

Tomi Aalto

## LÄMPÖTILAMITTAUKSET ARDUINOLLA

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2017

## LÄMPÖTILAMITTAUKSET ARDUINOLLA

Aalto, Tomi  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2017  
Ohjaaja: Asmala, Hannu  
Sivumäärä: 21  
Liitteitä: -

Asiasanat: Arduino, mittaaminen, lämpötila

---

*Opinnäytetyön aiheena oli kustannustehokkaat lämpötilamittaukset Arduinolla. Työn suorituksen tarkoituksena oli luoda edukas vaihtoehto kaupallisille mittaus – ja tallennusjärjestelmille. Työssä käsiteltiin lämpötilojen mittauksia, datan tallentamista SQL – tietokantaan ja tiedon esittämistä html – muodossa selaimella.*

*Työn teko on ollut vaikeaa sopivan ajan löytymisen vuoksi. Lopulta työn loppuun saattaminen tuli ajankohtaiseksi, kun useammasta työhakemuksesta tuli lopulta negatiivista palautetta tutkinnon keskeneräisyydestä.*

*Lisäksi työnantajan myötämielisyys itsensä kouluttamista kohtaan on ollut helpottavana tekijänä. Tämä sekä työhakemuksien pohjalta saatu palaute sai lopullisen toiminnan alkamaan ja työ tuli loppuun saatetuksi.*

## TEMPERATURE MEASURING WITH ARDUINO

Aalto, Tomi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical and automation engineering

May 2017

Supervisor: Asmala, Hannu

Number of pages: 21

Appendices: -

Keywords: Arduino, measure, temperature

---

*The purpose of this thesis was to create cost-efficient temperature measurement with Arduino controller board. The other purpose was to find out the way to store the measurement data and show some data in web server.*

*It made this thesis work really difficult because it seems to almost impossible to find the free time. At the end there was no other choice than take free time of everything and start working.*

*It made the work little bit easier because the employer show some green light for time of from work. Other motive was simply too many turn down job applications because uncompleted degree.*

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	LAITTEISTON MÄÄRITTELY .....	6
2.1	Hankinnat .....	7
2.1.1	Alibaba .....	7
2.1.2	Ebay .....	8
2.1.3	Kotimaiset toimittajat .....	8
2.2	Kokonaisuuden sovittaminen paikoilleen .....	9
3	ARDUINO .....	9
4	LAITTEISTON KOKOAMINEN .....	10
4.1	Arduinon kotelo .....	10
4.2	Liittimien asentaminen antureihin .....	11
4.3	Haarottimien valmistaminen .....	12
4.4	Välikaapeleiden tekeminen .....	12
4.5	Antureiden kytkentä .....	13
5	OHJELMISTOARKKITEHTUURI .....	14
5.1	Arduino .....	15
5.2	Linux .....	16
5.3	MySQL .....	16
5.4	html – koodi .....	16
5.5	php – koodi .....	17
5.6	Tietojen esittäminen .....	17
6	LOPPUTULOS .....	19
6.1	Työn kannattavuus .....	19
6.2	Työn haastavuus .....	19
6.3	Omat muistiinpanot asioista .....	20
	LÄHTEET .....	21

## 1 JOHDANTO

Tämä on ainutkertainen tilaisuus vanhemmalle opiskelijalle toteuttaa opinnäytetyö poikkitieteellisellä tavalla, joka mahdollistettiin erittäin hienolla tavalla koulun suunnasta.

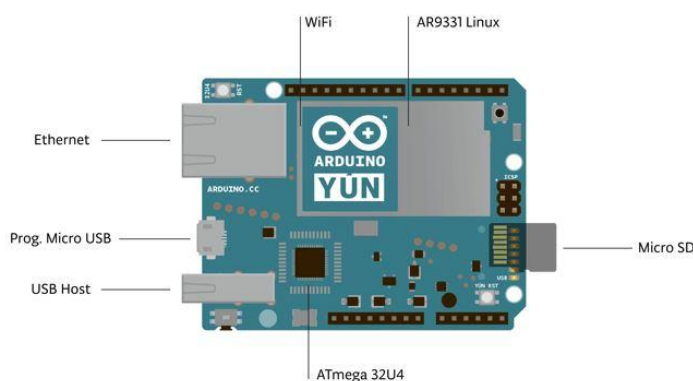
Keskustelimme ohjaavan opettajan kanssa taannoin useaan otteeseen opiskeluistani, jotka etenivät joinkuin, hitaasti mutta varmasti. Onneksi ohjastava henkilö oli hereillä tilanteessa, kun keskustelimme lämpötilojen mittaamisesta, tietojen tallentamisesta ja kerätyn datan käsittelystä. Keskusteluhan alkoi, kun toteamuksena oli kovahko hinta useamman datan tallentamiseen samaan paikkaan, yhteen tallenteeseen. Hän noin puoli huolimattomasti antoi mahdollisuuden ja ohjeisti tarvittavien välineiden hankinnassa. Kuitenkaan mitään liikaa paljastamatta, jotta harmaantuisin tasaisesti.

Pitkällisen prosessin ja useiden taka-askelien jälkeen projekti lähti etenemään. Vauhti ei ole päätä huimannut, mutta edennyt kuitenkin. Tarkoituksena näet oli suunnitella, hankkia tarvittava välineistö ja toteuttaa lämpötilojen käsittely. Käsittely pitää sisällään lämpötilan mittauksen, tiedon tallentamisen tietokantaan ja sen esittämisen nettiselaimessa. Lämpötiloja mitataan useammasta kohdasta lämmitysjärjestelmää hyötysuhteiden, lämmitystehojen ja häviöiden laskemista varten useasta kohdasta järjestelmää. Mittauksia suoritetaan muun muassa lämmönvaihtimen jokaisesta haarasta.

Jäljempänä kaikki selviää, mikäli maltatte vain tutustua aineistoon ja lukea.

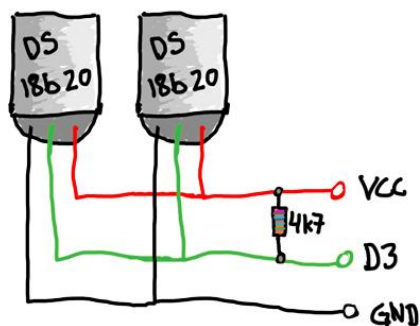
## 2 LAITTEISTON MÄÄRITTELY

Sovelluspohjaksi harkinnan jälkeen selvisi Arduino Yun, jossa ominaisuudet olivat kohdillaan. Selvimmäksi ”voittajaksi” Yun osoittautui laitteessa vakiona olevan Linux puolen vuoksi. Tällöin tietokannan hallinta helpottuu, kun sovelluspohja ja tietokanta kulkevat fyysisesti käsi kädessä.



Kuva 1. Arduino Yun – sovelluspohja, johon merkitty tärkeimmät kohdat (<https://www.robofun.ro> - 19.5.2017).

Antureiksi valikoitu DS18B20 – malli, jotka ovat väylään kytkettävää mallia. Koska jokaisella anturilla on oma ”henkilökohtainen” tunniste, jolla anturi identifioidaan ohjelmaan, voidaan kaikki anturit kytkeä samaan kaapeliin. Kaapeliin piisaa 3 johdinta, joita pitkin saadaan siirtymään jännite antureille, miinus antureille sekä data-tieto takaisin päin jokaiselta anturilta. Lisäksi kohtuullista johtimen poikkipinta-alaa käyttäen ei kaapelin pituus aiheuttanut ongelmia näin pienessä kytkennässä. Näin ollen kustannukset antureiden kytkennässä saatiin pidettyä kurissa, kun jokaiselle anturille ei tarvinnut tehdä omaa johtoa alusta lähtien.



Kuva 2. Periaatekuva antureiden kytkennästä (<https://www.mysensors.org> - 19.5.2017).

Väyläkytkentä vaatii 4,7 kohmin vastuksen liittämisen väylän alkuun. Kyseisessä ratkaisussa vastus juotettiin Arduinolta lähteviin johtimiin ja juotokset eristettiin kuitistemuovilla.

## 2.1 Hankinnat

Koska allekirjoittanut ei ole koskaan ikinä milloinkaan ollut hyvissä väleissä tietotekniikan tai netin kanssa, aiheutti ennakkoluulot melkoisia vastoinkäymisiä opinäytetyötä tehdessä.

### 2.1.1 Alibaba

Koetin hankkia määriteltyä laitteistoa oheistarvikkeineen Alibabasta, kuitenkin siinä onnistumatta. Tuotteet olivat helposti ”nähtävissä” ja hintoja oli helppo vertailla, mutta ostaminen oli tehty ensikertalaiselle tietokoneita välttelevälle ihmiselle liian vaikeaksi ilman apua.

### 2.1.2 Ebay

Onneksi erittäin hyvän ystäväni poika osasi antaa vinkin tilata Ebay:stä tarvittavat lämpötilan mittausanturit. Näin projekti potkaistiin käymään, eikä hinta verrattaessa Ali babaan ollut merkittävästi kalliimpi.

Taulukko 1. Ostot Ebaystä yhteensä.

Tuote:	Kappalemäärä:	Yhteensä:
DS18B20 - lämpötila-anturi	20	27,44
Arduino YUN	1	74,82
Black case for Arduino YUN	1	10,77
USB AC Traver charger	1	1,5
3m Micro USB charger cable	1	1,67
Micro SD 8 GB	1	2,6
PT 100 high temp sensor	1	12,69
	Kaikki yhteensä:	131,49 €

Mielestäni tuotteiden hinnat eivät olleet kovin pahat ja toimitukset toimivat todella hyvin. Kaikki tuotteet saapuivat vajaassa viikossa postilaatikkoon.

### 2.1.3 Kotimaiset toimittajat

Kotimaisilta toimittajilta hankittiin projektiin Super Seal - liittimet, tarvittavat kaapelit ja laturi USB – johdolla.

Taulukko 2. Hankinnat kotimaasta.

Ostopaikka:	Tuote:	Hankinta:	Hinta:
Kouluelektroniikka	Super Seal - koirasliitin	20 kpl	14,2
Kouluelektroniikka	Super Seal - naarasliitin	20 kpl	14,2
SKS	Ölflex 3x0,75	100 m	35
Prisma	1m microUSB-johto + laturi	1 kpl	12,9
	Yhteensä:		76,3 €

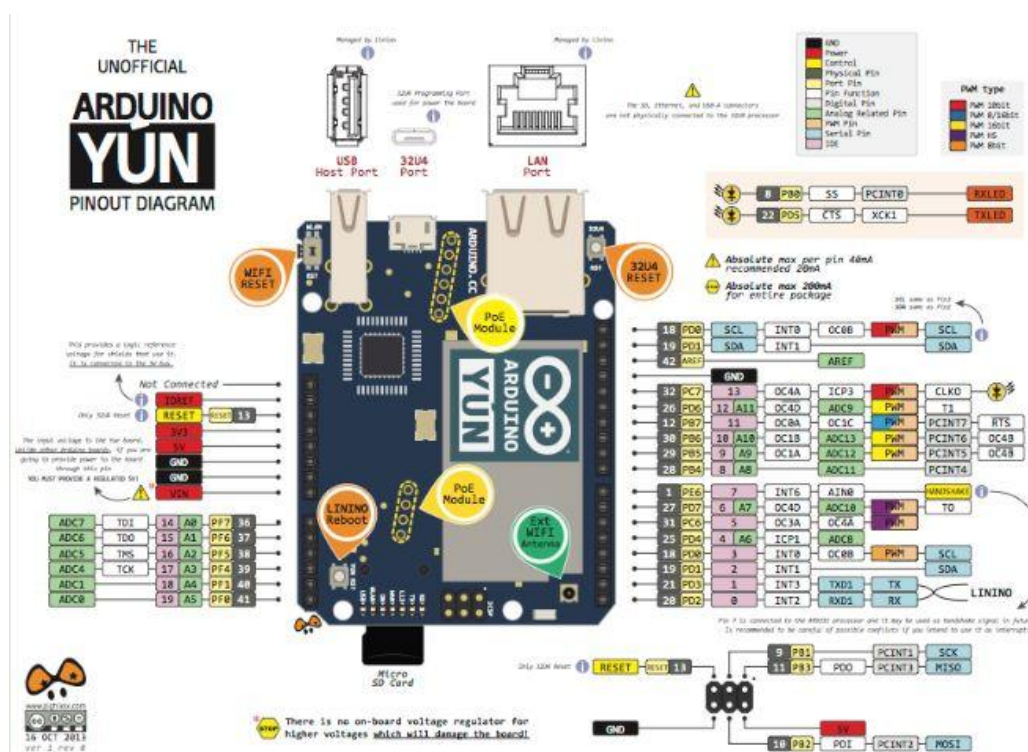


## 2.2 Kokonaisuuden sovittaminen paikoilleen

Koska laitteiston kasaaminen on mahdollista suorittaa poikkitieteellisesti, tehtiin tarvittavien anturikaapelointien asennus harkinnan jälkeen suoraan paikalleen asennettuna. Näin saatiin kaikista välikaapeleista sopivan pituisia, eikä liian löysiä tai liian lyhyiksi tulleita kaapelointeja esiintynyt.

## 3 ARDUINO

Arduino Yún on ATmega32u4 suorittimeen, sekä Linux OpenWRT:hen perustuva itsenäinen kehitysalusta. Piirikortissa on 20 digitaalista sisään / ulostuloa (joista seitsemää voidaan käyttää PWM – ulostuloina ja kahtatoista analogisina sisääntuloina), 16 MHz oskillaattori, ICSP – portti, reset – nappi, microUSB – liitäntä, SD – kortti paikka sekä virtaliitäntä (<https://www.verkkokauppa.com> - 19.5.2017).



Kuva 3. Arduino Yún liitännät (<http://forum.arduino.cc> – 19.5.2017).

## 4 LAITTEISTON KOKOAMINEN

Laitteen suojaksi harkittiin monenlaisia kokonaisuuksia aina todella jämpin kokoisesta alumiinirasiasta reilun kokoiseen muovirasiaan. Lopputuloksena oli kompromissi näiden väliltä.

### 4.1 Arduinon kotelo

Arduino sijoitettiin varta vasten Yun:lle suunniteltuun asennuskoteloon, joka sijoitettiin lopuksi isompaan muovikoteloon. Näin saatiin varmistettua Yunin riittävä suojaus mahdollisesti samaan isoon koteloon tulevilta muilta komponenteilta.

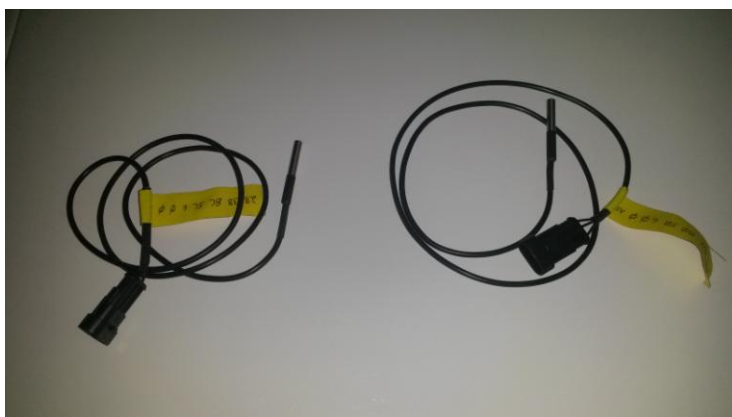


Kuva 4. Arduino koteloiissaan (kuva omasta laitteesta).

Oletuksena on, että myöhemmin samaan koteloon asennetaan USB – ladattava akkupaketti. Tuolloin poistuu mahdollisten sähkökatkosten aiheuttamat häiriöt tallentamisen aikana.

## 4.2 Liittimien asentaminen antureihin

Jokaiseen anturiin asennettiin Super Seal – liittimet, jotta asentaminen olisi helppoa ja mahdollinen vaihtaminen tulevaisuudessa olisi helpompaa. Antureihin myös merkittiin keltaisella teipillä jokaisen yksilöllinen väyläosoite.



Kuva 5. Valmiita antureita liittimiseen (kuva omavalmisteista).

Ainoastaan ulos tulevien antureiden liitännät tiivistettiin lisäksi kutistesukkaa hyväksi käyttäen. Koska Super Seal – liittimessä on silikoniset tiivisteet jokaiselle johtimelle ja liittimien liitospinnassa, oletetaan ylimääräinen kutistemuovi lisäämällä saavutettavan riittävä tiiveystaso, jopa Suomen tasalämpöiseen ulkoilmaan.

### 4.3 Haarottimien valmistaminen

Haarottimet valmistettiin Öllflex – kaapelin pätkistä, jotka kuorittiin, kolvattiin ja eristettiin haaroituksen kohdalta.



Kuva 6. Valmis haaroitin väylään antureita varten (kuva omavalmisteesta).

Kaapelista poistettiin ensin kohtuullinen määrä vaippamateriaalia, jonka jälkeen johtimien ympärille sujautettiin kutistemuoviset eristepätkät. Johtimet juotettiin numerot numeroihin ja kutistemuovi lämmitettiin juotoksen päälle. Tähän päälle kutistettiin vielä vaipaksi isompi kutistemuovi, jotta juotokset kestäisivät paremmin ja tukisivat haarottimet oikeaan suuntaan.

### 4.4 Välikaapeleiden tekeminen

Välikaapelina käytetään ihan tavallista Öllflex – kaapelia, joka on tarkoitettu teollisuuden asennuksiin. Tuon vuoksi oletuksena on, että kaapelin ominaisuudet piisaavat kotiloissa tehtäviin kytkentöihin.

#### 4.5 Antureiden kytkentä

Koska anturit ovat mallia ”väylään kytkettävä”, selvittiin antureiden kytkennässä 3 – johtimisella kaapelilla. Johtimien poikkipinta-ala on  $0,75\text{mm}^2$ , jolla oletetaan päästävän riittäviin kaapelin pituuksiin ilman, että häiriöt osallistuisivat laitteiston toimintaan.

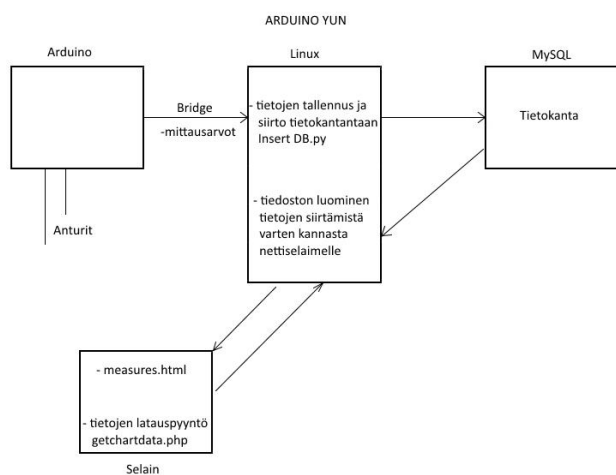
Öllflex – kaapelissa on jokainen johdin musta, mutta numeroitu. Super Seal - liittimissä on myös numerointi, joten samaa numerointia käytettiin hyödyksi.

Ohje antureiden kytkentään löytyi internetistä (mm. <https://www.mysensors.org> - 19.5.2017) ja käytettäessä numeroituja liitin kontakteja sekä numeroituja johtimia oli kytkentä helppo toteuttaa.

## 5 OHJELMISTOARKKITEHTUURI

Mikäli joku nyt on jo innostunut hankkimaan Arduino – sovelluspohjan ja poltteet olisivat kovat päästä ohjelmoimaan, niin kannatta muistaa edetä ohjelmoinnissa rauhallisesti.

Googlettamalla saa netistä hyviä vinkkejä ohjelmointiin, valmiita koodeja ja neuvoja laitteistoihin yleensä. Pienenä huomautuksena sallittaneen seuraava informaatio: Liikaa ei kannata kerralla ”klippakliistrata” koodia netistä. Pienet lisäykset ja puukotukset ovat paljon toimivampi vaihtoehto etenemiseen. Nimimerkillä kokemusta on.



Kuva 7. YUN tietojen käsittelyn periaatekuva (kuva omavalmiste).

Arduino Yun käsittelee antureilta tulleeseen mittausdatan määritellyllä aikasyklillä ja lähettää datan LINUX:n puolelle. LINUX puolestaan hoitaa datan siirtämisen MySQL – tietokantaan. Jokainen tallennettu tietonippu saa aikaleiman. Selaimella oleva kaaviokuva pyytää määritellyin aikavälein uuden datapaketin tietokannalta ja tässä välissä on LINUX taas pakettia kasaamassa.

## 5.1 Arduino

Arduinon ohjelmointi suoritettiin C – koodilla. Ohjelmointi oli haastavaa, kun uuden oppimista oli koko ajan ja virheitä sattui.

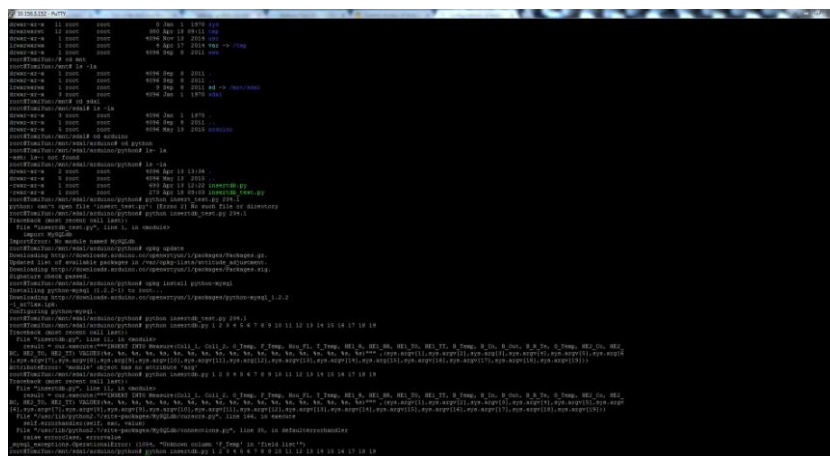
```

23 byte HE2_TO[] = {0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
24 byte HE2_TT[] = {0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
25
26 String coll_1, coll_2, o_temp, f_temp, hou_fl, t_temp, hel_r, hel_br, hel_to, hel_tt, b_temp
27 unsigned long previousMillis = 0;
28 const long interval = 30000; // Tietokantaan talletuksen aikaväli millisekunneina
29 // DS18S20 Temperature chip i/o
30 OneWire ds(10); // on pin 10
31 byte tempSensors; // Lämpötila-antureiden lukumäärä
32 String temp[20]; // Lämpötila-antureiden (max 10) antamat lukemat
33 bool readOnce = false; // Lämpötila-antureiden arvot luettu ainakin kerran
34 int led = 13;
35
36 void setup() {
37   pinMode(led, OUTPUT);
38   Serial.begin(9600); // Inicialamos el puerto Serial
39   Bridge.begin(); // Inicialamos todos los procesos de Bridge

```

Kuva 8. Kirjoitettua koodia Arduinoon (kuva omasta koodista).

Kommentointi koodissa olisi hyvä olla kohdillaan, koska mahdollisessa muokkaus tilanteessa, anturitietoja vaihdettaessa tai muuta ongelmaa selvitettäessä olisi toimiminen huomattavasti helpompaa. Näin toimittuna koko koodia ei tarvitsisi niin tarkkaan muistaa ulkoa tai kerrata sen toimintaa joka kerta.



Kuva 9. Arduino tietojen siirron koeajoa (kuva omasta koodista).

Tiedon siirrossa kantaan oli pieniä ongelmia, jotka ratkesivat useamman yrityksen jälkeen onnellisesti.

Name	Ext	Size	Changed	Rights	Owner
..			13.5.2015	rwxf-xr-x	root
TempDatabase_4			19.4.2017 10:56	rwxf-xr-x	root
Data.xml		453 B	21.4.2017 13:30	rwxf-xr-x	root
getchartdata.php		664 B	21.4.2017 13:27	rwxf-xr-x	root
info.php		19 B	21.4.2017 9:45	rwxf-xr-x	root
Main.svg		98 461 B	19.4.2017 14:57	rwxf-xr-x	root
measures.html		6 100 B	19.4.2017 16:01	rwxf-xr-x	root
php_html_code.html		1 226 B	21.4.2017 13:30	rwxf-xr-x	root

Kuva 10. Tiedostoja Arduinossa (kuva omasta koodista).

## 5.2 Linux

Linuxin sijaitessa Arduinossa mukana, on tietojen siirtäminen helpompaa. Linux huolehtii tietojen siirtämisen Arduinon ja MySQL:n välillä.

## 5.3 MySQL

SQL:ään luotiin taulu, johon tehtiin riittävä määrä sarakkeita jokaista anturia varten. Sarakkeiden järjestyksellä ei ole tässä kohdassa väliä, koska tieto siirretään kantaan absoluuttisia osoitteita käyttäen. Työssä tosin siirrettävä data ja SQL:n sarakkeet ovat samassa järjestyksessä. Tuo määrittely on hoidettu jo Arduinon C – koodin alustuksessa.

Tietojen käsittely helpottui, kun luotiin vain yksi taulu ja käytettiin vain yhtä aikaleimaa, jolla tiedot kulloinkin siirrettiin tietokantaan. Kyseessä on ”tietoinen riski”, koska käytössä on 8GB – muistikortti, eikä kerralla siirrettävä tietopaketti ole kuin muutaman byten kokoinen. Näin ollen siirtoja mahtuu melkoisesti kortille, ennen kuin se tulee täyteen.

## 5.4 html – koodi

html – koodilla siirretään tietoa MySQL:n ja nettiselaimen välillä. Ensin virkistystaajuudeksi suunniteltiin kahden sekunnin väliä. Ajatuksesta kuitenkin luovuttiin ja vir-



kistystaajuutta laskettiin, koska data siirtyy Arduinosta kantaan 30 sekunnin välein. Lopulliseksi virkistystaajuudeksi jätettiin 15 sekuntia.

### 5.5 php – koodi

php – koodi huolehtii historianäkymään tulevan datapaketin siirtämisestä tietyllä aikasyklillä. Tässä paketissa siirtyy koko MySQL – tietopaketti kaksiviikkoa taaksepäin. Koska siirrettävät tiedostot ovat kooltaan kohtuullisen pieniä, vain muutama sata tavua, ei tiedon siirtoa varten suunniteltu pyörää uudelleen.

### 5.6 Tietojen esittäminen

Arduinosta tieto siirtyy kantaan 30 sekunnin välein. Ajatuksena, että tämä näytteenottoväli on riittävän tiheä, koska kyseessä ei ole kuitenkaan avaruustekniikka eikä ydinvoimalaitoksen ohjaaminen.



Kuva 11. Selaimen tuleva kuva jaettavista tiedoista (kuva omasta nettisivusta).

Selaimessa näkyvä kuva luotiin InkScape – ohjelmalla, joka on ilmainen vektorigrafiikka ohjelmisto. InkScapella luotu kuva pysyy mittakaavassaan selaimella avattaessa, sijaitsepa selain sitten puhelimessa, tabletilla tai tietokoneella.

Kattilasta, varaajasta ja keräimistä saa historianäytön esiin. Historiatieto esitetään graafisena trendinäytönä, jolloin laitteiston toimintaa on helppo seurata ja mahdollisista toimintahäiriöistä jää helpommin määriteltävä ajanjakso.

Lattiaan menevästä lämmityskierrosta ja ulkolämpötilasta ei ole saatavilla historiatietoa graafisena näyttönä. Mikäli edellä mainittuja tietoja haluaa jotenkin tarkastella, pitää ne kaivaa MySQL:stä.

## 6 LOPPUTULOS

Työn lopputulos saavutettiin vastoinkäymisistä huolimatta ja laitteisto on todettu toimivaksi. Lopputulos oli vastoin omia ajatuksia erittäin hyvä ja toimiva.

### 6.1 Työn kannattavuus

Työn kannattavuus on erinomainen, vaikka omalle työllekin laskisi jotain arvoa. Siis oppimisen lisäksi. Mikäli kyseinen määrä lämpötiloja olisi tallennettu jollain kaupallisella järjestelmällä, olisi todennäköisesti jouduttu tuollaisesta määrästä mittausdataa pulittamaan useampi tuhat euroa.

Helppo vertauskohta, joka on kaikkien todettavissa. Hankkii Finparttiasta Hobo - dataloggerin, anturit ja siihen käyttösoftan, niin pääsee alkuun.

Taulukko 3. Kustannukset Finnparttia.

Tuote:	Kappalemäärä:	Yhteensä
Hobo-ohjelmisto	1	60,76
Hobo 4:lle anturille	1	142,6
Lämpötila-ant. 0,3m johd.	1	43,4
Lämpötila-ant. 1,8m johd.	1	47,12
	Yhteensä:	293,88 €

Tosin taulukossa esitetyllä kokoonpanolla ei päästä vielä kuin neljään mittaukseen, mutta sopivassa kohteessa varmasti ihan toimiva kokoonpano.

### 6.2 Työn haastavuus

Työ oli äärimmäisen haastava ja toteutettu lopulta erittäin vaativalla aikataululla. Lopultahan aikaa oli vain kahdeksan arkipäivää. Kirjallisen osion tekemiseenkään ei aikaa ollut kuin hieman runsas kuukausi. Tuo määrähän kuulostaa todella paljolta, mutta poistetaanpa siitä normaali työssäolo aika ja edes jonkin mittaiset yöunet, ei aikaa enää olekaan kovinkaan paljoa.

Laitteiston kokoaminen, antureiden ja johtojen tekeminen oli työssä kaikkein helpoin ja nopein osio. C – koodin luominen, tietokannan tekeminen ja datan siirtäminen osoittautuivat allekirjoittaneelle todella haastavaksi, koska aikaisempi kokemus vastaavanlaisista toimenpiteistä puutui kokonaan. Onneksi ohjaava opettaja oli tilanteesta hyvin selvillä ja malttoi rauhallisesti ja asiantuntevasti opastaa työssä eteenpäin. Sitä en tiedä, kumpi meistä loppujen lopuksi harmaantui työn aikana enemmän.

### 6.3 Omat muistiinpanot asioista

Mikäli joku muu nyt kokee ahaa – elämyksen ja haluaa tehdä itselleen vastaavanlaisen lämpötilojen tallennusjärjestelmän, niin kannattaa tehdä työstä koko ajan ns. päiväkirjaa.

”Päiväkirjaan” merkitään ylös kaikki isommat toimenpiteet, mitä työn edistymisen aikana on tehty. Lisäksi kannattaa tehdä erikseen kunnollinen ohje tai muistiinpano, miten järjestelmään vaihdetaan tai lisätään mittaus, anturi ja datan siirto tietokantaan.

## LÄHTEET

Robofun www-sivut. Viitattu 19.5.2017, kuva 1  
[https://www.robofun.ro/arduino/arduino\\_yun](https://www.robofun.ro/arduino/arduino_yun)

Mysensors www-sivut. Viitattu 19.5.2017, kuva 2  
<https://www.mysensors.org/build/temp>

Verkkokaupan www-sivut. Viitattu 19.5.2017, otsikko 3 ARDUINO  
<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/41540/dqqbd/Arduino-Y-n-kehitysalusta>

Arduino – forumin www – sivut. Viitattu 19.5.2017, kuva 3  
<http://forum.arduino.cc/index.php?topic=189755.0>

Mysensors www – sivut. Viitattu 19.5.2017, otsikko 4.5 Antureiden kytkentä  
<https://www.mysensors.org/build/temp>