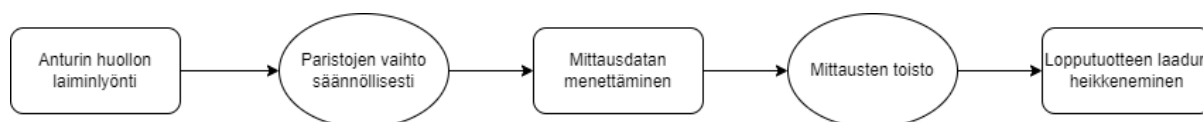


Kuva 1: Bowtie-kaavio hallin lämpötilan muutoksen riskistä.

Kaaviossa suojamekanismien avulla voidaan vähentää riskejä tapahtuman syyn tai seurauksen toteutumiselle. Tässä tapauksessa suojamekanismeina toimii tuotannon eristäminen muusta hallin toiminnasta, eli pyritään vähentämään lämpötilaan vaikuttavien häiriöiden määrää esimerkiksi lisäämällä turvaovi, sekä mahdollisena servotehtävänä säädetään mittausdatan perusteella hallin lämpötilaa ilmastointilaitteella. Tällöin voidaan varmistaa tislusprosessin onnistuminen ja tuotteen laatu.

## 2.2 Bowtie-kaavio: Anturin huoltaminen

Kuvassa 2 esitetään bowtie-kaaviossa, kuinka anturin huolto ja paristojen vaihdon jättäminen vaikuttavat mittausdatan menettämiseen ja lopputuotteen laadun heikkenemiseen. Kaavion vasemmalla puolella on tapahtuman syy, eli anturin huollon laiminlyönti, joka voi vaikuttaa mittausdatan laatuun ja tarkkuuteen. Jos antureita ei huolleta säännöllisesti tai paristoja ei vaihdeta tarpeeksi usein, mittausdatan laatu voi heikentyä ja riskinä on mittausdatan menettäminen.



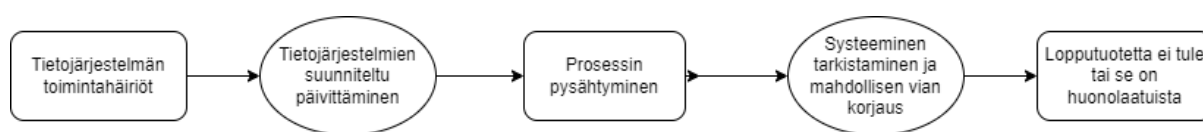
Kuva 2: Bowtie-kaavio RuuviTAG antureiden huoltamisesta.

Kaaviossa suojamekanismeina voidaan käyttää esimerkiksi paristojen vaihtoa säännöllisesti ja mittauksien toistoa, jotta mittausdatan laatu säilyy hyvänä. Myös mittausdatan varmuuskopioinnilla voidaan vähentää riskiä datan menettämiseksi. Mittausdatan menetyksen riskin toteutuessa suojamekanismeina voidaan käyttää mittauksien toistoa, jotta lopputuotteen laatu saadaan varmistettua. Tällöin varmistetaan, että tuote vastaa asetettuja laatukriteereitä.



## 2.3 Bowtie-kaavio: Tietojärjestelmän toimintahäiriöt

Kuvassa 3 esitetään bowtie-kaaviossa, kuinka tietojärjestelmän toimintahäiriöt voivat vaikuttaa lopputuotteen laatuun negatiivisesti. Kaavion vasemmalla puolella on tapahtuman syy, eli tietojärjestelmän toimintahäiriöt, mikä voi johtua esimerkiksi ohjelmistovirheistä, laitteiston vaurioista tai muista tekijöistä. Riskinä on prosessin pysähtyminen, jolloin lopputuotteen valmistus viivästyy tai jopa keskeytyy kokonaan, mikä voi johtaa huonolaatuisen tuotteen valmistumiseen tai sitä ei valmistu ollenkaan.



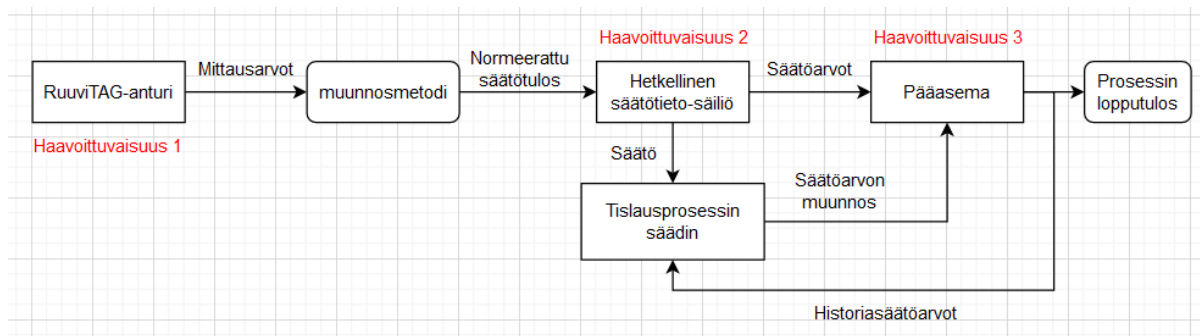
Kuva 3: Bowtie-kaavio RuuviTag antureiden tietojärjestelmien toimintahäiriöistä.

Kaaviossa suojausmekanismeina toimivat suunnitellut tietojärjestelmien päivitykset ja systeeminen tarkistus. Tietojärjestelmien suunnitellut päivitykset voivat auttaa välttämään tietojärjestelmän toimintahäiriöitä, kun taas systeeminen tarkistus ja mahdollinen vian korjaus auttavat varmistamaan, että jos toimintahäiriöitä esiintyy, ne havaitaan nopeasti ja korjataan mahdollisimman pian.

Suojausmekanismeina voidaan myös käyttää varmuuskopiointia, joka auttaa varmistamaan, että tärkeät tiedot ovat saatavilla häiriön sattuessa. Lisäksi, jos prosessin pysähtyminen tapahtuu, voidaan käyttää varajärjestelmiä tai vaihtoehtoisia prosesseja, jotta lopputuotteen valmistus ei pysähdy kokonaan.

## 2.4 Riskiarvio ja tietovuokaavio

Suoritimme myös riskiarvioinnin, jossa olemme arvioineet toiminnan mahdollisia riskejä ja haavoittuvuuksia. Riskiarvioinnin suorittamiseksi hyödynsimme tietovuokaaviota (ks. Kuva 11) määrittääksemme toiminnan eri vaiheet ja tutkimme mahdollisia haavoittuvuuksia, joita voisi ilmetä prosessin aikana.



Kuva 11: Datan kulun tietovuokaavio.

Tietovuokaavion ensimmäisestä laatikosta oikealta aloittaen, laatikossa on dataa, jonka RuuviTag-anturi vastaanottaa. Tämän jälkeen kaaviossa tarkastellaan eri menetelmien ja säiliöiden vaikutusta tähän dataan. Hetkellisen säätötietosäiliön tallentamat data-arvot siirretään molempiin pääasemiin ja säätimen itsensä käyttöön. Tämän jälkeen pääasema vertaa näitä säätöarvoja tuotteen lopputulokseen ja vaikuttaa säätimen toimintaan aiempien historia-arvojen perusteella. Seuraavaksi käsittelemme eri vaiheissa mahdollisesti ilmeneviä haavoittuvuuksia.

**Haavoittuvaisuus 1:** Anturin huonot mittausarvot voivat johtua sen elinkaaren päättymisestä, epäsäännöllisestä huollosta tai sen lähettämän datan korruptoitumisesta. Nämä virheet datassa ovat harmillisesti kaikissa antureissa yleisiä, ja voivat aiheuttaa tislausprosessille kriittisiä säätövirheitä, jotka voivat johtaa koko erän pilaantumiseen. Tämä on prosessin suurin haavoittuvaisuus.

**Haavoittuvaisuus 2:** Säätötietosäiliö on säiliö, johon tiedot tallennetaan säätöä varten ennen kuin ne poistetaan säiliöstä, ja siirretään pääasemaan ja tallennetaan. Jos tässä säiliössä on muistivuotoja, niin datassa voi esiintyä lukukelvottomia arvoja ja datasta tulee roskaa, missä tapauksessa prosessia ei voida säätää tämän datan perusteella. Tämä on prosessin lievin haavoittuvaisuus.

**Haavoittuvaisuus 3:** Fyysinen hyökkäys offline-pääasemaan on tunnistautumisen huolimatta uhka. Jos pääasemaan pääsee esimerkiksi joku virus, niin siitä seuraa lukemattomia uhkia säätöprosessille ja todennäköisesti johtaisi koko prosessin pysäyttämiseen. Nämä uhkat voivat myös poistaa kaikki pääaseman historia-arvot, joka johtaisi referenssikehityksen puuttumiseen tulevaisuuden säätöihin. Tämä on prosessin toiseksi suurin haavoittuvaisuus.

Riskiarvioon kuuluu myös eri moduulien yhteyksien arviointi, ja näiden yhteyksien haavoittuvuuksien määrittely. Sensorista saatu mittausarvo siirtyy langattomasti BT-yhteydellä säätötietosäiliön esilohkoon, jossa tieto muunnetaan sopivan muunnosmetodin kautta säätöarvoksi. Tästä eteenpäin, tieto välittyy analogisesti pääasemaan ja tislusprosessin säätimeen. Suurin haavoittuvaisuus yhteyksissä on siis välillä sensorista säätötietosäiliöön, jossa datan kulku voi keskeytyä BT-yhteyden häiriintyessä. Tämä johtaa samaan haavoittuvaisuuteen kuin tapaus 2.

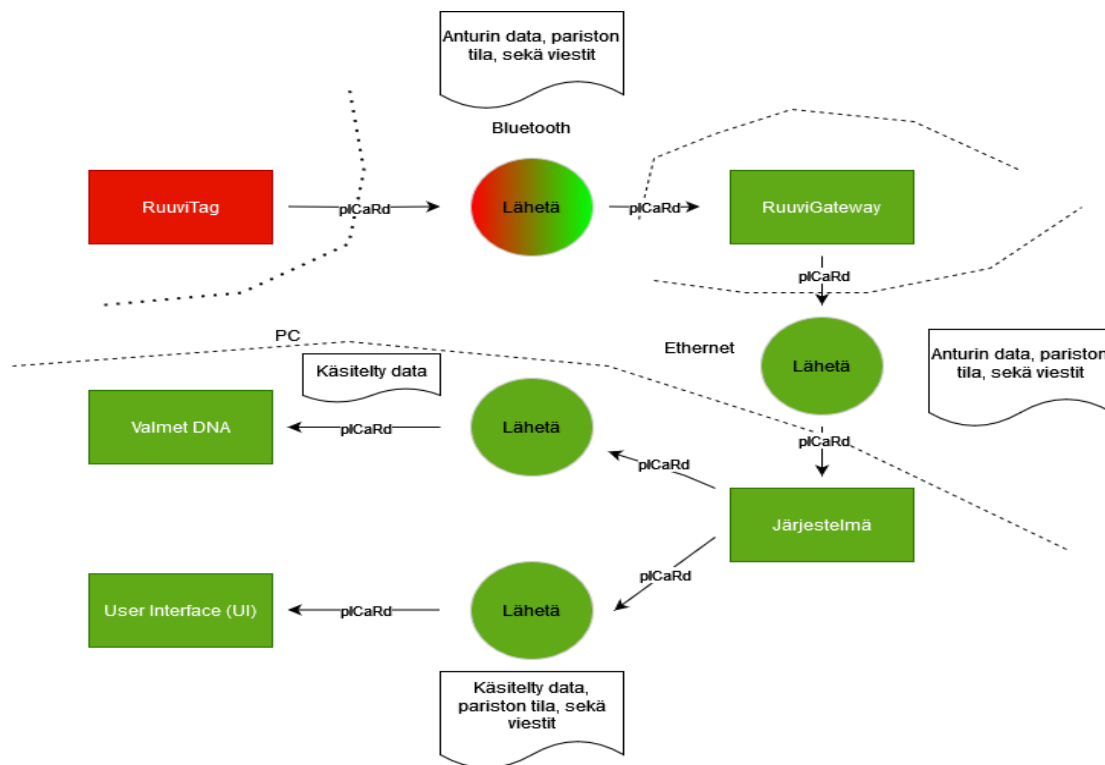
## 2.5 Tekniikka ja luotettavuusmalli

Kuva 11 esittelee luotettavuusmallin, joka havainnollistaa järjestelmän luotettavuutta sen eri komponenttien välillä. Mallissa on esitetty Bluetooth-yhteys RuuviTag-antureiden ja toteutetun järjestelmän välillä sekä järjestelmän ja Valmet DNA -järjestelmän ja käyttöliittymän (UI) välillä oleva langallinen verkkoyhteys.

Taulukko 1: PICARD- merkinnät.

P	Yksityisyys
I	Eheys
C	Luottamuksellisuus
A	Hälytys
R	Reaaliaikaisuus
D	Jäljitettävyys

Mallissa Bluetooth-yhteys on merkitty punaisilla komponenteilla, mikä ilmaisee, että yhteys voi häiriintyä tai vikaantua toiminnan aikana. PICARD-merkintöjä (ks. Taulukko 2) on hyödynnetty kaaviossa, jotta tietyltä viestiltä vaadittavat vaatimukset voidaan tulkita.



Kuva 11: Luotettavuusmalli.

RuuviTag-anturin lähettämän datan ja tiedon on oltava reaaliaikaista, jotta sitä voidaan hyödyntää päätöksenteossa. Suurin riskitekijä tässä mallissa liittyy Bluetooth-yhteyksien häiriöihin tai mahdollisiin katkoksiin, jotka voivat haitata tiedonsiirtoa ja aiheuttaa riskejä tislusprosessille. Prosessin tarkkuuden takaamiseksi on ensiarvoisen tärkeää huomioida myös datan ja tietojen oikeellisuus sekä luottamuksellisuus, jotta järjestelmä voidaan pitää toimintakelpoisena.

## 2.6 RuuviTag-anturin elinkaari

Elinkaaren kannalta on olennaista tutkia RuuviTag-antureiden yhteyden protokollaa, ohjelmistoa ja sen IoT-teknologian yhteensopivuutta. Kaapelien käyttö muissa yhteyksissä on yleistä, mutta valokuitukaapeleiden käyttöä voitaisiin harkita niiden noin 50 vuoden elinkaaren vuoksi. Lisäksi valokuituteknologian kaistaa voidaan kasvattaa erilaisilla valosignaaleilla, jolloin datan lähetys voi tehostua ajan kuluessa.

Vaikka RuuviTag Bluetooth -yhteys ei vanhene, anturin lähettimen toimintakyky saattaa heikentyä ajan myötä ja datan luotettavuus kärsiä. Tämän vuoksi anturit on huollettava tai vaihdettava säännöllisin väliajoin akun vaihdon yhteydessä. Systeemin eri osien yhteensopivuuden takaamiseksi niiden koodia on päivitettävä tarpeen mukaan. RuuviTag-anturin avoimen lähdekoodin ohjelmisto mahdollistaa tämän, mikä helpottaa sen yhteensopivuutta systeemin päivitysten kanssa. On kuitenkin huomattava, että anturin Bluetooth-lähetin lukitsee lähetystaajuuden 2,4 GHz:lle.

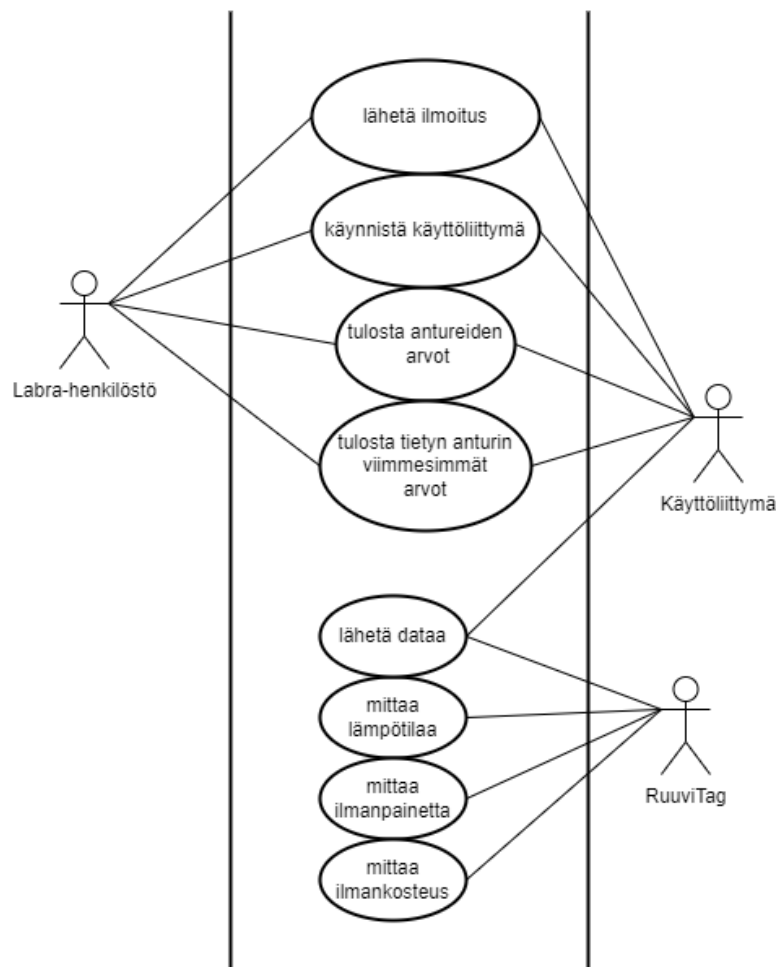
### 3. KÄYTTÖTAPAUKSET

Käyttötapauksella esitetään systeemin mahdollisia käyttötapauksia. Käyttötapaukset ovat tietynlaisia funktioita, joita systeemin toimijat voivat suorittaa. Nämä käyttötapaukset saattavat koostua useammasta pienestä funktiosta, jotka luovat suuremman kokonaisuuden. Taulukossa 1 esitetään käyttötapaukset käyttäjineen ja niiden kuvaukset. Näiden käyttötapausten pohjalta on luotu käyttötapauskaavio (Kuva 4).

Taulukko 2: Kuvaa käyttötapaukset ja toimijat käyttötapauskaaviota varten.

Käyttötapaukset:	Kuvaus:	Toimija:
Käynnistä käyttöliittymä	Toimija käynnistää käyttöliittymän.	Labra-henkilöstö / Käyttöliittymä
Tulosta antureiden arvot	Toimija tulostaa antureiden arvot.	Labra-henkilöstö / Käyttöliittymä
Tulosta tietyn anturin viimeisimmät arvot	Toimija tulostaa tietyn anturin viimeisimmät arvot.	Labra-henkilöstö / Käyttöliittymä
Lähetä dataa	Toimija lähettää dataa.	Käyttöliittymä / RuuviTag
Mittaa lämpötilaa	Toimija mittaa lämpötilaa.	RuuviTag
Mittaa ilmanpainetta	Toimija mittaa ilmanpainetta.	RuuviTag
Mittaa ilmankosteus	Toimija mittaa ilmankosteutta.	RuuviTag

Kuvassa 4 esitetään käyttötapauskaavio, joka havainnollistaa laboratorion henkilökunnan käyttöliittymän käyttöä anturien arvojen hankkimiseksi. Käyttöliittymä ja RuuviTag-toimilaitteet toimivat yhdessä datan hallintaa ja hankintaa varten. Käyttöliittymän avulla henkilökunta voi käynnistää datan hankinnan ja kerätä yksittäisten tai kaikkien antureiden arvot. Käyttöliittymä toimii tiedon keskuksena, jonka käyttäjä voi ohjata ja hyödyntää, ja se on integroitu RuuviTag-anturien kanssa. RuuviTag-toimilaitteet lähettävät mitattua dataa, kuten lämpötila-, ilmanpaine- ja ilmankosteustietoja, Bluetooth-yhteyden kautta säätötietosäiliöön, josta data etenee käyttöliittymälle.

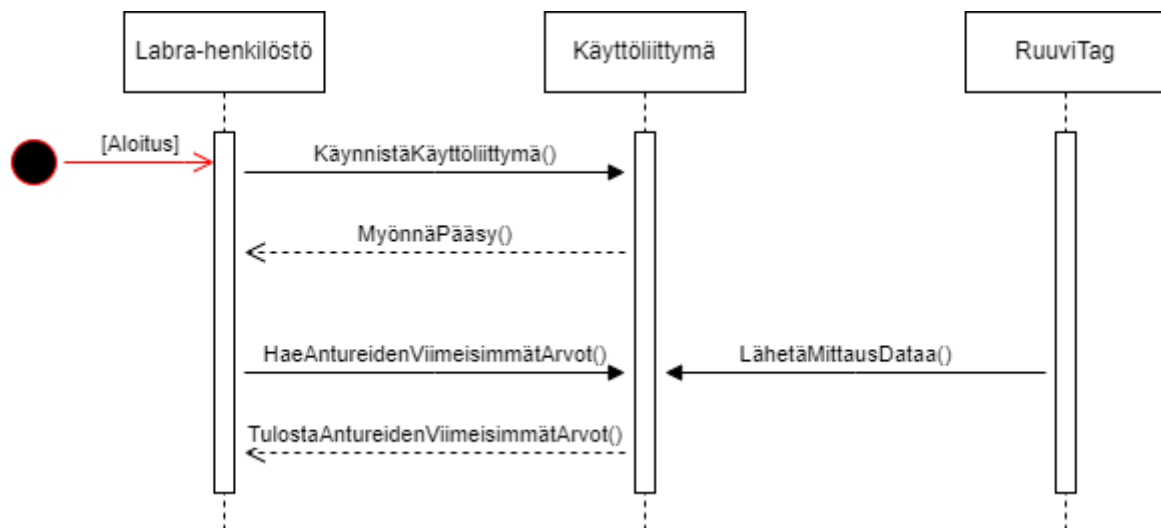


Kuva 4: Järjestelmän käyttötapauskaavio.

Vasemmalla puolella on käyttäjä, keskellä toiminnallinen rajapinta ja oikealla systeemi. Käyttäjä voi vuorovaikuttaa oikeanpuoleiseen systeemiin rajapinnan kautta.

### 3.1 SEKVENSIIKAAVIOT KÄYTTÖTAPAUKSILLE

Järjestelmän looginen oliomallinnettu toiminnallisuus kuvataan sekvenssikaavioina. Seuraavaksi esitetään jokaiselle käyttötapaukselle sekvenssikaaviot:



Kuva 5: Tulosta kaikkien antureiden arvot-käyttötapauksen sekvenssikaavio.

**Käyttötapaus:** Tulosta antureiden arvot (Kuva 5).

**Käyttäjä:** Labra-henkilöstö

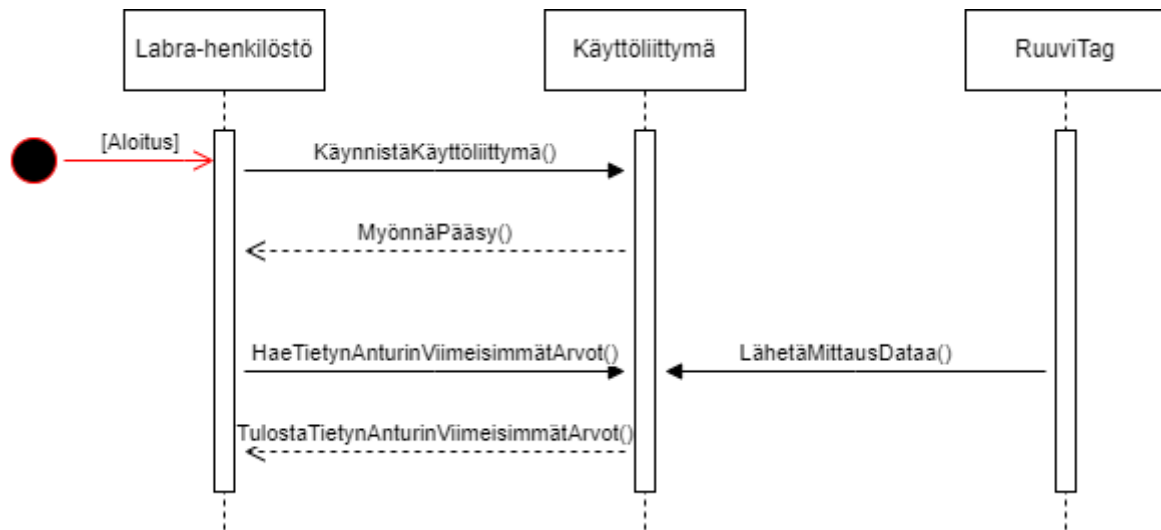
**Pääsyehdot:** Labra henkilöstö seisoo pääterminaalilla, pyytää antureiden tulostusta käyttöliittymältä.

**Toiminnon kulku:**

1. Käynnistä käyttöliittymä
2. Terminaali käsittelee dataa
3. Terminaali tulostaa antureista saadut arvot
4. Terminaali toistaa datan käsittelyn ja tulostuksen kunnes virhe tapahtuu ja ilmoitus lähetetään tai terminaali suljetaan

**Poistumistila:** Pääterminaali sammutetaan.





Kuva 6: Tietyn anturin viimeisimmät arvot-käyttötapauksen sekvenssikaavio.

**Käyttötapaus:** Tulosta tietyn anturin viimeisimmät arvot (Kuva 6).

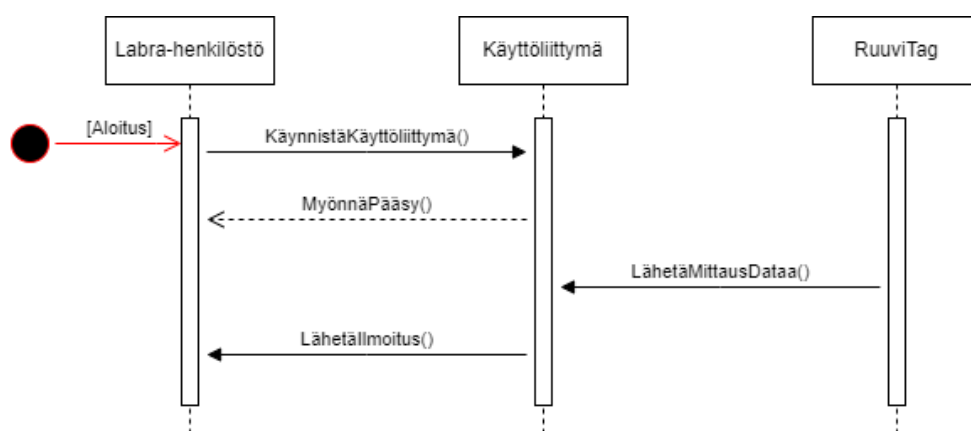
**Käyttäjä:** Labra-henkilöstö.

**Pääsyehdot:** Labra-henkilöstö seisoo pääterminaalilla.

**Toiminnon kulku:**

1. Labra-henkilöstö käynnistää käyttöliittymän.
2. Käyttäjä pyytää käyttöliittymältä tietyn anturin viimeisimpien arvojen tulostusta.
3. Käyttöliittymä tulostaa tietyn anturin viimeisimmät arvot.

**Poistumistila:** Labra-henkilöstö on saanut haluamansa anturin viimeisimmät mittausarvot.



Kuva 7: Lähetä ilmoitus-käyttötapauksen sekvenssikaavio.

**Käyttötapaus:** Lähetä ilmoitus (Kuva 7).

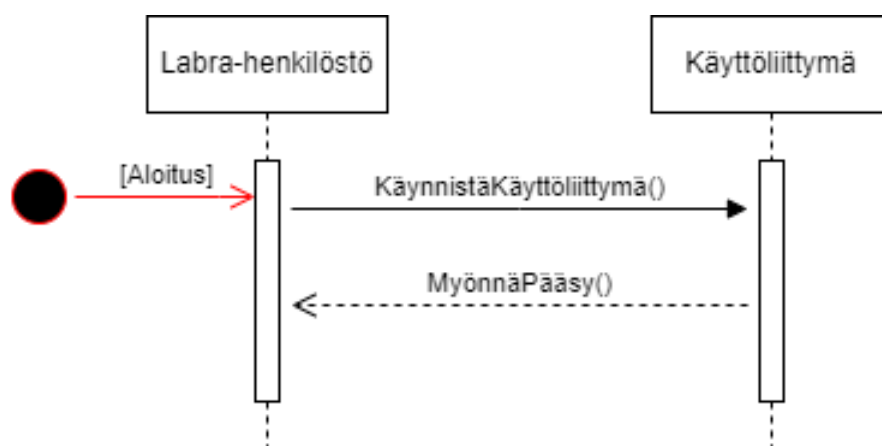
**Käyttäjä:** Labra-henkilöstö.

**Pääsyehdot:** Mittausanturit lähettävät virheilmoituksen.

**Toiminnon kulku:**

1. Labra-henkilöstö käynnistää käyttöliittymän.
2. RuuviTag-anturi lähettää mittausdataa käyttöliittymälle.
3. Käyttöliittymä tulostaa ilmoituksen virheellisestä mittausdatasta.

**Poistumistila:** Labra-henkilöstö on saanut käyttöliittymältä virheilmoituksen.



Kuva 8: Käynnistä käyttöliittymä-käyttötapausten sekvenssikaavio.

**Käyttötapaus:** Käynnistä käyttöliittymä (Kuva 8).

**Käyttäjä:** Labra-henkilöstö.

**Pääsyehdot:** Labra-henkilöstö operoi pääterminaalia.

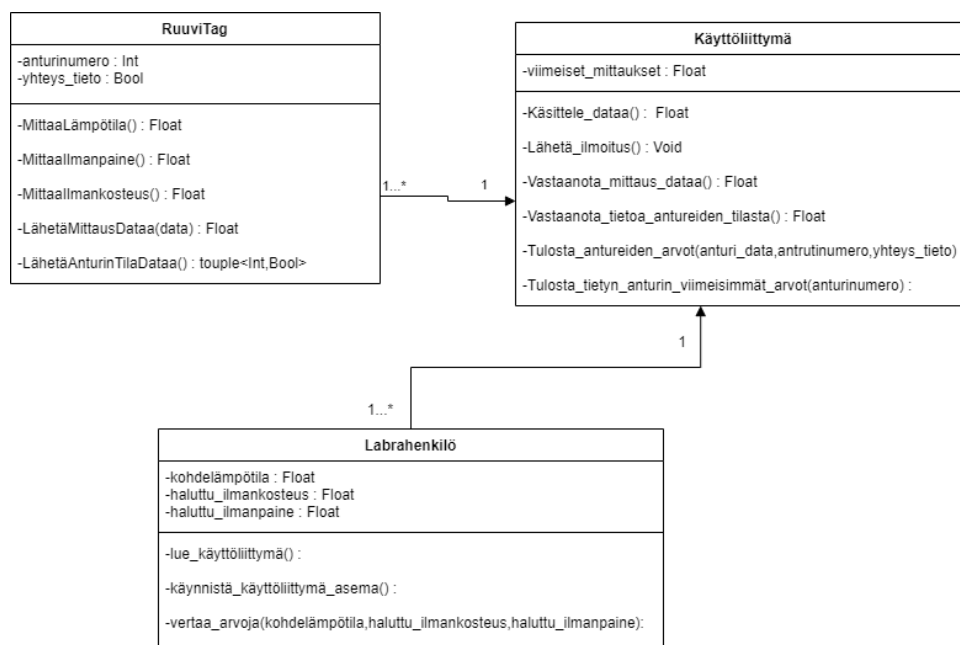
**Toiminnon kulku:**

1. Labra-henkilöstö käynnistää käyttöliittymän pääterminaalilla.

**Poistumistila:** Labra-henkilöstö on saanut käyttöliittymän päälle.

## 4. LUOKKAKAAVIO

Luokkakaavio (Kuva 9) esittää systeemiä olioiden avulla, jossa eri osat ovat kuvattuina omiin luokkiinsa ja ovat keskinäisessä yhteydessä toisiinsa. Tässä tapauksessa alkeellinen luokkakaavio havainnollistaa järjestelmän rakennetta ja sen sisältämiä osia ja yhteyksiä toisiinsa, minkä avulla voidaan luoda toimiva ensimmäinen prototyyppi RuuviTag:in, käyttöliittymän ja labrahenkilön välille. Luokilla on tietyt muuttujan arvot ja metodit, mitkä perustuvat aikaisemmin esitettyihin sekvenssikaavioihin ja käyttötapauskaavioon. Alkeellisen luokkakaavion perusteella voidaan tulkita, kuinka RuuviTag -anturin data kykenee siirtymään käyttäjälle käyttöliittymään, ja kuinka käyttöliittymä hallinnoi tietoa ja viestejä käyttäjälle eli labrahenkilölle.



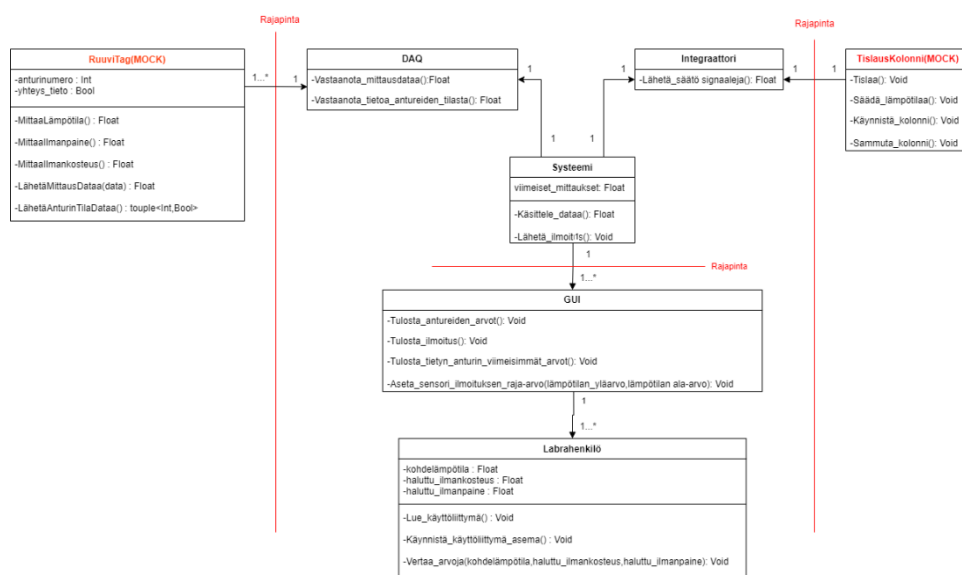
Kuva 9. Alkeellinen luokkakaavio systeemistä.

Tässä systeemissä on kolme erilaista luokkaa kyseessä. RuuviTag-luokka esittää RuuviTag-antureita, joita voi olla yksi tai useampi. Anturit voivat mitata ja lähettää tiettyjä suureita kuten lämpötila, ilmankosteus ja ilmanpaine. Anturilla on attribuuttinaan anturinumero, sekä tieto siitä, onko anturi oikein yhdistetty, toisin sanoen onko yhteydessä jotain vikaa. Labrahenkilö kuvastaa ketä tahansa labran työntekijää, joka käynnistää tislaustoimilaitteen ja asettavat kohdelämpötilan tislusprosessille. Labrahenkilön attribuuteiksi on valittu halutut

arvot lämpötilalle, ilmankosteudelle sekä ilmanpaineelle. Käyttöliittymä pystyy käsittelemään dataa, lähettämään ilmoituksen esimerkiksi virheestä, vastaanottamaan mittausdataa sekä antureiden tilat sekä tulostamaan antureiden tai tietyn anturin viimeisimmät mittausarvot.

## 5. ENSIMMÄINEN PROTOTYYPPI

Lopuksi toteutimme järjestelmästä ensimmäisen prototyypin perustuen aikaisemmin esitettyyn luokkakaavioon. Ketterän kehityksen mukaisesti yhteydet RuuviTag ja Automaatiojärjestelmään ovat korvattu MOCK-olioilla. Oikeat järjestelmät vaikeuttaisivat kehitystä, siksi RuuviTag-anturit ja tislauskolonni ovat korvattu MOCK-komponenteilla. Jos järjestelmää jatkokehittäisi, MOCK-komponenttien tilalle voisi helposti vaihtaa oikein toimivat komponentit.

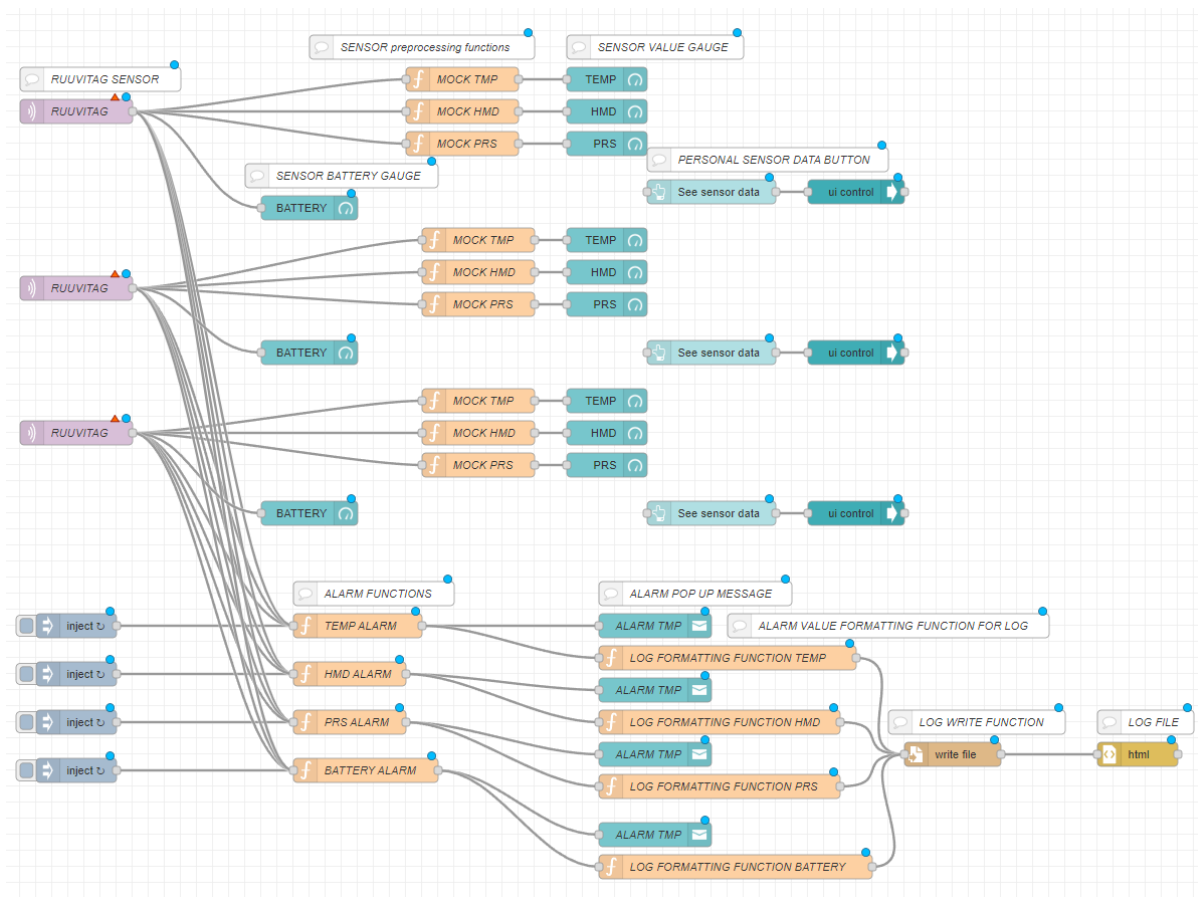


Kuva 12: Ensimmäisen prototyypin luokkakaavio.

Projektin ensimmäinen prototyyppi (ks. Kuva 12) tarjoaa kokonaisvaltaisen mallin koko projektista. Prototyyppi sisältää seitsemän luokkaa: Labrahenkilö, GUI, Systemi, DAQ (RuuviGateway), Integraattori, RuuviTag ja TislausKolonni. Labrahenkilöllä on mahdollisuus käynnistää käyttöliittymä, josta hän voi lukea antureiden mittausarvoja ja vertailla niitä haluttuun viitekehykseen. GUI vastaa mittausarvojen ja ilmoitusten tulostamisesta käyttäjälle (labrahenkilö). Systemi käsittelee dataa ja voi lähettää ilmoituksia tarvittaessa. Data acquisition (DAQ eli RuuviGateway) vastaanottaa mittausdataa RuuviTag-antureilta, jotka mittaavat lämpötilaa, ilmanpainetta ja ilmankosteutta. Tislauskolonni toteuttaa alkoholin tislausprosessin, jota voidaan säätää säätösignaalien avulla, jotka Integraattori-luokka lähettää.

## 5.1 KÄYTTÖLIITTYMÄ

Järjestelmän käyttöliittymä toteutetaan Node-RED-ympäristössä, jossa käyttöliittymä toteutetaan virtauksena lohkojen avulla. Lohkot voivat olla esimerkiksi funktioita, jotka toteuttavat halutut ominaisuudet systeemissä. [1]



Kuva 10: Node-RED flow-kaavio.

RuuviTag-anturit lähettävät jatkuvasti mittausdataa käyttäjälle. Antureiden arvot pitävät ensiksi alkukäsitellä lohkoissa MOCK TMP, MOCK HMD ja MOCK PRS, joissa mittausdata formatoidaan käyttöliittymälle sopivaan muotoon. Funktioissa huomioidaan myös huomattavat poikkeamat, poikkeuksellisen suuria tai pieniä arvoja ei lähetetä graafiseen käyttöliittymään (GUI). Antureilta saadaan myös paristojen tila, joka ilmoitetaan käyttäjälle. GUI:ssa käyttäjä voi myös tutkia tietyn anturin tietyn mittauksen historia-arvoja. Tämä toiminnallisuus on toteutettu ”See sensor data” sekä ”ui control” nodeilla. Käyttäjä näkee GUI:ssa koko ajan

prosessin tilan, eli lämpötilan (TEMP), ilmankosteuden (HMD), ilmanpaineen (PRS) ja paristojen (BATTERY) viimeisimmät arvot.

Systeemin ilmoitukset esiintyvät käyttöjärjestelmän oikeassa alareunassa pop-up viestinä. Tämän lisäksi jokainen ilmoitus tallennetaan html tiedostoon. Log html tiedosto voidaan aukaista selaimen ikkunana ja lukea siitä suoraan. Ilmoituksien lähetys tapahtuu ensin tarkistamalla RuuviTag sensorin lähettämä data ja onko se määritellyllä sallitulla välillä. Jos se ei ole lähetetään data viestinä ALARM nodeen ja formatointi funktioon. ALARM funktio luo pop-upin, joka esiintyy käyttöliittymän oikeassa alareunassa. Formatointi funktio muodostaa halutun muodon merkkijonolle, joka sisältää ilmoituksen aiheuttavan datan arvon. Tämä formatoitu merkkijono kirjoitetaan sitten html Log tiedostoon. Tietyillä selaimilla on live update ominaisuus html tiedostoja lukiessa. Formatoidussa ilmoituksessa esiintyy sensorin nimi, haluttu hälytys ja kellonaika, jolloin hälytys on tehty.

Kaavioon on tehtynä vain muutama virtaus MOCK-olioiden tuottamista mittausarvoista, vaikka todellisessa sovelluksessa RuuviTag-antureita olisi mahdollisesti vielä useampikin. MOCK-oliot kuitenkin testaavat ja tuottavat oikeanlaista dataa millä voidaan testata järjestelmää ja sen toiminnallisuuksia. Useampien antureiden tapauksessa hyödynnettäisiin RuuviGateway-järjestelmää, jolla voitaisiin käsitellä, suodattaa ja lähettää usean anturin tuottamaa dataa ValmetDNA:lle ja käyttöliittymälle. Tässä prototyypissä ei kuitenkaan toteutettu kyseistä järjestelmää, mutta jatkokehityksessä se voitaisiin toteuttaa.

Projektin ensimmäiseen prototyyppiin suunniteltiin myös graafisen käyttöliittymän (GUI) ensimmäinen versio (ks. Kuva 13) hyödyntäen NodeRED dashboardia.



Kuva 13: GUI:n prototyypin versio.

GUI-prototyyppi esittelee järjestelmään integroidut anturit, joiden mitaamat arvot ovat tällä hetkellä lämpötila, ilmankosteus ja ilmanpaine. GUI:n konsolissa on loki, joka tulostaa ilmoitukset yhteyksistä, haluttujen rajojen ylityksistä ja mittarin patterin tilasta, mikäli sen vaihtaminen olisi suositeltavaa. Nämä ilmoitukset sisältävät myös ajan, jolloin ne on tulostettu. Tällöin henkilöstö kykenee seuraamaan muun muassa milloin hälytys on tapahtunut. Patterin tilaa voi myös seurata manuaalisesti, jolloin voidaan ennakoita patterien vaihtamista ja välttää riskejä. Button -painikkeet mahdollistavat tietyn mittarin historia-arvojen diagnostiikan tutkimisen, missä arvot esiintyvät graafissa ajan suhteen. Vaikka prototyypissä on kolme mittaria käyttöliittymässä, todellisessa versiossa käyttöliittymään voitaisiin liittää useampia mittareita (RuuviTag), jolloin käyttäjälle saadaan näkyviin useampia mittauspisteitä eri datoista tarkemman säätelyn aikaansaamiseksi Valmet DNA:ssa.



## 6. YHTEENVETO

Projektin tavoitteena oli integroida RuuviTag-anturit tislaukolonniin asiakkaan vaatimusten mukaisesti käyttäen NodeRED-alustaa. RuuviTag-anturit mittasivat tietoa hallista, kuten lämpötilasta, ilmanpaineesta, ilmankosteudesta ja paristojen tilasta. Projektissa käytettiin erilaisia kaavioita, kuten käyttötapaus-, sekvenssi-, luokka-, tietovuo- ja Bowtie-kaavioita, jotka auttoivat tunnistamaan toimintahäiriöitä, haasteita ja rakentamaan toiminnallisuutta järjestelmään. Riskianalyysissä haasteita analysoitiin ja esitimme niiden perusteella ratkaisuja sekä suojamekanismeja niiden välttämiseksi. Järjestelmän toimintaa kuvattiin tunnistamalla erilaisia luokkia ja niiden välisiä yhteyksiä. Tämän seurauksena pystyimme rakentamaan prototyypin Node-RED-ympäristöön ja käyttöliittymälle, joka mahdollisti toimivan kokonaiskuvan integroidusta järjestelmästä. Toteutettua prototyyppiä on mahdollista jatkokehittää hyödyntämällä esitettyjä MOCK-olioita ja liittämällä oikeanlaisia RuuviTag antureita järjestelmään ja esitettyyn ratkaisuun.

# LÄHTEET

- [1] Node-Red. (2023). Node-RED [Verkkosivusto]. Viitattu 23.3.2023 osoitteessa <https://nodered.org/>.
- [2] Ruuvi.com. (2023). Ruuvi [Verkkosivusto]. Viitattu 23.3.2023 osoitteessa <https://ruuvi.com/fi/>.
- [3] Salmenperä, M., & Seppälä, J. (2023). AUT.400 Johdatus Automaation tietotekniikkaan - kurssin luentomateriaalit.
- [4] Ruuvi.com. (2023). RuuviTag [Verkkosivusto]. Viitattu 16.4.2023 osoitteessa <https://ruuvi.com/fi/ruuvitag/>.
- [5] Ruuvi.com. (2023). Ruuvi Gateway [Verkkosivusto]. Viitattu 16.4.2023 osoitteessa <https://ruuvi.com/fi/gateway/>.
- [6] Gillis, A. (2021). What is internet of things (IoT)? IOT Agenda. Viitattu 26.3.2023 osoitteessa <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>.
- [7] Valmet. (2023). Distributed control system (DCS) for process automation [Verkkosivusto]. Viitattu 14.4.2023 osoitteessa <https://www.valmet.com/automation/distributed-control-system/>.