



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

VILLE NURMI

# **Lämpötilasäädelyjen maantiekuljetusten seurantajärjestelmä**

AUTOMAATIOTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
2020

Tekijä Nurmi, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 28	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Lämpötilasäädelyjen maantiekuljetusten seurantajärjestelmä</b>		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikka		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja kehittää OY Porin Hanke AB:lle järjestelmä, joka mittaa jakeluajoneuvon sijaintia, aikaa ja päivämäärää sekä ajoneuvon tavaratilan kuljetuksen aikana tapahtuvia lämpötilan muutoksia. Järjestelmä tallentaa kerättyjen tietojen arvot ennalta luotuun tiedostoon myöhempää tarkastelua varten.</p> <p>Työn teoreettisessa osassa selvitettiin työssä esiintyvien toimintatapojen sekä menetelmien perusteita. Siinä käsiteltiin satelliittipaikannuksen toimintatapaa, 3D-mallinnuksen sekä -tulostuksen toimintaperiaatteet sekä käyttömahdollisuudet sekä A/D muunnosta.</p> <p>Työn toiminnallisessa osuudessa kehitettiin järjestelmä, joka lukee sekä tallentaa ajossa olevan kuljetusajoneuvon sijainnin, ajan ja sekä päivämäärän sekä ajoneuvon tavaratilan lämpötilan muutokset.</p> <p>Toiminnallisessa osassa järjestelmän pohjana toimivalle Raspberry Pi -mikrotietokoneelle asennettiin käyttöjärjestelmä sekä luotiin käyttöasetukset. Tietokoneelle ohjelmoitiin kaksi ohjelmaa, joista toinen luki ja kirjoitti haluttujen tietojen arvoja ja toinen toimi graafisen käyttöliittymän ohjaimena.</p> <p>Järjestelmän komponenteille 3D-mallinnettiin ja -tulostettiin suojakotelot. Järjestelmä kehitettiin OY Porin Hanke AB:n käyttöön eikä toteutuksessa kehitettyjä ohjelmien lähdekoodeja julkaista muille.</p>		
<p><a href="#">Asiasanat</a> GPS, Lämpötilan mittaus, 3D-Mallinnus, 3D-Tulostus</p>		

Author Nurmi, Ville	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2020
	Number of pages 28	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Tracking system for temperature regulated transports on road</b>		
Degree program Automation Engineering		
<p>The purpose of this thesis was to design and develop a system for OY Porin Hanke AB to measure the location and time and date of the delivery truck, as well as temperature changes in the luggage compartment of said vehicle during the transport and to save the collected data values for later review.</p> <p>The theoretical part of this thesis explains the basics of methods used in the thesis. It covers how satellite positioning works, how 3D modeling and printing works and what are the opportunities of 3D modeling and 3D printing, as well as how A/D conversion works.</p> <p>In the functional part of this thesis, a system was developed that reads and saves the values of position, time and date of the vehicle in delivery, as well as changes in temperature in the luggage compartment.</p> <p>In the functional part of thesis, an operating system was installed on the Raspberry Pi microcomputer, which is the base of the system, and operating settings were created. Two programs were programmed, one for reading and writing the values of needed data and the other for acting as controller for graphical user interface.</p> <p>Protective cases were 3D-modeled and -printed for components of the system. The system was developed for OY Porin Hanke AB, therefore the system or any source-code involved will not be released for outside use.</p>		
<u>Key words</u> GPS, Temperature measurement, 3D-Modeling, 3D-Printing		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet .....	5
1.2	Opinnäytetyön rajaus .....	5
1.3	Opinnäytetyön menetelmät .....	6
2	OY PORIN HANKE AB .....	7
3	TYÖSSÄ KÄYTETTÄVIEN MENETELMIEN TAUSTAA .....	8
3.1	Global Positioning System .....	8
3.1.1	GPS-paikannus .....	9
3.2	3D-Mallinnus .....	9
3.2.1	3D-mallinnuksen käyttömahdollisuudet .....	10
3.3	3D-Tulostus .....	10
3.3.1	3D-tulostuksen käyttömahdollisuudet .....	11
3.4	Analogisesta digitaaliseksi muunnos .....	12
4	SEURANTAJÄRJESTELMÄ .....	13
4.1	Lähtökohta .....	13
4.2	Työssä käytettävät laitteet .....	14
4.2.1	Raspberry Pi 3 Model B+ .....	15
4.2.2	Kosketusnäyttö .....	16
4.2.3	DS18B20 lämpötila-anturi .....	17
4.2.4	GlobalSat BU-353S4 GPS-vastaanotin .....	18
4.3	Ohjelmointi, 3D-suunnittelu sekä kokoonpano .....	19
4.3.1	Ohjelmointi .....	19
4.3.2	3D-mallinnus ja -tulostus .....	20
4.3.3	Laitteiston kokoonpano .....	24
4.3.4	Esimerkki järjestelmän keräämästä datasta .....	26
5	YHTEENVETO .....	27
	LÄHTEET .....	28

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella sekä kehittää laite, joka mittaa maantiekuljetuksessa olevan ajoneuvon tavaratilan lämpötilaa, ajoneuvon sijaintia sekä aikaa. Lisäksi kehitettävä laite tallentaa kerättävien tietojen arvot omaan muistiinsa, josta ne tarvittaessa voidaan noutaa tarkasteltavaksi.

## 1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja kehittää OY Porin Hanke AB:lle laite, joka mittaa ja tallentaa kuljetuksen aikaista dataa. Yrityksellä ei tällä hetkellä ole käytössä tällaista laitetta, joten yritys ei voi kysyttäessä vastata, ovatko jaettavat tuotteet olleet optimaalisessa lämpötilassa kuljetuksen aikana. Työn valmistuttua tavoitteena on tarvittaessa antaa asiakkaalle tieto kuljetuksen aikana vallinneesta lämpötilasta ajoneuvon tavaratilassa.

## 1.2 Opinnäytetyön rajaus

Tavoitteena oli luoda toimiva, selkeä ja helppokäyttöinen järjestelmä asennettavaksi yhteen yrityksen kylmäkuljetusajoneuvoista. Järjestelmän ominaisuudet rajattiin alustavasti vain mitattavien arvojen lukuun ja tallennukseen, sekä graafisen käyttöliittymän tuottamiseen ajoneuvon hyttiin.

### 1.3 Opinnäytetyön menetelmät

Opinnäytetyö perustuu pitkälti Raspberry Pi -mikrotietokoneeseen sekä siihen liitettäviin oheislaitteisiin. Työssä tullaan käsittelemään Linux Debian käyttöjärjestelmään pohjautuvaa Rasbian käyttöjärjestelmää sekä siihen liittyviä komentoja sekä asetuksia.

Työssä käytettävien ohjelmakoodien luomiseen käytetään Python -ohjelmointikieltä sekä erilaisia Pythonin tukemia ohjelmakirjastoja.

Työssä tullaan hyödyntämään 3D-mallintamisohjelmaa kehitettävän järjestelmän laitteiden koteloiden suunnitteluun sekä mallintamiseen. Laitteille mallinnetut kotelot tulostetaan 3D-tulostimella.

## 2 OY PORIN HANKE AB

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Oy Porin Hanke Ab (kuva 1). Yritys tarjoaa monipuolisia ja laadukkaita kuljetuspalveluita ja niihin liittyviä koulutuksia. Yrityksen toimipiste sijaitsee Porissa ja se palvelee asiakkaitaan ympäri pohjoismaita.

Oy Porin Hanke Ab:n palveluihin kuuluu muun muassa tavarakuljetukset, erikoiskuljetusten liikenteenohjaukset sekä nosturi-, vaihtolava- ja trukkipalvelut.

Näiden palveluiden lisäksi yritys järjestää edellä mainittuihin palveluihin liittyviä koulutuksia. (Oy Porin Hanke Ab:n www-sivut 2020.)

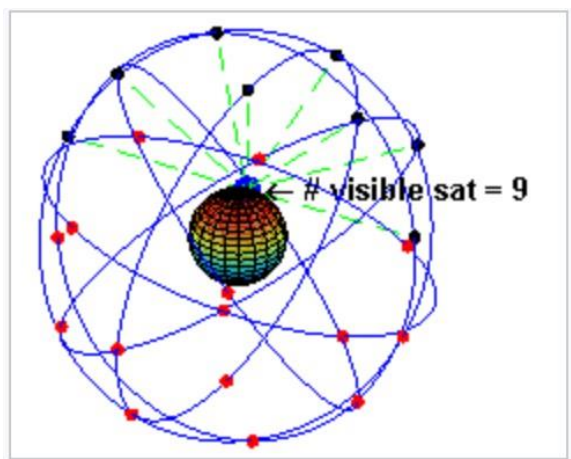


*Kuva 1: Oy Porin Hanke Ab:n logo (Oy Porin Hanke Ab:n www-sivut 2020).*

### 3 TYÖSSÄ KÄYTETTÄVIEN MENETELMIEN TAUSTAA

#### 3.1 Global Positioning System

GPS (Global Positioning System) on alun perin USA:ssa sotilaskäyttöön tehty satelliittipaikannusjärjestelmä, jonka tarkoituksena on toimittaa GPS-vastaanottimelle reaaliaikaista sijainti- sekä aikatietoa. Järjestelmän toimivuus perustuu 31 satelliittiin, jotka kiertävät maapallon kiertorataa 20200 kilometrin korkeudessa siten, että vähintään neljä satelliittia on nähtävissä kerrallaan missä tahansa maanpinnan pisteessä. (tieku.fi, 2020.)



*Kuva 2: Kuvankaappaus (Wikipedia [www-sivut](http://www.sivut) 2020).*



### 3.1.1 GPS-paikannus

Jokainen GPS-paikannussatelliitti on varustettu radiolähettimellä ja atomikellolla, jonka tarkkuus on kolme miljardisosasekuntia. Jokainen satelliitti lähettää jatkuvasti radiosignaaleja, jonka avulla selviää lähettävän satelliitin tunniste, sijainti sekä signaalin lähetysaika. (tiek.fi, 2020.)

Onnistuneeseen ja tarkkaan sijainnin määrittämiseen tarvitaan tieto vähintään neljän eri satelliitin sijainnista. GPS-paikannin vastaanottaa radiosignaalin neljältä satelliitilta ja laskee niiden perusteella kunkin satelliitin etäisyyden signaalin vastaanottohetkellä. Satelliittien sijaintien perusteella vastaanotin ilmoittaa käyttäjälleen tarkan tiedon sijainnistaan. (tiek.fi, 2020.)

GPS-vastaanotin laskee satelliittien etäisyyden kaavalla  $d = c \times t$ , jossa etäisyys ( $d$ ) on yhtä suuri kuin valon nopeus ( $c$ ) kertaa radiosignaalin lähetyksen ja vastaanoton ajan erotus ( $t$ ). (researchgate.net, 2020.)

### 3.2 3D-Mallinnus

3D-mallintamisella tarkoitetaan menetelmää, jolla voidaan tuottaa virtuaalinen malli mistä tahansa oikean elämän kappaleesta.

Kolmiulotteisia malleja voidaan luoda automaattisesti 3D-kuvaustekniikkaa käyttäen, tai manuaalisesti käyttämällä 3D-mallinnusohjelmaa. Mallinnusohjelmaa käyttäen käyttäjä luo tyhjään tilaan alkeellisen muodon, kuten kuution, sylinterin tai pallon. Erilaisia työkaluja hyödyntäen käyttäjä voi muokata luotua kappaletta haluamaansa tapaan X, Y ja Z -akseleilla. (conseptartempire.com, 2020.)

### 3.2.1 3D-mallinnuksen käyttömahdollisuudet

3D-mallinnettuja kappaleita käytetään useissa tarkoituksissa. Viihdeteollisuudessa mallinnettuja kappaleita käytetään niin peli- kuin elokuvateollisuudessa. Videopeleissä nykyään lähes kaikki graafiset näkökohdat ovat 3D-mallinnettuja, sekä usein mallit ovat myös animoituja. Mainoksissa sekä elokuvissa nykyään käytetään yhä useammin tietokoneella luotoja 3D-malleja erikoistehosteina. (conceptartempire.com, 2020.)

Teollisuudessa 3D-malleja käytetään esimerkiksi kappaleiden pohjapiirroksina, tuotekehittelyn prototyyppeinä sekä rakennusten suunnittelumalleina (conceptartempire.com, 2020.)

### 3.3 3D-Tulostus

3D-tulostuksella tarkoitetaan virtuaalisen 3D-mallin tuottamista fyysiseksi kappaleeksi 3D-tulostinta käyttäen. 3D-tulostuksen suurin etu on, ettei pelkän 3D-tulostimen lisäksi tarvita muita työkaluja. Tulostus tapahtuu kerros kerrokselta lämmitetyn alustan päälle. (3dhubs.com, 2020.)

3D-tulostusprosessi alkaa digitaalisen 3D-mallin siivuttamisella kaksiulotteisiksi kerroksiksi, joiden perusteella siivutusohjelma luo 3D-tulostimen ohjaamista määräävän konekielen, G-koodin. Riippuen 3D-tulostimen mallista, 3D-mallin siivutus tapahtuu joko suoraan 3D-tulostimella tai erikseen kolmannen osapuolen siivutusohjelmalla. (3dhubs.com, 2020.)

Itse tulostaminen alkaa alustan ja tulostimen suuttimen lämmittämisellä. Eri tulostusmateriaalit vaativat erilaiset tulostuslämpötilat. Esimerkiksi PLA-muovi vaatii alustan lämpötilaksi 60 astetta ja suuttimen lämpötilaksi 210 astetta. Kun asetuksia vastaavat lämpötilat on saavutettu, 3D-tulostin alkaa suorittamaan G-koodin määräämiä liikkeitä, ohjaten suuttimen paikkaa X, Y ja Z -akseleilla. (3dhubs.com, 2020.)

3D-tulostuksessa voidaan käyttää useita eri materiaaleja. Yleisimpiä tulostusmateriaaleja ovat muovin eri tyypit, mutta myös vahvempien materiaalien,

kuten metallien ja lasikuitukomposiittimateriaalien tulostaminen on nykyään mahdollista. (3dhubs.com, 2020.)

### 3.3.1 3D-tulostuksen käyttömahdollisuudet

Nykyään 3D-tulostettuja tuotteita käytetään useassa eri käyttötarkoituksessa. Yleisin käyttötarkoitus lienee prototyypin rakentamisessa. Uuden tuotteen prototyypin osien, muodon ja toimivuuden testaaminen on halvempaa ja nopeampaa verrattuna perinteisiin tuotantoprosesseihin.

3D-tulostettuja kappaleita käytetään laajasti eri teollisuuden ja lääketieteen aloilla. Tulostettuja osia käytetään esimerkiksi proteesien, kuulokojeiden ja jopa sisäelinten valmistuksessa.

Robottiikassa tarvitaan usein yksittäisiä, omaan käyttötarkoitukseensa tarvittavia osia, jotka voidaan tuottaa helposti tulostamalla ne käyttötarkoitukseensa sopivalla materiaalilla.

Opetustarkoituksessa 3D-tulostusta voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi luomalla jonkin kappaleen pienoismalli, säilyttäen sen kaikki mekaaniset ominaisuudet sekä toiminnot.

3D-tulostus on suosittua myös harrastelijoiden keskuudessa. Internetistä löytyy valtava määrä vapaasti käytettäviä, valmiita 3D-malleja käyttäjien tulostettavaksi. Suurin etu oman 3D-tulostimen omistaville harrastajille on sen tuoma vapaus tuottaa omaan käyttöönsä mitä haluaa. (3dhubs.com, 2020)

### 3.4 Analogisesta digitaaliseksi muunnos

Analogiset signaalit ovat maailmassa tapahtuvia, jatkuvia signaaleja, joilla on tiettyjä arvoja. Tällaisia signaaleja ovat esimerkiksi lämpötila, valo sekä ääni. Jos analogista signaalia halutaan käyttää digitaalisessa järjestelmässä, se tarvitsee ensin muuttaa digitaalisesti luettavaan muotoon. (arrow.com, 2020)

Yksi yleisimmistä tavoista muuttaa analoginen signaali digitaaliseksi, on varata AD muuntimen kondensaattori ja mitata aika, joka kuluu sen tyhjenemiseen. Muuntaja havainnoi kello sykliä, ja palautettava arvo on kuluneiden kello syklien määrä kondensaattorin tyhjenettyä. (learn.sparkfun.com, 2020)

A/D muunnos on riippuvainen järjestelmän jännitteestä sekä muuntamiseen käytettävästä bittien lukumäärästä. Käytettävien bittien lukumäärä määrittää digitaalisen käännöksen tarkkuuden.

Esimerkiksi jännitevälillä 0 – 5V, käytettäessä 8-bittistä muunninta, 0V antaa lukemaksi 0 ja 5V lukemaksi 256. A/D muunnin käyttää muunnoksissa alla näkyvää kaavaa. (elprocus.com, 2020)

$$D_{out} = \frac{2^8 * V_a}{V_{ref}}$$



$$\begin{aligned} \text{Ex1: } D_{out} &= \frac{256 * 3}{5v} \\ &= 133 \end{aligned}$$

*Kuva 3: A/D muunnoskaava, (elprocus.com, 2020).*

## 4 SEURANTAJÄRJESTELMÄ

### 4.1 Lähtökohta

Ennen työn aloittamista Porin Hankkeen kylmäkuljetusajoneuvossa ei ollut olemassa laitteistoa, jonka avulla ajoneuvon kuski voisi varmuudella todeta ajoneuvon tavaratilan sen hetkistä lämpötilaa tai tallentaa ajon aikana tapahtuvia muutoksia myöhempää tarkastelua varten.

Tavaratilan lämpötilaan vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi ovien avaus jakelukohteissa tai lämpötilaa ylläpitävän termostaatin hajoaminen. Muutoksista huolimatta ajoneuvon tavaratilan lämpötilan tulisi pysyä kuljetettavien tuotteiden vaatimien rajojen sisällä. Liian alhainen tai liian korkea lämpötila saattaa johtaa osan, tai pahimmillaan jopa koko lastin pilaantumiseen.

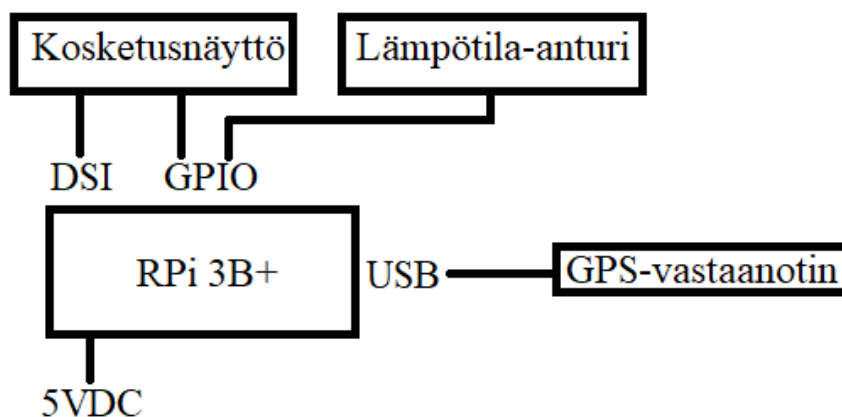
Jos lämpötilasäädelyissä tuotteissa havaitaan jakamisen jälkeen virheitä, voidaan uudella järjestelmällä todeta, johtuuko tuotteiden virheellisyys kuljetuksen aikana vallinneesta liian alhaisesta tai korkeasta lämpötilasta ja ovatko tuotteet olleet niille määrättyssä lämpötilassa. Tämä helpottaa mahdollisten jatkotoimenpiteiden käsittelyä.

## 4.2 Työssä käytettävät laitteet

Tässä kappaleessa tullaan esittelemään opinnäytetyössä käytettävät laitteet.

Opinnäytetyössä käytettäviä laitteita ovat Raspberry Pi -mikrotietokone, Raspberry Pi:hin kytkettävä kosketusnäyttö, GPS-vastaanotin sekä digitaalinen lämpötila-anturi.

Kaikki työssä käytettävät laitteet ovat kytkettyinä Raspberry Pi tietokoneeseen, joko USB-portin, DSI-portin tai GPIO-liitinriman kautta alla näkyvän kaaviokuvan mukaan.



Kuva 4: Kaaviokuva laitteiden kytkennästä

#### 4.2.1 Raspberry Pi 3 Model B+

Raspberry Pi 3 B+ on Englantilaisen Raspberry Pi Foundationin kehittämä yhden piirilevyn mikrotietokone. Käyttöjärjestelmänä toimii Linux Debianiin pohjautuva Rasbian -käyttöjärjestelmä.

Raspberry Pi mikrotietokone valittiin tämän työn pohjaksi sen edullisen hinnan sekä monipuolisten käyttömahdollisuuksien takia.

*Taulukko 1: Raspberry Pi 3 B+ ominaisuuksia*

Proessori	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bittia, 1,4GHz
Muisti	1GB LPDDR2 SDRAM
Yhteydet	2.4/5.0 GHz IEEE 802.11 WLAN, Bluetooth 4.2, 1Gbit/s Ethernet, 4 x USB 2.0
I/O	40-pinninen GPIO-liitinrima
Video ja ääni	HDMI, 4-napainen stereo ulostulo ja komposiittivideoportti, CSI kameraportti, DSI näyttöportti
SD-korttituki	Micro SD -portti käyttöjärjestelmän lataamiseen ja tiedon tallentamiseen
Jännite ja virta	5V/2.5A

#### 4.2.2 Kosketusnäyttö

Seitsemän tuuman kosketusnäyttö Raspberry Pi -mikrotietokoneelle. Näytön voi kytkeä Raspberry Pi:n DSI-porttiin sekä GPIO-liittimiin.

Järjestelmä olisi täysin toimiva myös ilman näyttöä, mutta työn suunnitteluvaiheessa todettiin näytön olevan hyödyllinen osa järjestelmää. Näytöksi valittiin kosketusnäyttö, joka mahdollistaa käytön ilman hiirtä ja näppäimistöä.

*Taulukko 2: Raspberry Pi:n kosketusnäytön ominaisuuksia*

Jännite	3.3V – 5V
Näyttö	7” WVGA 800x480
Kytkentä	DSI, GPIO



#### 4.2.3 DS18B20 lämpötila-anturi

DS18B20 lämpötila-anturi toimii A/D lämpötilamittarina. Se tarjoaa käyttäjälleen mahdollisuuden valita A/D muunnoksen tavan 9 – 12 bitin välillä. 9 bittiä tarkoittaa  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 10 bittiä  $0.25^{\circ}\text{C}$ , 11 bittiä  $0.125^{\circ}\text{C}$  ja 12 bittiä  $0.0625^{\circ}\text{C}$  lämpöasteen lisäystä. Vakiona anturi on asetettu 12 bitin tilaan.

DS18B20 valittiin järjestelmän lämpötila-anturiksi sen edullisen hinnan, käyttölämpötilan sekä tarkkuuden perusteella. Työhön valittu DS18B20 lämpötila-anturi on myös veden ja kosteuden kestävä, mikä on etu muihin edullisiin antureihin verrattuna.

*Taulukko 3: DS18B20 Lämpötila-anturin ominaisuuksia*

Jännite	3V - 5.5V
Virta	1mA – 1.5mA
Käyttölämpötila	$-55^{\circ}\text{C}$ - $+125^{\circ}\text{C}$
Tarkkuus	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

#### 4.2.4 GlobalSat BU-353S4 GPS-vastaanotin

GlobalSat BU-353S4 GPS-vastaanotin käyttää SIRF STAR IV GSD4e GPS piirisarjaa. Laite valittiin työn GPS-vastaanottimeksi sen saatavuuden, edullisen hinnan sekä ominaisuuksien takia.

BU-353S4 toimii  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $80^{\circ}\text{C}$  -lämpötilassa ja kestää jopa 95% ilmankosteuden, pystyy luomaan yhteyden satelliitteihin keskimäärin 8 – 32 sekunnin sisään käynnistämisestä sekä uudelleenluomaan yhteyden satelliitteihin häiriön jälkeen keskimäärin 0.1 sekunnissa.

*Taulukko 4: GlobalSat BU-353S4 paikantimen ominaisuuksia*

Taajuus	L1, 1575.42 MHz
C/A koodi	1.023MHz
Kanavat	48
Ulostuloviesti	NMEA 0183 GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL
Herkkyys	-163 dBm
Jännite	4.5V – 6.5V
Baud	4800bps

### 4.3 Ohjelmointi, 3D-suunnittelu sekä kokoonpano

Tässä kappaleessa tullaan kertomaan työn konkreettisesta vaiheesta, jonka aikana järjestelmälle luotiin toimiva ohjelma, sen osille suunniteltiin ja tulostettiin kunnolliset suojakotelot sekä miten järjestelmän osat asennettiin tuotettuihin koteloihin.

#### 4.3.1 Ohjelmointi

Ohjelmointi suoritettiin Python 3 -ohjelmointikieltä käyttäen. Järjestelmä koostuu kahdesta eri ohjelmasta, jotka on asetettu käynnistymään Raspberry Pi -tietokoneen käynnistymisen yhteydessä.

Ensimmäinen ohjelma luotiin lukemaan arvoja sekä lämpötila-anturilta että GPS-vastaanottimelta ja muuttamaan saadut arvot luettavaan muotoon. Arvojen lukemisen ja muuttamisen jälkeen ohjelma kirjoittaa saadut arvot ennalta luotuun "Lämpötilat.txt" -tekstitiedostoon. Arvojen kirjoittaminen tiedostoon tapahtuu puolen minuutin intervalleilla siten, että aina uudelle riville kirjoitetaan arvot järjestyksessä; Päivämäärä, kellonaika, lämpötila celsius-asteina, leveysaste, pituusaste.

Kirjoitettaville arvoille luotiin tekstitiedosto Raspberry Pi:n /home -kansioon, johon tallentuu kaikki ajon aikaiset tiedot päivämäärästä, kellonajasta, lämpötilasta sekä sijainnista. Tarvittaessa tallennetun arvon voi noutaa avaamalla /home/lämpötilat.txt tiedoston. Halutun arvon löytää tiedostosta haku -toimintoa käyttäen esimerkiksi päivämäärän mukaan.

Toinen ohjelma luotiin graafisen käyttöliittymän avaamiseen järjestelmän näytölle koko ruudun tilassa. Käyttöliittymä antaa järjestelmän näytölle reaaliaikaisen tiedon lämpötila-anturin havaitsemasta lämpötilasta ajoneuvon tavaratilassa, kellonajasta sekä päivämäärästä. Graafinen käyttöliittymä luotiin mahdollisimman kevyeksi ja yksinkertaiseksi, sillä sen ei tarvitse kuin hälyttää ajoneuvon kuskia, mikäli lämpötila muuttuu liian korkeaksi tai alhaiseksi.

#### 4.3.2 3D-mallinnus ja -tulostus

Opinnäytetyön 3D-mallinnukset suoritettiin Autodesk Fusion 360-suunnitteluohjelmalla. 3D-tulostukset suoritettiin Prusa i3 tulostinta käyttäen. Tulosteiden materiaalina käytettiin PLA-muovia.

Työtä varten tulostettiin kolme koteloa, Raspberry Pi:lle sekä sen näytölle, GPS-paikantimelle sekä lämpötila-anturille.

Jokaisen osan tulostukseen käytettiin samoja tulostusasetuksia;

*Taulukko 5: Työssä käytettyjen 3D-tulostuksien asetukset*

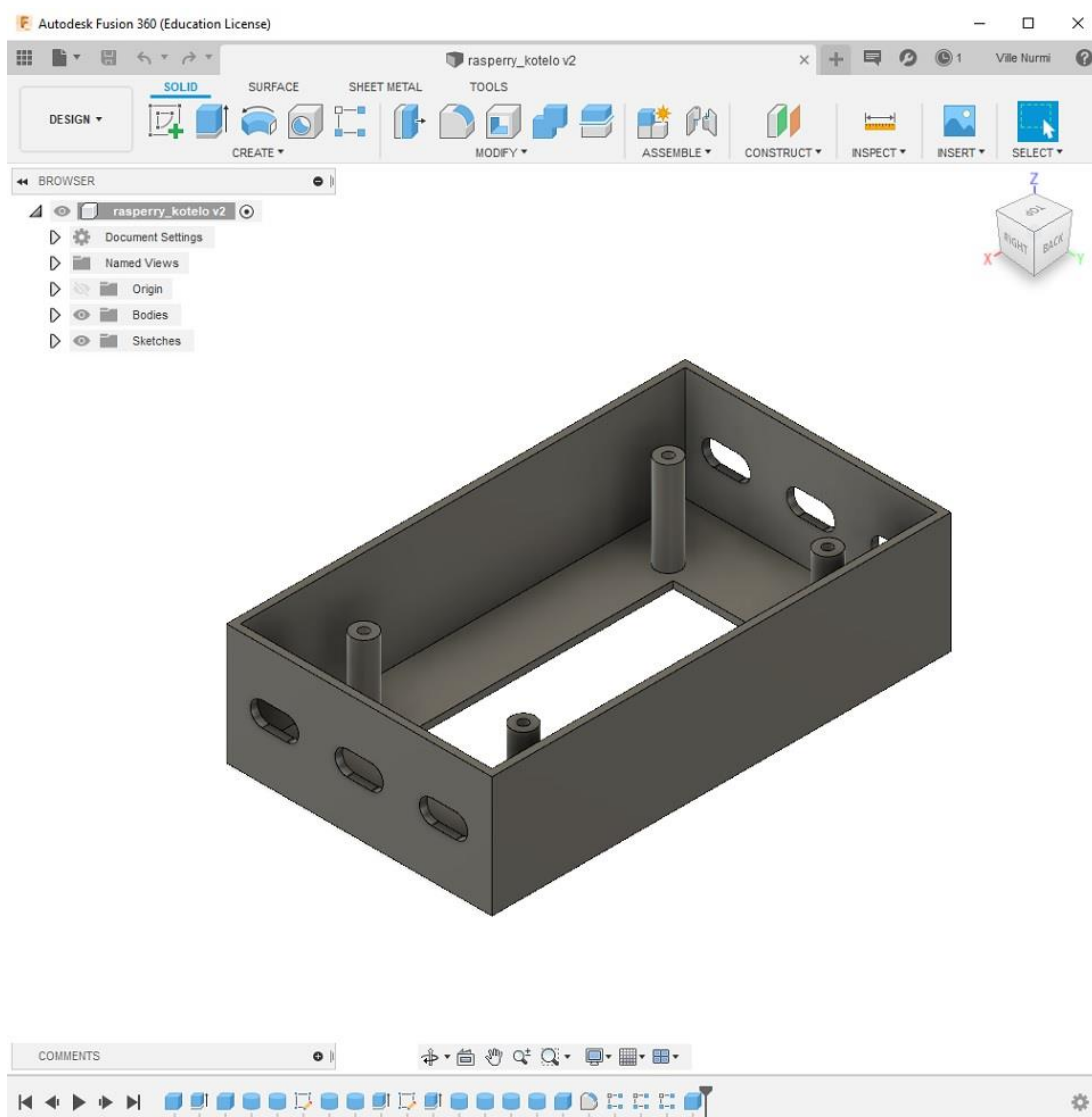
Materiaali	PLA Ø 1.75mm
Kerroksen korkeus	0.2 mm
Seinämän vahvuus	0.8 mm
Täyttöprosentti	30 %
Tulostuslämpötila	210 °C
Alustan lämpötila	60 °C
Tulostusnopeus	60 mm/s

Näitä asetuksia käyttäen Raspberry Pi:n kotelon tulostaminen käytti 296 grammaa (99.10 metriä) PLA-muovia, ja sen tulostaminen kesti 19 tuntia ja 18 minuuttia. Tämän kotelon tulostaminen oli sen suuren fyysisen koon takia erittäin pitkä prosessi.

GPS-paikantimen kotelon tulostaminen kulutti 19 grammaa (6.42 metriä) PLA-muovia ja sen tulostaminen kesti yhden tunnin ja 24 minuuttia.

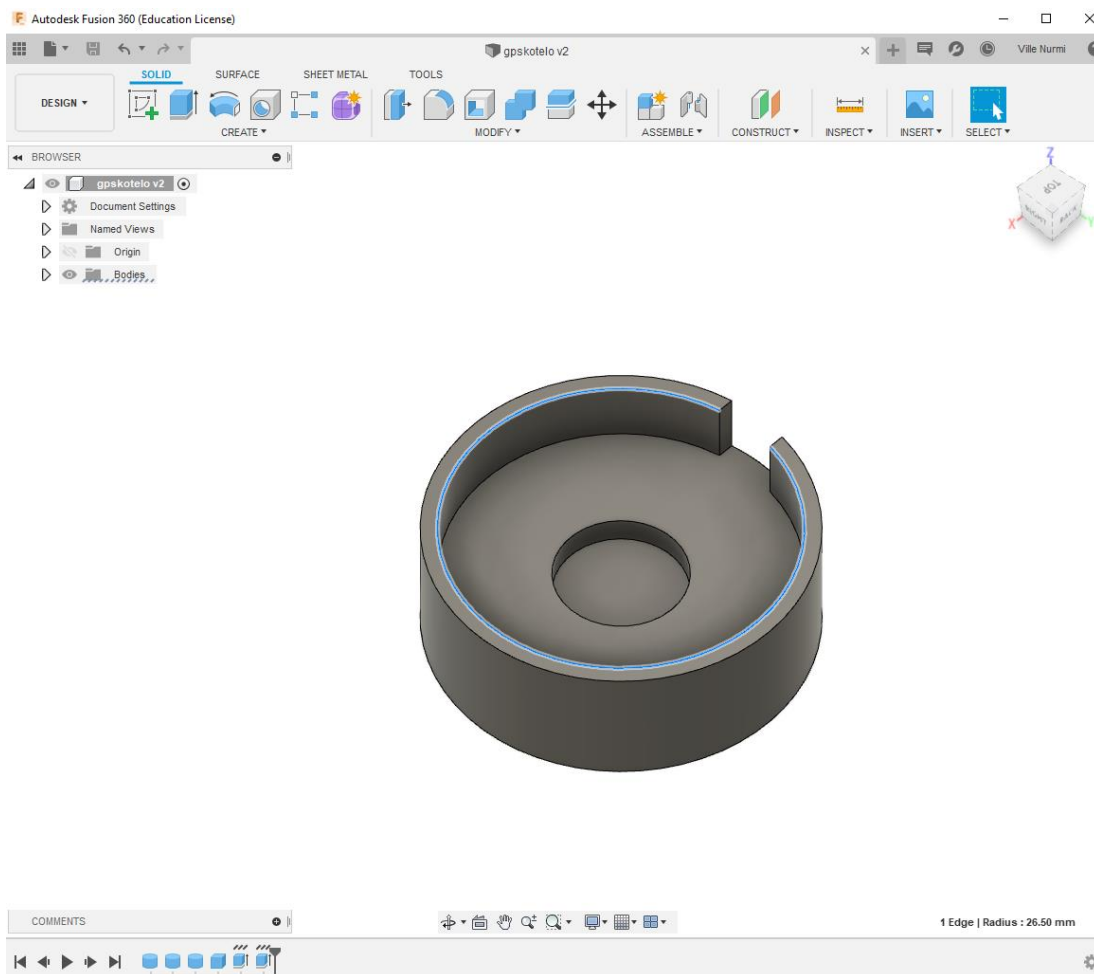
Lämpötila-anturin suojakotelon tulostaminen oli nopeaa sen pienen fyysisen koon takia. Kotelon tulostaminen käytti PLA-muovia vain 9 grammaa (2.95 metriä) ja sen kesto oli 41 minuuttia.

Raspberry Pi -tietokonetta, sekä siihen liitettyä kosketusnäyttöä varten suunniteltiin suojakotelo. Suojakotelon reunoilla on tuuletusaukot ilmankierron parantamiseksi. Kotelon pohja on avoin ilmankierron edistämiseksi, sekä tulostusmuovin sekä -ajan säästämiseksi. Kotelon jokaisessa reunassa on kiinnitysputki, jonka sisään sopii 3x40 millimetrin ruuvi. Ruuvien tarkoitus on kiinnittää tietokoneen näyttö koteloon niin, että näytön pinta on tasan kotelon reunan kanssa.



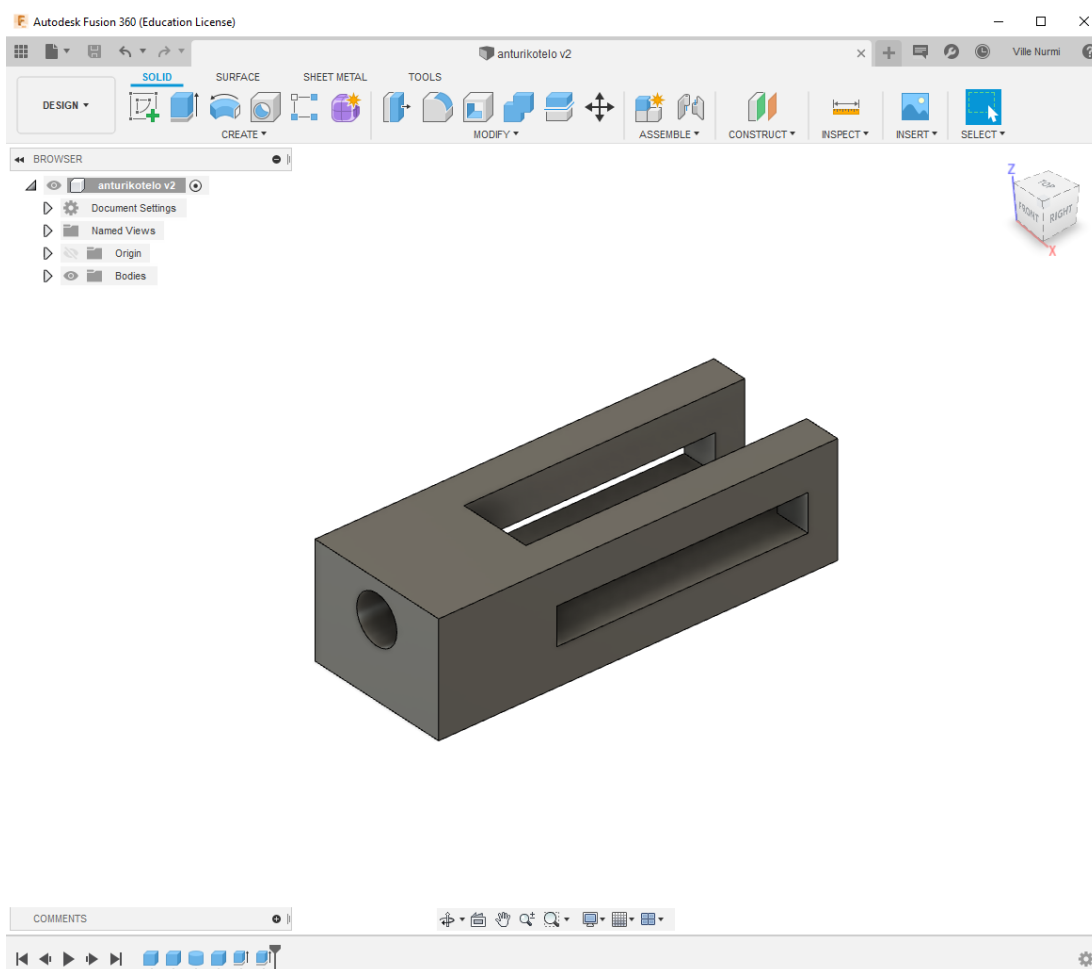
*Kuva 5: Raspberry Pi:n kotelo Autodesk Fusion 360 -ohjelmassa*

GPS-paikantimelle suunniteltiin kotelo, jonka sisämitta on yhden millimetrin paikanninta leveämpi. Täten GPS-paikannin sopii koteloonsa jättäen 0.5 millimetrin raon joka puolelle. Kotelon pohjaan tehtiin syvennys, johon asennetaan neodyymimagneetti GPS-paikantimen kiinnitystä varten. Kotelon reunassa on reitti paikantimen USB-johtoa varten.



Kuva 6: GPS-vastaanottimen kotelo Autodesk Fusion 360 -ohjelmassa

Lämpötila-anturialle suunniteltiin suojakotelo, jonka tarkoitus on kiinnittää anturi ajoneuvon kattoon sekä pitää se suojattuna iskulta. Anturin suojakotelossa on anturin mentävä aukko, johon anturi istutetaan. Anturin lukupään ympärille on suunniteltu suojaakaaret.



*Illustration 7: Lämpötila-anturin kotelo Autodesk Fusion 360 -ohjelmassa*

### 4.3.3 Laitteiston kokoonpano

Raspberry Pi:n suojakoteloon (kuva 5.) asennetaan Raspberry Pi 3 mikrotietokone sekä siihen kytketty kosketusnäyttö. Raspberry Pi on kiinnitetty ruuvein kosketusnäytön alapuolella sijaitseviin kiinnitysruuvien vastakappaleisiin. Näyttö taas kiinnittyy suojakoteloon neljällä 3x40 millimetrin ruuvilla. Näyttö on kytketty Raspberry Pi:n DSI-porttiin sekä GPIO-pinneihin 2 (5V), 3 (SDA), 5 (SCL) sekä 6 (GND).

DS18B20 lämpötila-anturi kiinnitetään koteloonsa (kuva 7.). Anturi on kytketty Raspberry Pi:n GPIO-pinneihin 1 (3V), 7 (GPCLK0) sekä 9 (GND).



*Kuva 8: Raspberry Pi -tietokone sekä siihen kytketyt komponentit.*



GPS-anturi on tarkoitettu kiinnitettäväksi magneetilla, ja sen pohjassa on heikohko magneetti. GPS-anturin suojakotelon (kuva 6.) pohjassa olevaan koloon asennetaan vahva neodyymimagneetti, jonka tarkoitus on pitää GPS-vastaanotin paikallaan. Vastaanottimen USB-johto kulkee kotelon läpiviennin kautta Raspberry Pi:n koteloon, jossa se on kytkettynä Raspberry Pi:n USB-porttiin.



*Kuva 9: Raspberry Pi -tietokone 3D-tulostetussa suojakotelossaan.*

#### 4.3.4 Esimerkki järjestelmän keräämästä datasta

```

11.03.2020 klo 13.06.04: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.06.34: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.07.04: +26.75°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.07.34: +26.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.08.04: +25.5°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.08.34: +24.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.09.04: +23.5°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.09.34: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.10.04: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.10.34: +23.0°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.11.04: +23.0°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.11.34: +23.0°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.12.04: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.12.34: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.13.04: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.13.34: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.14.04: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.14.34: +23.25°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.15.04: +23.0°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.15.34: +23.0°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.16.04: +23.0°C, 61.483773, 21.794278
11.03.2020 klo 13.16.34: +23.25°C, 61.483773, 21.794278

```

*Kuva 10: Erään järjestelmätestauksen mittaustuloksia.*

Yllä olevasta kuvankaappauksesta selviää erään työpisteelläni suorittamani testauksen tuloksia. Noin kymmenen minuutin mittaisen testin aikana kerätystä datasta voi lukea testin aikana vallinneen lämpötilan, päivämäärän, kellonajan sekä sijainnin.

Testin aikana työpisteen huonelämpötila oli noin 23°C astetta, mutta lämpötila-anturia manipuloitiin todeten sen toimivuus. Gps-paikantimen sijainti ei muuttunut testin aikana.

Yllä näkyvä testi osoittaa järjestelmän toimivan sen vaaditulla tavalla sijaintia lukuun ottamatta. Sijainnin toiminnallisuus todettiin toisessa testissä.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää OY Porin Hanke AB:lle järjestelmä, jonka tarkoituksena on lukea ja tallentaa jakeluajoneuvossa tapahtuvia, työssä mainittuja arvoja. Yrityksellä ei ollut tällaista järjestelmää olemassa ennalta. Opinnäytetyönä kehitetty järjestelmä oli toimiva ja selkeä, ja se täytti sille asetetut tavoitteet.

Työssä käytettyjen toimintatapojen opiskelu sekä kertaaminen oli hyödyksi ja niiden avulla kehitetystä laitteesta saatiin halutun kaltainen.

Tulevaisuudessa järjestelmää voisi jatkokehittää lisäämällä siihen muutamia ominaisuuksia, kuten reaaliaikainen karttasovellus graafiseen käyttöliittymään, tavaratilan ilmankosteuden mittaaminen sekä tallennettujen arvojen noutaminen esimerkiksi mobiilisovelluksen avulla.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen, vaikkakin työ itsessään saattoi aika ajoin jumittaa paikallaan hieman turhankin pitkään. Siitä huolimatta olen tyytyväinen lopputuloksena saavutettuun, toimivaan järjestelmään, jonka kehittämisen yhteydessä opein paljon esimerkiksi ennalta itselleni toimitavoiltaan tuntemattomasta Linux käyttökäyttöjärjestelmästä sekä hieman jo ennalta osaamastani Python ohjelmointikielestä. Aiheeseen liittyviin menetelmiin sekä toimintatapoihin perehtyminen syvensi tietouttani erilaisessa tietokoneympäristössä työskentelystä sekä tietojenkäsittelystä ja ohjelmoinnista.

## LÄHTEET

Oy Porin Hanke Ab:n www-sivut. 2019. Viitattu 20.12.2019. <https://porinhanke.fi/>

tieku.fi, Miten GPS-paikannin tietää sijaintinsa?. Viitattu 5.1.2020.

<https://tieku.fi/teknologia/miten-gps-paikannin-tietaa-sijaintinsa>

researchgate.net, Calculation of distance between GPS-satellite and receiver. Viitattu 6.1.2020. [https://www.researchgate.net/figure/Calculation-of-distance-between-GPS-satellite-and-receiver\\_fig2\\_260267518](https://www.researchgate.net/figure/Calculation-of-distance-between-GPS-satellite-and-receiver_fig2_260267518)

conseptartempire.com, What is 3D Modeling & What's It Used For? Viitattu 29.1.2020.

<https://conceptartempire.com/what-is-3d-modeling/>

3dhubs.com, How does 3D printing work. Viitattu 3.2.2020.

<https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/>

3dhubs.com, Applications of 3D printing. Viitattu 3.2.2020.

<https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/>

arrow.com, How ADCs Work. Viitattu 20.2.2020.

<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/engineering-resource-basics-of-analog-to-digital-converters>

learn.sparkfun.com, What is the ADC? Viitattu 20.2.2020.

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/analog-to-digital-conversion/all>

elprocus.com, Analog to Digital Conversion Process. Viitattu 20.2.2020.

<https://www.elprocus.com/analog-to-digital-adc-converter/>