

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Sademäärien etämittaussuunnitelman toteutus suunnittelu

Nikula Mika

Tietotekniikan opinnäytetyö
Ohjelmistotekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Haluan kiittää Tapani Ruokasta opinnäytetyön sisällönohjauksesta ja laitteistoon liittyvästä teknisestä asiantuntija-avusta.

TIIVISTELMÄ

| | |
|--|--|
| Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala | |
| Koulutusohjelma | Tietotekniikka |
| Opinnäytetyön tekijä | Mika Nikula |
| Opinnäytetyön nimi | Sademäärien etämittausjärjestelmän toteutussuunnittelu |
| Työn laji | Opinnäytetyö |
| päiväys | 19.3.2012 |
| sivumäärä | 37 + 7 liitesivua |
| Opinnäytetyön ohjaaja | DI Tapani Ruokanen, yliopettaja |

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä toteutussuunnitelma sademäärien etämittausjärjestelmästä. Tavoitteena oli tehdä esiselvitys tarvittavista laitteista ja palveluista sekä siitä, minkälaisia valmiita järjestelmiä ja laitteita on saatavilla, sekä tehdä suunnitelma järjestelmän toiminnasta valittujen laitteiden avulla ja niiden kytkemisestä järjestelmään. Laitteiston lisäksi työhön kuului tehdä järjestelmän ohjelmallisesta toiminnasta tarkka kuvaus, jonka perusteella tulisi pystyä ohjelmoimaan järjestelmään toimiva ohjelmisto. Työssä ei ollut tarkoitus tehdä valmista ohjelmistoa.

Työssä on vertailtu laitteiden ja palveluiden ominaisuuksia ja hintoja sekä tehty laitteistovalinnat perusteluineen. Ohjelmistosuunnitelmassa on yritetty löytää paras ja järkevin vaihtoehto, jota voidaan käyttää ohjelmointia suorittaessa.

Työn tuloksena saatiin järjestelmän toteutussuunnitelma laitteiston toimintaperiaatteen, kytkennän, ohjelmiston, testauksen ja ylläpidon osalta. Lisäksi työssä on esitetty arvio järjestelmän toteutuksen kustannuksista ja erilaisia mahdollisuuksia kehittää järjestelmää jatkossa monipuolisemmaksi.

Asiasanat: sulautetut järjestelmät, tuotekehitys, sademäärä, GPRS.

ABSTRACT

| | |
|--|--|
| Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology | |
| Degree Programme | Information Technology |
| Name | Mika Nikula |
| Title | Designing Rainfall Remote Measurement System |
| Type of Study | Bachelor's Thesis |
| Date | 19 March 2012 |
| Pages | 37 + 7 appendixes |
| Instructor | Tapani Ruokanen, M.Sc. (Tech.) |

The subject of this study was to design a rainfall remote measurement system. The goal was to do feasibility study of available devices and weather stations, a description of the system functionality, test plan, maintenance and design a implementation plan which makes it possible to carry out the programming work.

This study compares a features and prices of devices and services and expounds the reasons of selection. In software design have been carried out the best and most practical solution which can be used in the programming work.

The thesis resulted in the implementation plan for the rainfall remote measurement system including functionality, equipment connections, software, testing and maintenance. Furthermore, is a cost estimate presented of carrying out the system and different possibilities of further development.

Keywords: embedded systems, product development, rainfall, GPRS.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|-----|
| ALKUSANAT | I |
| TIIVISTELMÄ | II |
| ABSTRACT | III |
| SISÄLLYSLUETTELO | IV |
| KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET | V |
| 1. JOHDANTO | 1 |
| 2. ESISELVITYS | 2 |
| 2.2. Taustaa | 2 |
| 2.2. Valmiit mittauslaitteistot | 2 |
| 2.3. Sademääräanturit | 3 |
| 2.4. Virtalähteet | 4 |
| 2.5. Operaattorit ja liittymät | 5 |
| 2.6. Palvelimet ja tietokannat | 5 |
| 2.7. Laitteiston asennus | 7 |
| 3. KÄYTETTÄVÄT LAITTEET JA TYÖKALUT | 8 |
| 3.1. Olimex AVR-GSM | 8 |
| 3.2. Sademääräanturi | 9 |
| 3.3. Virtalähde | 11 |
| 3.4. Palvelin | 11 |
| 3.5. Ohjelmistot | 12 |
| 3.6. Muut tarvikkeet | 12 |
| 4. JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS | 14 |
| 4.1. Virtalähteen kytkentä | 14 |
| 4.2. Sademääräanturin kytkentä | 15 |
| 4.3. Kehitysalustan ohjelmointi | 16 |
| 4.3.1. USART | 17 |
| 4.3.2. Sadeanturilta haettava tieto ja sen käsittely | 19 |
| 4.3.3. Kellon toiminta | 20 |
| 4.3.4. Virtaa säästävä tila | 21 |
| 4.4. Tietojen lähetys GSM-moduulilla | 22 |
| 4.5. Tietokannan toteutus | 23 |
| 4.6. Käyttöliittymän toteutus | 24 |
| 5. JÄRJESTELMÄN TESTAUS | 25 |
| 5.1. Laitteiston testaus | 25 |
| 5.1.1. Sadeanturin testaus | 25 |
| 5.1.2. Kehitysalustan ja GSM-moduulin testaus | 26 |
| 5.2. Ohjelmiston testaus | 26 |
| 5.3. Tietokannan ja käyttöliittymän testaus | 29 |
| 6. JÄRJESTELMÄN YLLÄPITO | 31 |
| 7. KUSTANNUKSET | 32 |
| 8. JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET | 33 |
| 9. YHTEENVETO | 34 |
| 10. LÄHDELUETTELO | 35 |
| 11. LIITELUETTELO | 37 |

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

| | |
|--------|---|
| WWW | World Wide Web, Internet-verkossa toimiva hypertekstiedon välityspalvelu |
| GSM | Global System for Mobile Communications, maailmanlaajuisesti käytössä oleva matkapuhelinjärjestelmä |
| SIM | Subscriber Identity Module, älykortti, jota käytetään yksilöllisen IMSI-avaimen tallentamiseen |
| PIN | Personal identification number, SIM-kortin avaukseen käytettävä salasana |
| FTP | File Transfer Protocol, tiedostonsiirto-protokolla |
| GPRS | General Packet Radio Service, tiedonsiirto-protokolla, jota käytetään pääasiassa langattoman Internet-yhteyden muodostamiseen |
| TCP | Transmission Control Protocol, tietoliikenne-protokolla |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol / Internet Protocol, tietoverkkoprotokollien yhdistelmä |
| IP | Internet Protocol, Internet-kerroksen tiedonsiirto-protokolla |
| AT | Komentokieli, jolla ohjataan modeemin toimintaa |
| USART | Universal Asynchronous Receiver Transmitter, sarjaliikennepiiri |
| USB | Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri |
| APN | Access Point Name, liityntäpisteen nimi GPRS yhteydelle |
| DNS | Domain Name System, Internetin nimipalvelujärjestelmä |
| PDP | Packet Data Protocol, pakettimuotoisen datan protokolla |

1. JOHDANTO

Turvetuotantoalueilla urakoivien kokonaisurakoitsijoiden on ylläpidettävä seurantakirjaa tuotantokauden tapahtumista. Kirjattaviin asioihin kuuluu mm. sademäärien merkitseminen seurantakirjaan. Sateisella säällä tai sateen loppuessa sademäärä käydään tarkistamassa sademittarista joka samalla tyhjennetään. Turvetuotantoalueella ei yleensä työskennellä sadepäivinä, silloin tehdään huoltotöitä tai vastaavia. Urakoitsija saattaa asua yli sadan kilometrin päässä, jolloin rankkoina sadekausina sademittarin päivittäisestä tyhjennyksestä aiheutuu suuria kustannuksia, kun matkaa voi kertyä yli 200 kilometriä päivässä.

Opinnäytetyössä laaditaan toteutussuunnitelma sademäärien etämittausjärjestelmästä, joka mittaa sademäärät ja lähettää tiedot mittauspisteestä tietokantapalvelimelle tallennettavaksi ja luettavaksi WWW-selaimella. Työssä selvitetään järjestelmässä tarvittava laitteisto sekä järjestelmän tarkka toiminta, jonka perusteella voidaan ohjelmoida valmis sovellus käytettävään laitteistoon.

Työssä tehtiin esiselvitys, jonka tarkoitus oli kartoittaa valmiina olevat laitteistot, komponentit, tarvikkeet ja saatavilla olevat palvelut, joita järjestelmässä tullaan tarvitsemaan. Esiselvityksen perusteella valittiin laitteisto, johon suunniteltiin järjestelmän toiminta ja tiedot ohjelmointityötä varten. Järjestelmän testausta varten tehtiin myös suunnitelma siitä, mitä testataan ja miten testaus tapahtuu. Lopuksi esitetään työstä aiheutuvat kustannukset ja kerrotaan, miten järjestelmää voidaan jatkossa kehittää.

2. ESISELVITYS

Esiselvityksessä kartoitettiin sademäärien etämittaukseen soveltuvat valmiit laitteistot sekä erilaisia anturivaihtoehtoja järjestelmän toteutukseen. Selvitys sisältää myös vaihtoehtoisia palvelimia, joihin tietoa voidaan tallentaa ja joista se voidaan lukea. Ohjelmointityön helpottamiseksi etsittiin valmiita vapaasti käytettävää ohjelmakoodia, jotta laitteiston prototyyppiä voitaisiin testata. Lisäksi selvitettiin, mitä vaihtoehtoja on operaattoreiden liittymien osalta, jotta saataisiin paras mahdollinen liittymä tiedonsiirtoon. Esiselvitystä tehtiin hakemalla valmiita laitteistoja Internet-sivuilta ja sadeantureita anturivalmistajien sivuilta. Hintatiedot laitteille saatiin joko valmistajien ja jälleenmyyjien Internet-sivuilta tai lähettämällä tarjouspyyntö.

2.1. Taustaa

Turvetuotantoalueille yleensä yhteistä on niiden syrjäinen sijainti. Sijainnin vuoksi paikalle ei ole yleensä rakennettu sähköverkkoa tai tuotantoalueiden sähkötuotanto on omien aggregaattien varassa.

Suomessa on jokseenkin kattava GSM-verkko, jota voidaan hyödyntää suunnittelutyössä. Järjestelmässä voidaan käyttää GSM-moduulilla varustettua laitteistoa, joka hyödyntää GSM-verkkoa tiedon siirrossa mittauspisteestä matkapuhelimeen tai palvelimelle. Vastaavanlaisia tuotteita on markkinoilla vähän. Seuraavassa osassa on esitelty valmiita laitteistoja säätietojen etämittaukseen.

2.2. Valmiit mittauslaitteistot

Valmiita laitteita löydettiin kolmelta valmistajalta. Valmistajia ovat Vaisala, Spectrum ja Boreas, joista Spectrumilla on useampi tuote. Vaisalan sääasema on tarkoitettu lähinnä

tieliikenteen mittauspisteisiin. Vain Boreasin sääasemassa on GSM-moduuli vakiona ja muissa se on optiona eli se ei kuulu vakiovarusteena mittausjärjestelmään. Kaikissa sääasemissa on useita eri ominaisuuksia, kuten tuulen nopeus, lämpötila, sademäärä ja ilmankosteus. Lisäksi valmiisiin tuotteisiin on saatavana tietokoneohjelmisto, jolla voidaan esimerkiksi tarkastella tietoja, asettaa hälytysrajoja ja lisätä tietoja Internetiin. Sääasemien hinnat ovat aika korkeita, eikä niitä voida suoraan verrata suunniteltavaan sademäärien mittausjärjestelmään johtuen anturien suuremmasta määrästä ja monipuolisemmasta toiminnasta. Taulukossa 1 on esitelty markkinoilta löytyviä sääasemia./7/, /14/, /17/

Taulukko 1. Sääasemat ja niiden ominaisuuksia, v = vakiovaruste

| Ominaisuudet | WatchDog 2900ET | WatchDog 2700 | PicoMet microstation | Vaisala Rosa |
|------------------|--------------------|------------------|-------------------------|--------------|
| Ilman lämpötila | v | v | v | v |
| Sademäärä | v | v | v | v |
| Ilmankosteus | v | v | v | v |
| Kastepiste | v | v | | |
| Tuulen nopeus | v | v | | v |
| Tuulen suunta | v | v | | v |
| Hälytinvalmius | v | v | | |
| GPRS-lähetin | optio | optio | v | optio |
| Lehden märkyys | optio | optio | v | |
| Auringon säteily | v | optio | v | |
| Hinta € | 1755,00 | ei tiedossa | 1500,00 | ei tiedossa |

2.3. Sademääräanturit

Sademäärää voidaan mitata punnitsemalla, koholla, kiikulla, paineen avulla, optisesti, kapasitanssin avulla tai pinnan kosteuteen perustuvilla mittareilla. Tässä työssä on järkevintä käyttää kiikkuastialla toimivaa sademittaria, koska sen toiminta on hyvin yksinkertainen, hinta alhainen ja sitä on suhteellisen helposti saatavilla. Sademääräantureita löytyi muutamia usealta eri valmistajalta. Vertailussa oli erillisinä

saatavilla olevat sademääräanturit, joita ei ole kytketty valmiisiin sääasemiin. Taulukossa 2. on esitelty etämittaustajärjestelmään sopivia antureita, joista joidenkin liittäminen suoraan järjestelmään vaatisi erillisen sovittimen./9/

Taulukko 2. Vaihtoehtoiset sademääräanturit./1/, /5/, /8/, /10/, /11/, /18/

| Sademääräanturi | Valmistaja | Hinta € |
|-------------------------|-----------------------------------|----------------|
| WS-RC2 | Suunnittelutoimisto Reino Rehn | 278,00 |
| Ahlborn FRA916 | Ahlborn | 1028,00 |
| Theodor Friedrichs & Co | Theodor Friedrichs & Co | 926,00 |
| Davis rain collector 2 | Davis Instruments | 75,00US |
| Oregon PCR800 | Oregon Scientific | 29,00 |
| LaCrosse WS2300-16 | LaCrosse Technology | 25,00 |
| LaCrosse TX26IT | LaCrosse Technology | 19,00 |

2.4. Virtalähteet

Koska mittauspisteessä ei ole käytettävissä sähköverkkoa, täytyy järjestelmässä olla ulkoinen virtalähde. Virtalähteenä voidaan käyttää mitä tahansa 12 voltin jännitteen ja 2 ampeerin virtaa tuottavaa akkua tai vastaavaa. Paras vaihtoehto on hankkia normaali vapaa-ajan akku, koska sen virranantokyky on tarpeeksi pitkä, eikä sitä tarvitse ladata kovin tiheään. Lopullinen valinta akusta ja sen koosta tehdään sitten, kun järjestelmä on saatu testattua ja laitteiston lopullinen virrankulutus on tiedossa. Testaustyössä kotiolosuhteissa voidaan käyttää normaalia verkkovirralla toimivaa teholähdettä, joka muuntaa jännitteen 12 voltiksi tasajännitettä.

2.5. Operaattorit ja liittymät

Järjestelmässä tarvitaan pakettimuotoisen datan lähetyksen mahdollistava liittymä. Kuten tiedetään, tarjolla on useita eri operaattorivaihtoehtoja. Valinta tehdään kuitenkin kolmen eri operaattorin väliltä, koska tiedetään, että niiden toimintavarmuus ja kuuluvuus mittauspisteessä on paras. Valitaan joko Saunalahti, Sonera tai DNA. Kyselytutkimuksen ja kokemuksen perusteella paras kuuluvuus saavutetaan DNA-liittymällä. Hinnat eri operaattoreilla ovat kutakuinkin samat, joten niiden perusteella ei valintaa suoriteta. Ainoa valintaperuste on kuuluvuus, koska mittauspiste sijaitsee alueella, jossa on huono kuuluvuus. Valinta suoritettiin jo tässä vaiheessa ja hankittiin DNA-liittymä, johon sisältyi 2GB:n tiedonsiirtoraja kuukaudessa kiinteään hintaan.

2.6. Palvelimet ja tietokannat

Tietokannan tulee sijaita sellaisella palvelimella, joka on käytössä kaikkina aikoina, joten oman tietokantapalvelimen pyörittäminen ei ole järkevää, vaan se tulisi sijoittaa johonkin valmiille web-hotellin palvelimelle. Mikäli tarvittavia ominaisuuksia vertailussa olleilta palveluntarjoajilta ei löydy, niin silloin oman tietokantapalvelimen pystyttäminen tulee kysymykseen. Valinnassa tulee myös ottaa huomioon käyttöliittymän ohjelmointiin liittyvät asiat. Palvelun täytyy olla myös sellainen, johon voi tarvittaessa ohjelmoida oman web-sovelluksen. Vertailtaessa eri web-hotelleja käytettiin <http://www.webhotellivertailu2.fi/> sivustoa, josta löytyvät kaikkien suosituimpien web-hotellien vertailut ja linkit palveluntarjoajien sivuille. Taulukossa 3 esitetään vertailussa olleiden palvelimien tärkeimmät tarvittavat ominaisuudet ja taulukossa 4 tuetut ohjelmointikielet./6/

Taulukko 3. Palveluiden ominaisuuksia

| Palvelun tarjoaja / hotelli | Levytila | Tietokannat |
|-----------------------------|----------|--------------|
| Shellit / Hopea | 1Gt | 2 |
| Pilvihotelli | 1Gt | 1 |
| Webpalvelu / Direct Small | 400Mt | 2 |
| Webholder / Basic | 1Gt | 1 |
| OVH-hosting / Personal | 25Gt | 1 |
| Avaruus.net / 3-avaruus | 200Mt | 1 |
| Int2000 / Ultimate Light | 10Gt | Rajattomasti |

Taulukko 4. Palveluiden tuki eri ohjelmointikielille

| Palvelun tarjoaja / hotelli | PHP | C | Perl | Python |
|-----------------------------|-----|---|------|--------|
| Shellit / Hopea | x | | | |
| Pilvihotelli | x | | | |
| Webpalvelu / Direct Small | x | | x | x |
| Webholder / Basic | x | x | x | x |
| OVH-hosting / Personal | x | x | x | x |
| Avaruus.net / 3-avaruus | x | | x | |
| Int2000 / Ultimate Light | x | | x | |

Palveluiden hinnoissa on pieniä eroja, mutta kaikki palvelut liikkuvat hinnaltaan 20-50 euron välillä. Suureen tietoliikenteen salaukseen ei ole tarvetta, koska tieto, jota käsitellään, ei ole kriittistä. Sen vuoksi ei pidetä tärkeänä valintaperusteena, minkälaiset salaustekniikat palvelimella on käytössä. Tärkeimpinä valintaperusteina voidaan pitää seuraavia asioita:

- hinta
- tietokantaominaisuudet
- tarvittavien ohjelmointikielten tuki.

Yleisin ohjelmointikieli web-käyttöliittymän ohjelmoinnissa on PHP ja muut yleisimmät ovat Perl sekä Python. Järkevintä onkin valita palvelu, jossa on tuki PHP-ohjelmointikielille sekä MySQL-tietokannan hallinta PhpMyAdmin-sovelluksella sekä

ulkoisten yhteyksien mahdollisuus MySQL-tietokantaan. Joissakin palveluissa PhpMyAdmin täytyy asentaa omalle koneelle, jonka kautta tietokantaa hallitaan ja joissakin se on integroitu itse palvelunhallintasivuille. PHP-ohjelmointikielellä voidaan luoda tietokantahaut sekä tulostaa tietokannan sisältöä WWW-sivulle. Mikäli halutaan WWW-sivuille erillisiä toimintoja, voidaan ne ohjelmoida JavaScriptillä ja JQueryllä. Näiden ohjelmointikielten valintaa voidaan perustella myös sillä, että Internetistä on saatavilla erittäin runsaasti vapaasti käytettävää valmista koodia sekä oppaita kyseisistä kielistä.

Ylläpitoon ei ole valmista ohjelmistoa, vaan ylläpito täytyy suorittaa perinteisin menetelmin. Mahdollisten WWW-sivujen päivittäminen voi tapahtua FTP-tiedostonsiirrolla, jonka kautta myös voidaan siirtää käyttöliittymän ohjelmatiedostot tai palvelun hallintasivuilla. Tietokannan hallintaan voidaan käyttää phpMyAdmin-ohjelmistoa tai palveluntarjoajan hallintapaneelia.

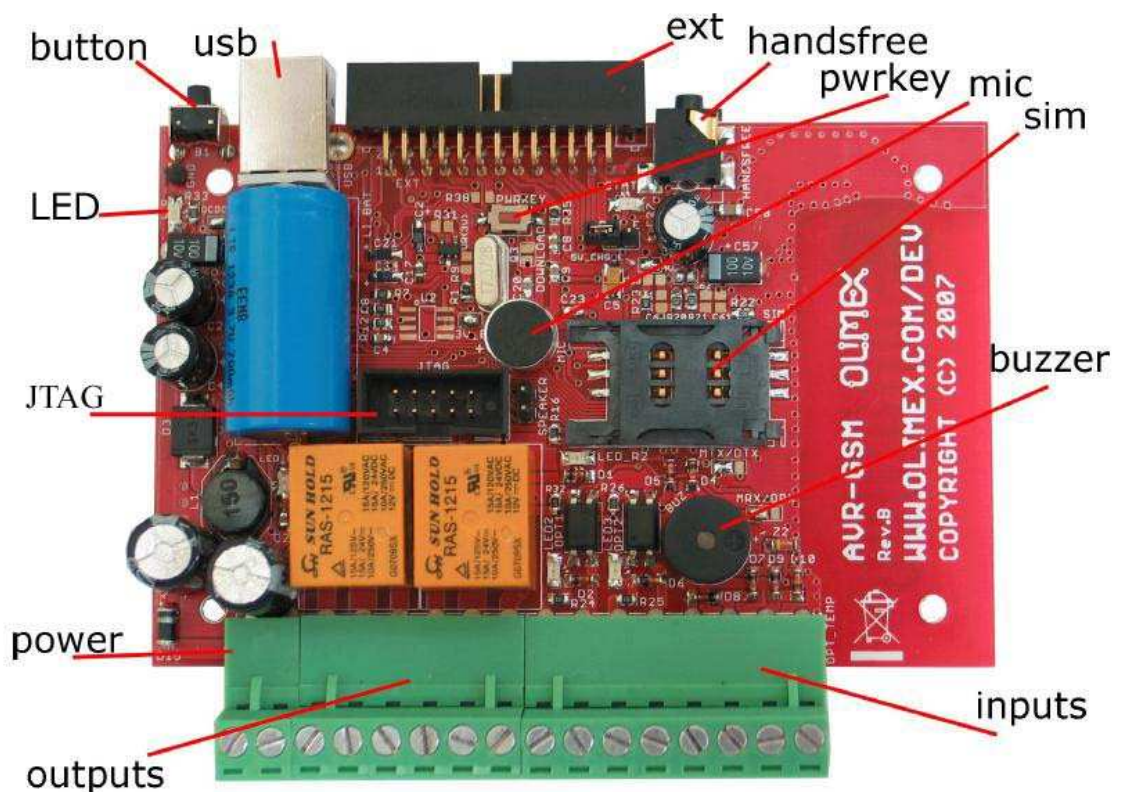
2.7. Laitteiston asennus

Laitteiston asennus tuotantoalueella tuo projektille omat haasteensa. Huomioon on otettava laitteen sijainti, koska sen täytyy olla alueella, jossa GSM-signaali on tarpeeksi voimakas, että tiedon lähetys voi tapahtua häiriöttä. Laitteen täytyy sijaita kuitenkin kohtuullisen matkan päässä tuotantoalueen tukikohdasta, että se voidaan käydä sammuttamassa ja käynnistämässä, ja sille voidaan käydä tekemässä huoltotoimenpiteitä. Yhtenä arvioitavana asiana on myös kuiva kaappi tai vastaava, johon laite ja virtalähde asennetaan, jotta kosteus ei rikkoisi niitä. Asennuspaikasta ja tavasta voidaan päättää projektin loppuvaiheessa, kun laitetta testataan oikeassa ympäristössä.

3. KÄYTETTÄVÄT LAITTEET JA TYÖKALUT

Toteutussuunnitelman keskeinen osa-alue on laitteiston, apuvälineistön ja suunnittelutyökalujen valinta. Valinnat tehtiin siten, että huomioon otettiin laitteiston käytön, asennuksen ja ohjelmoinnin helppous. Lisäksi huomionarvoinen asia oli mahdollisuus jatkokehittää laitteistoa pienellä vaivalla. Seuraavassa on esitetty valinnat tärkeimpine ominaisuuksineen ja valintaperusteineen.

3.1. Olimex AVR-GSM



Kuva 1. Olimex AVR-GSM-kehitysalusta /3/.

Ohjelmoitavaksi alustaksi valittiin Olimexin AVR-GSM-kehitysalusta (kuvassa 1).

Laitteiston valintaperusteet ovat seuraavat:

- ohjelmoitavuus C-ohjelmointikielellä

- valmiiksi integroitu GSM-moduuli
- edullinen hinta.

Lisäksi valintaperusteena on ohjelmointikokemus vastaavista laitteista. Kehitysalusta sisältää ATmega32-mikrokontrollerin ja ohjelmointitapa muistuttaa ATmega128-mikrokontrolleria, jonka ohjelmoinnista on kokemusta.

Kehitysalustassa on valmiiksi asennettuna paristo ja erillinen liitäntä ulkoiselle virtalähteelle, johon liitettävän akun jännite on oltava 12V DC. Kehitysalustaa voidaan käyttää joko pelkällä ulkoisella virtalähteellä tai yhdessä ulkoisen lähteen ja sisäisen pariston kanssa. Tarkempi selvitys laitteiston kytkentään esitetään kappaleessa 4.1./4, s.9/

AVR-GSM-kehitysalustassa on kaksi digitaalista optoerotinta, joiden tulotaso on välillä 5-12V DC. Optoerottimien tuloja voidaan käyttää ohjelmakoodissa. Tulona on myös I2C-liitäntä SCL ja SDA, joihin voidaan kytkeä esimerkiksi ulkoisia lämpötila-antureita tai muita laitteita, jotka sopivat I2C-liitäntään. Muuntimia käyttämällä I2C-liitäntään voidaan kytkeä myös muunlaisia laitteita./4, s.13/

Kehitysalustassa on kaksi relettä, joita voidaan käyttää ohjaamaan ulkoisia laitteita, kuten erilaisia moottoreita ja on/off kytkimiä. Tässä työssä ei käytetä releohjattua laitteistoa. Joten asiaa ei käsitellä enempää./4, s.12/

Kehitysalustassa on USB-liitin, jonka kautta GSM-moduulia voidaan testata ja ohjata kytkemällä kortti USB-kaapelilla tietokoneeseen. Mikrokontrolleria ei voida ohjata silloin, kun alusta on kytkettynä tietokoneeseen USB-liitännän kautta. /4, s.11/

3.2. Sademääräanturi

Sadeanturina käytetään LaCrosse TX26IT -sademääräanturia. Satanut vesi valuu sadekeräintä pitkin laitteen keskellä sijaitsevan suppilon kautta keinuastiaan ja kun siihen on kerääntynyt riittävä määrä vettä, keinu kippaa. Sadeanturi laskee keinuastiasta kipatun

veden pohjassa olevien rakojen kautta pois eli sitä ei tarvitse itse tyhjentää. Sadeanturin valintaan vaikutti hinta ja itsestään tyhjentävyys, ettei sitä tarvitse missään vaiheessa käydä tarkastamassa. Vertailussa mukana olleet kaksi halvinta anturia toimivat samalla periaatteella. Ainoana erona oli fyysinen koko ja hinta, joten halvin vaihtoehto kävi hyvin. Koska useimmat tutkittavat sadeanturit olivat yhtä helposti kehitysalustaan liitettäviä, tärkeimmiksi valintakriteereiksi osoittautuivat edellä mainitut seikat.



Kuva 2. LaCrosse TX26IT -sademääräanturi

Sademääräanturi toimii siten, että sen sisällä on Reed-rele, joka toimii kytkimenä ja magneetti, joka vetää kytkimen kiinni keinuastian kippatessa. Rele on normaalitilassa auki. Kun releen molempiin päihin on asennettu johtimet ja toiseen johtimeen kytketään jännite, niin aina kun keinuastia kippaa, sen kylkeen asennettu magneetti ohittaa releen, joka sulkeutuu ja virta pääsee kulkemaan releen läpi antaen jännitteen kortille.

Keräimen pinta-ala, johon vesi sataa, on $0,3136 \text{ cm}^2$. Anturin resoluutio riippuu keräimen pinta-alasta ja keinuastian kippaustilavuudesta. Koska anturin resoluutio on 0,1, täytyy keinuastian kippaustilavuus olla $0,03136 \text{ cm}^3$ eli kun siihen on kerääntynyt $0,3136$

millimetriä vettä, keinuastia kippaa. Sademäärä voidaan laskea siis kertomalla keinahdusten määrä luvulla 0,3136 /9/

3.3. Virtalähde

Virtalähteenä käytetään 85Ah:n vapaa-ajan akkua. Vapaa-ajan akku on hyvä valinta tällaiseen heikkovirtajärjestelmään, jossa virtaa ei tarvita koko aikaa. Akku kestää pitkään tällaisessa käytössä sen pienen itsestäänpurkaantumisen vuoksi. 85Ah:n vapaa-ajan akku kestää tässä järjestelmässä useita kuukausia. Lisäksi valintaan vaikutti mahdollisuus käyttää akkua myös muuhun tarkoitukseen.

Virrankulutuksen laskennassa lähdettiin siitä oletuksesta, että virtaa säästävässä tilassa virrankulutus on minimissä ja maksimissa silloin, kun alusta on täydessä toimintatilassa ja suorittaa sille ohjelmoituja tehtäviä. Mikrokontrolleri suoriutuu yhdestä käskystä mikrosekunneissa ja näin ollen useankin tiedon vastaanottoon ja käsittelyyn kulunut aika ei ole kovin pitkä. Virran minimi- ja maksimikulutus on välillä 10-300 mA. Maksimikulutusta voidaan arvioida tapahtuvan korkeintaan 15 minuuttia vuorokaudessa. Loput ajasta ollaan virransäästötilassa. Virrankulutus on $(10\text{mA} \times 23,75\text{h}) + (300\text{mA} \times 0,25) = 312,5\text{mA/vrk}$. 85Ah:n akku tulisi optimaalisissa olosuhteissa ilman itsestäänpurkaantumista kestää $85\text{Ah} / 312,5\text{mA} = 272$ vuorokautta eli n. 9 kuukautta.

3.4. Palvelin

WWW- ja tietokantapalvelimena oli tarkoitus käyttää jonkun palvelutarjoajan valmista web-hotellia. Kuitenkin erilaisten yhteyskäytäntöongelmien vuoksi on helpompaa asentaa ja konfiguroida palvelin omalle koneelle, johon sallitaan yhteydet GSM-moduulilta. Palvelimen luontiin käytetään XAMPP-ohjelmaa, joka sisältää Apache web-palvelimen ja MySQL-tietokantapalvelimen sekä tuen PHP- ja Perl-ohjelmointikielille.

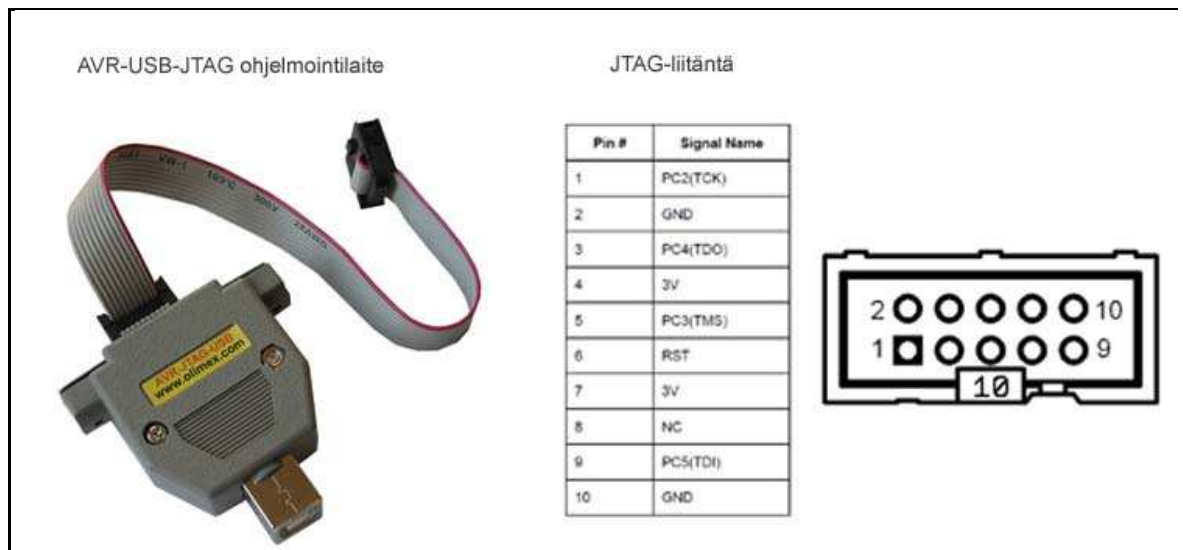
XAMPP on tarkoitettu lähinnä WWW-sivujen tai tietokantasovellusten koti- ja testauskäyttöön, ei julkiseen käyttöön. Sen tietoturva-asetukset ovat oletusarvoisesti asetettu heikoiksi, jotta se olisi mahdollisimman helposti asennettavissa ja käyttöönotettavissa kaikissa järjestelmissä. Yhteyskäytäntöjen ongelmien ratkomiseen tullaan jatkossa käyttämään runsaasti aikaa, jotta saadaan järjestelmä tallentamaan tiedot oikealle palvelimelle.

3.5. Ohjelmistot

AVR-GSM-kehitysalustan ohjelmointiin käytetään AVRStudio 4- ja AVRStudio 5 - ohjelmistoja, joilla suoritetaan testausohjelmiston ja lopullisen ohjelmiston koodaus. Lisäksi tarvitaan WinAVR-kääntäjä, joka kääntää koodin laitteen ymmärtämään muotoon. GSM-moduulin ohjauksen ja toiminnan testaukseen käytetään erillistä terminaaliohjelmaa kuten PuTTY. Käyttöliittymän ohjelmointi voidaan suorittaa esimerkiksi Notepad++:lla tai muulla PHP-ohjelmointiin sopivalla editorilla.

3.6. Muut tarvikkeet

Ohjelman siirtämiseksi tietokoneelta kehitysalustaan tarvitaan AVR-USB-JTAG ohjelmointilaite, joka liitetään USB-kaapelilla kehitysalustan JTAG-liittimeen ja toinen pää tietokoneen USB-porttiin. Ohjelmointilaite ja JTAG-liitin on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Ohjelmointilaite ja kytkentä.

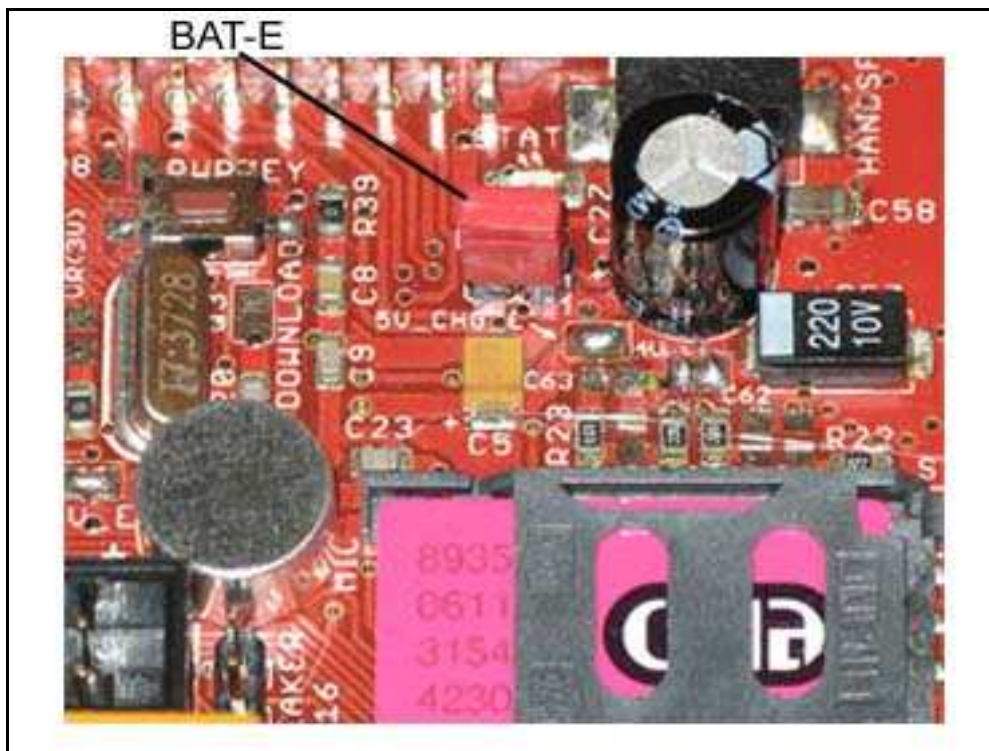
Jotta laitteistoa voitiin käyttää kotona ilman akkua, hankittiin tavallinen AC-DC-muuntaja, jolla 230 voltin jännite muutettiin 12 voltiksi. Lisäksi hankittiin Domesto FHT-9992-virrankulutusmittari, jolla voidaan tarkkailla virrankulutusta ja mitata, kuinka paljon virtaa on kulunut vuorokaudessa. Lisäksi käytettiin tavallista yleismittaria jännitteiden mittaamiseen.

4. JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Järjestelmä toteutetaan ohjelmoimalla AVR-GSM-kehitysalustalle ohjelma, joka suorittaa tiedon luvun anturilta, laskee kokonaissademäärän ja lähettää GSM-moduulin kautta tiedon tietokantaan etäpalvelimelle, josta se voidaan lukea WWW-selainta käyttäen.

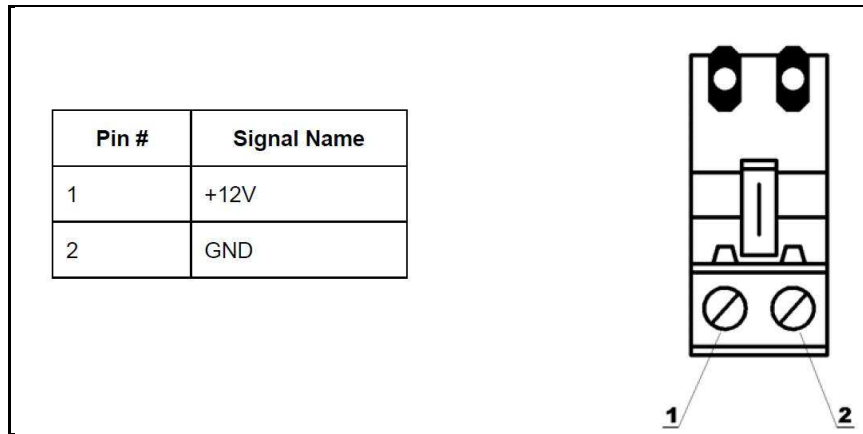
4.1. Virtalähteen kytkentä

Kytettäessä ulkoinen virtalähde kehitysalustaan, täytyy BAT-E-jumperi sulkea. Ulkoista virtalähdettä ei saa kytkeä laitteeseen jumperin BAT-E ollessa auki. Jos jumperi BAT-E jätetään auki ja ulkoinen virtalähde kytketään, laite saattaa rikkoontua. Jumperi suljetaan muovisella hatulla, kuten kuvassa 4. Jumperit 4V-E ja 4V täytyy olla auki ja jumperi 5V_CHG_E täytyy olla kiinni. BAT-E-jumperia lukuun ottamatta kaikki ovat oletuksena oikein kytkettynä./12/



Kuva 4. Jumperi BAT-E suljettuna muovihatulla

Ulkoinen virtalähde kytketään siten, että (+)kaapeli kytketään pinniin 1 ja (-)kaapeli pinniin 2 kuvan 5 mukaan.

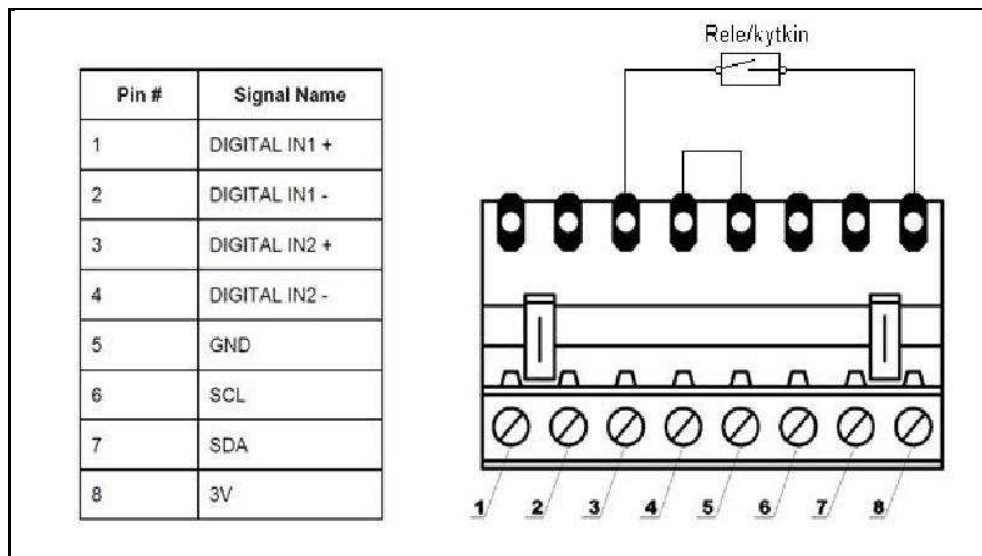


Kuva 5. Ulkoisen jännitteen liitäntä

Moduuli saattaa sammua automaattisesti kahdessa eri tilanteessa. Jos VBAT-pinnin jännite laskee alle 3,5 voltin, moduuli varoittaa alhaisesta jännitteestä. Jos jännite putoaa alle 3,4 voltin, järjestelmä menee automaattisesti Power-down tilaan. Kehitysalusta sisältää lämpötila-anturin, joka seuraa alustan lämpötilaa. Moduuli sammuu automaattisesti, jos lämpötila kohoaa yli +85 °C tai laskee alle -35 °C./13, s.22/

4.2. Sademääräanturin kytkentä

Sadeanturissa on nelijohtiminen kaapeli, jonka johtimet on kytketty releen molempiin päihin siten, että toisessa päässä on musta ja punainen, toisessa vihreä ja keltainen. Anturi kytketään kehitysalustaan seuraavan ohjeen mukaisesti. Musta ja punainen johdin kytketään pinniin 8. Keltainen ja vihreä johdin kytketään pinniin 3. Lisäksi tarvitaan yksi johdin, joka kytketään pinneihin 4 ja 5. Kuvassa 6. on esitetty anturin kytkentä ja optoerottimen tulot.



Kuva 6. Optoerotimen tulot ja anturin kytkentä

4.3. Kehitysalustan ohjelmointi

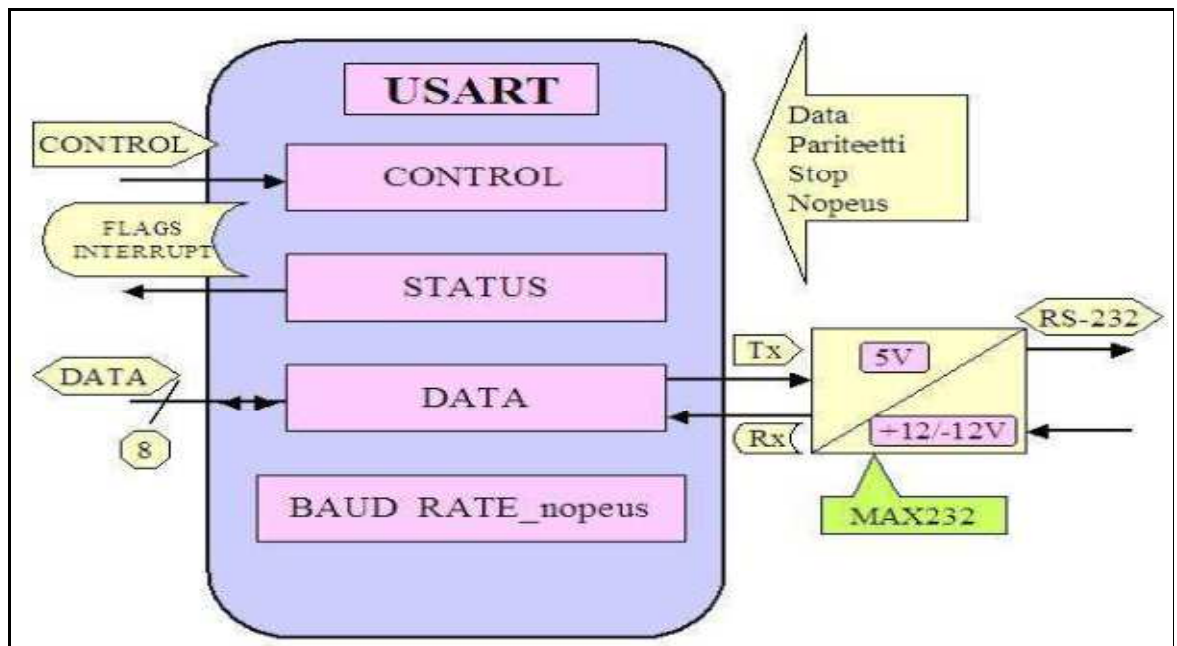
Kehitysalustan ohjelmointi suoritetaan käyttämällä keskeytyksiä, jolloin saadaan aikaan nopeutta sekä vähäisempi virrankulutus, koska keskeytyksiä käyttämällä mikroprosessori suorittaa tehtäviä vain niitä pyydettyä. Kehitysalustalle on ohjelmitava koko järjestelmää ohjaava ohjelmisto, johon kuuluu tiedon haku sadeanturilta, tiedon käsittely, käsitellyn tiedon lähetys, virtaa säästävään tilaan muuttaminen sekä kellotoiminnon ylläpitäminen.

Ohjelmointityön suunnittelussa kuvataan käyttötapaukset, jotka määrittävät ohjelmiston toiminnot. Käyttötapaukset kuvaavat järjestelmän eri tehtäväketjuja, jonka joku toimija (engl. actor) laukaisee. Aktorina voidaan käyttää ulkopuolista laitetta, kuten sadeanturia ja GSM-moduulia. Käyttötapauksen kuvauksen avulla ohjelmasta on helpompi tehdä suunnitelma testausta varten ja virheet on näin ollen helpompi löytää. Käyttötapauksista käy myös ilmi, jos jossain ohjelman toiminnassa voi tapahtua jokin vaihtoehtoinen tai poikkeuksellinen toimenpide. Käyttötapaukset on kuvattu liitteessä 1. Osa toiminnan määrittelyä on myös rekistereiden ja niiden bittien toiminnan selvitys. Ennen kuin käyttötapauksia kannattaa käydä läpi ja tehdä ohjelmointityötä, täytyy olettaa, että

rekistereiden alustukset ovat kunnossa. Seuraavaksi esitellään järjestelmän eri osioissa tarvittavat rekistereiden ja toiminnan määrittelyt.

4.3.1. USART

Liikenne mikrokontrollerin ja GSM-moduulin välillä tapahtuu merkki kerrallaan sarjaliikenneportin (USART) kautta. Kuvassa 7 on esitetty USART:n periaatteellinen toiminta. Lähtöpinni on TXD (PD1) ja tulopinni on RXD (PD0). Merkit kirjoitetaan data-rekisteriin (UDR) ja luetaan myös data-rekisteristä. Tieto merkin vastaanottamisesta ilmoitetaan keskeytyksellä. Keskeytysaliohjelmassa tieto luetaan datarekisteristä ja tallennetaan siihen muotoon, jossa se lähetetään eteenpäin.



Kuva 7. USART periaatekuva./16/

Ensin suoritetaan USART:n alustukset, jotta sarjaporttiin voidaan lähettää ja vastaanottaa tietoa sekä määritellään tiedonsiirtonopeus (baudrate) maksiminopeudelle, joka kehitysalustalla on 115200 bit/s. Ohjelmaa kirjoittaessa täytyy huomioida keskeytysten salliminen, jotta kaikki sisäiset ja ulkoiset toiminnot toimivat oikein. Keskeytykset sallitaan käskyllä sei()./2, s. 62/

Ensin määrittelyosiossa (#define) asetetaan vakiot. Nopeus voidaan laskea kaavasta:

$$UBRR = (F_CPU / (16 * BAUD)) - 1 \quad (1)$$

missä

F_CPU on kellotaajuus

BAUD on siirtonopeus./16/

Sarjaliikenteen tiedonsiirtonopeuden määrittely.

UBRRH rekisteri alustetaan

UBRRL sarjaliikenteen nopeus asetetaan./16/

Tiedon lähetys sarjaliikenteeseen sallitaan.

UCSRB rekisteri alustetaan

TXEN asetetaan lähetysbitti

RXEN asetetaan vastaanottobitti

RXCIE sallitaan keskeytysvastaanotto./2, s.161/

UCSRC rekisteri alustetaan

URSEL asetetaan 8 databittiä

UCSZ1 asetetaan 1 stop-bitti

UCSZ0 pariteettibittitarkistus pois käytöstä./2, s. 162/

Ennen tiedon lähettämistä täytyy varmistaa, että lähetyspuskurissa on tilaa. Tarkistaminen tapahtuu tarkastelemalla bitin tilaa.

UCSRA rekisteri alustetaan

UDRE tämän bitin tilaa tarkkaillaan./2, s. 160/

4.3.2. Sadeanturilta haettava tieto ja sen käsittely

Ennen kuin sadeanturilta voidaan ottaa vastaan tietoa, täytyy mikrokontrollerilla sallia keskeytykset. Seuraavaksi on määriteltävä keskeytys tapahtuvan kellosignaalin laskevalla reunalla. DIGITAL IN2 tuloliitäntä on kytketty mikrokontrollerin tulon pinniin 11 PD2 (INT0)./12, s. 18/

Asetetaan keskeytykset kellosignaalin laskevalla reunalla.

| | |
|-------|---------------------------|
| MCUCR | rekisteri alustetaan |
| ISC01 | asetetaan bitti ykköseksi |
| ISC00 | bitti on nolla./2, s. 67/ |

Sallitaan keskeytykset DIGITAL IN2 tulosta.

| | |
|-------|---|
| GICR | rekisteri alustetaan |
| INT0 | sallitaan keskeytys INT0 |
| PORTD | alustetaan rekisteri sisääntuloksi./12, s. 5/ |

Kun anturilta tulee jännite tuloon DIGITAL IN2, muuttuu mikrokontrollerin pinnin tulon tila nollassa. Aina tulon tilan muuttuessa nollassa suoritetaan keskeytysaliohjelma. Keskeytysaliohjelmaan kirjoitetaan koodi, joka sisältää tarvittavat muuttujat, jotka laskevat tilojen muutoskerrat. Muutoskerrat kerrotaan luvulla 0,3136, joka on saatu sadeanturista tehtyjen laskelmien perusteella. Tästä saadaan summattua kokonaissademäärä.

Laskettu arvo muutetaan desimaalimuodosta kokonaislukumuotoon, koska järjestelmä tallentaa tiedon millimetrien tarkkuudella. Desimaalilukema pyöristetään kokonaisluvuksi seuraavasti. Jos lukema on välillä 0,5-1,4, muutetaan se luvuksi 1. Lukema välillä 1,5-2,4 muutetaan luvuksi 2 jne. Lukeman yksikkönä käytetään millimetrejä (mm). Kokonaissademäärä lähetetään GSM-moduulin kautta tietokantaan kerran vuorokaudessa koko tuotantokauden ajalta. Tuotantokausi sijoittuu ajalle 1.5.-30.9.

Sadeanturilta tulevan signaalin tullessa kortille on otettava huomioon kytkinvärähtely. Kytkinvärähtelyn aikana tulee useita pulsseja ja sademäärän laskennassa voi tulla suuria virheitä. Ohjelmaa tehdessä on ohjelmoitava koodiin viive, jonka ajan odotetaan, ettei pulsseja rekisteröidä ylimääräisiksi keinahduksiksi. Viiveen pituus voidaan asettaa arviolta kymmeneksi millisekunniksi ja testausvaiheessa kasvattaa aikaa tarvittaessa.

4.3.3. Kellon toiminta

Kello on yksinkertainen 24:n tunnin kello, joka laskee sekunnit, minuutit ja tunnit. Kellon on tarkoitus käynnistyä, kun järjestelmä aloittaa toimintaansa ja jatkaa toimintaansa keskeytyksettä niin kauan, kunnes järjestelmä sammutetaan. Kello toteutetaan käyttämällä Timer2:sta, koska se jatkaa toimintaansa mikrokontrollerin ollessa virtaa säästävässä Power-save tilassa. Timer2 on 8-bittinen, joka voidaan asettaa kellottamaan asynkronisesta oskillaattorista, joka toimii 32,768 kHz: taajuudella./15/

Asynkronisen kellon ja kideoskillaattorin käyttämiseksi on tehtävä rekisteriin alustukset seuraavasti.

| | |
|------|--------------------------------------|
| ASSR | rekisteri alustetaan |
| AS2 | asetetaan bitti arvoon 1./2, s. 128/ |

Timer2 otetaan käyttöön.

| | |
|-------|-----------------------------|
| TCCR2 | rekisteri alustetaan |
| WGM20 | asetetaan bitti |
| COM21 | asetetaan bitti |
| CS20 | asetetaan bitti |
| CS21 | asetetaan bitti./2, s. 125/ |

Mahdollistetaan laitteiston henkiinherätys.

| | |
|--------|--|
| TIMSK | rekisteri alustetaan |
| OCIE2 | asetetaan bitti |
| TOIE2 | asetetaan bitti |
| sei(); | sallitaan globaalit keskeytykset./2, s. 130/ |

4.3.4. Virtaa säästävä tila

ATMega32-mikrokontrolleri asetetaan virtaa säästävään tilaan (SLEEP MODE) käsittelemällä MCUCR rekisteriä. Rekisterin SE bitti täytyy asettaa ykköseksi, jotta virtaa säästävään tilaan voidaan mennä. Mikrokontrolleri voidaan asettaa kuuteen eri tilaan, joista tässä käytetään tilaa ”Power-save”. Power-save tilassa toiminnassa on Watchdog Timer, ulkoinen reset, Brown-out reset, Timer2 on käytössä ja ulkoiset keskeytykset ovat sallittuja./2, s. 32/

Mennään Power-save tilaan ja mahdollistetaan ulkoisen keskeytyksen tullessa mikrokontrollerin henkiinherääminen.

| | |
|-------|-------------------------------------|
| MCUCR | rekisteri on alustettu aikaisemmin |
| SM2 | asetetaan bitti nolllaksi |
| SM1 | asetetaan bitti ykköseksi |
| SM0 | asetetaan bitti ykköseksi/2, s. 32/ |

GSM-moduuli voidaan asettaa tilaan, jossa virrankulutus on alhaisimmillaan. Moduuli voidaan asettaa virtaa säästävään tilaan usealla eri tavalla, mutta asetettaessa se ”minimitoiminta” tilaan, sarjaportti on tällöin käytettävissä ja keskeytyksen saapuessa se voidaan palauttaa täyteen toimintatilaan. /12, s. 71/

Tiedot sademääristä lähetetty.

AT+CFUN=0 asetetaan minimitoimintatila

Aika lähettää tietoa.

AT+CFUN=1 asetetaan täysi toimintatila

Mikäli järjestelmä halutaan sammuttaa joksikin tietyksi ajaksi, se voidaan asettaa Power-down tilaan painamalla POWERKEY painiketta kolmen sekunnin ajan. Järjestelmä voidaan käynnistää painamalla POWERKEY painiketta sekunnin ajan./12, s 15/.

4.4. Tietojen lähetys GSM-moduulilla

Kehitysalustaan täytyy asentaa valitun operaattorin SIM-kortti sille varatulle paikalle. Ennen SIM-kortin asennusta, kannattaa käyttää SIM-kortti matkapuhelimessa ja ottaa PIN-koodin kysely pois käytöstä. PIN-koodin ottaminen pois käytöstä vähentää GSM-moduulin ohjaukseen tarvittavia AT-komentoja. GSM-moduulin ohjaus tapahtuu käyttämällä AT-komentoja. Komennot koostuvat AT-etuliitteestä ja sen perässä olevista merkkijonoista. Tiedot lähetetään moduulilla mittauspisteestä palvelimelle TCP/IP-protokollaa ja GPRS-yhteyttä käyttäen. AT-komentojen syntaksi on saatavilla SIM300D AT Command Set dokumentista. Jokainen komento antaa paluuviestin joko onnistumisesta tai epäonnistumisesta. Jos yhteyden muodostaminen verkkoon epäonnistuu esimerkiksi huonojen yhteyksien takia, niin yhteys yritetään muodostaa maksimissaan viisi kertaa esimerkiksi puolen minuutin välein. Samoin toimitaan, jos yhteyden muodostus palvelimeen ei onnistu tai tiedon lähetys ei onnistu./12, s. 5/

Operaattoreilla on tiedonsiirtoyhteyksilleen omat asetuksensa, jotka täytyy asettaa. Asetukset löytyvät operaattoreiden verkkosivuilta. Ensin on asetettava yhteysasetukset oikein verkkoonkirjautumisen osalta. Yhteyden muodostamista ja tiedon lähetystä varten vastaanottavan palvelimen yhteystiedot täytyy myös asettaa. Seuraavaksi esitellään työssä käytettäviä AT-komentoja.

| | |
|------------|--|
| AT+CSTT | annetaan APN, käyttäjätunnus ja salasana |
| AT+CDNSCFG | asetetaan operaattorin DNS-osoite |
| AT+CGATT | mahdollistetaan GPRS-yhteys |
| AT+CGDCONT | määritellään PDP-tyyppi |

| | |
|--------------|---|
| AT+CIICR | langaton yhteys käyttöön |
| AT+CIFSR | haetaan laitteen IP-osoite |
| AT+CDNSORIP | määritetään yhteys IP-osoitteen mukaan |
| AT+CIPSTART | asetetaan TCP, palvelimen IP-osoite ja portti |
| AT+CIPSTATUS | yhteyden tilan tarkistus |
| AT+CIPSEND | lähetetään data |
| AT+CIPCLOSE | suljetaan yhteys./12/ |

4.5. Tietokannan toteutus

Tietokanta luodaan XAMPP-ohjelmiston sisältämällä phpMyAdmin-sovelluksella. Tietokanta tehdään yksinkertaisena, joka sisältää vain yhden tietokantataulun. Tietokantaan tallennetaan päivämäärä, milloin tieto on tullut sekä sen vuorokauden sademäärä. Tietokannassa on taulukon 5 mukainen nimeämiskäytäntö ja tietotyypit.

Taulukko 5. Tietokannan rakenne

| Nimettävä kohde | Nimi | Tietotyyppi |
|----------------------|---------------|---------------------|
| Tietokannan nimi | Sademittaus | |
| Taulun nimi | Mittaukset | |
| Yksilöivä perusavain | Mittausnumero | INT (autoincrement) |
| Päivämäärä tietue | Paivamaara | DATE |
| Mittaustulos tietue | Sademaara | INT |

Mikäli laiteesta ei ole tullut tietoa, lisätään tietokantaan näiden vuorokausien kohdalle ”mittaustiedot puuttuvat”.

Tietokantapalvelin konfiguroidaan siten, että se sallii TCP-yhteydet tietokantapalvelimen ja mittauspisteen suuntaan. MySQL-tietokantapalvelulle on varattu portti 3306. Samoin yhteydet on sallittava myös palvelimen palomuurista ja muista suojausohjelmista, mikäli niissä on asetukset mainituille yhteyksille. Tietokannan käyttöoikeuksia muokataan

asettamalla tietokannalle käyttäjätunnus ja salasana, jotta muut eivät pääse käsittelemään tietokannan tietoja.

Yhteydenmuodostamisen lisäksi palvelimelle tarvitaan ohjelma, joka vastaanottaa moduulilta saapuvan tiedon, avaa tietokantayhteyden, tallentaa tiedot tietokantaan ja sulkee tietokantayhteyden.

4.6. Käyttöliittymän toteutus

Käyttöliittymä toteutetaan siten, että sitä voidaan käyttää WWW-selaimella. Käyttöliittymässä tulee olla kirjautumisikkuna, jossa syötetään käyttäjätunnus sekä salasana. Käyttöliittymässä tulee voida selata sademäärätietoja sekä tulostaa kuukausittaiset raportit. Käyttöliittymän ohjelmointikielenä käytetään PHP sekä JavaScript ohjelmointikieliä.

Tietojen lukemista varten tehdään WWW-sivu, joka sisältää linkin jokaiseen tuotantokauden kuukausisivulle. Jokaisella sivulla on kuukauden nimi ja taulukko, johon haetaan tietokannassa olevat tiedot sademääristä kuukausittain. Taulukossa tulee olla kaksi saraketta, joista toinen näyttää päivämäärän ja toinen sademäärän. Taulukon alla tulee näkyä kunkin kuukauden yhteenlaskettu sademäärä. Taulukon rivien määrä riippuu kuluneiden päivien määrästä. Ylimääräisiä rivejä ei näytetä. Sivulle luodaan painike, jota napsauttamalla tulostetaan taulukon sisältö ja kuukauden kokonaissademäärä.

5. JÄRJESTELMÄN TESTAUS

Järjestelmän lopullinen testaus suoritetaan ohjelmaa ajamalla ja tutkimalla, toimiiko järjestelmä suunnitellulla tavalla. Testaus voidaan suorittaa kotioloissa, jossa virheitä voidaan myös samalla korjata. Testaustuloksista laaditaan raportti tai taulukko laitteiston osalta ja sen pohjalta laaditaan sademäärien etämittaussjärjestelmän teknisiä tietoja, kuten sademäärän tarkkuus ja tietojen lähetysväli.

5.1. Laitteiston testaus

Laitteiston toiminta testattiin ennen koko järjestelmän testausta sadeanturin sekä GSM-moduulin osalta. Sademääräanturista oli selvitettävä kippaustilavuus sademäärän laskemiseksi ja Reed-releen toiminta. GSM-moduulin toiminta oli varmistettava ennen ohjelmointia, että se vastaa käskyihin.

5.1.1. Sadeanturin testaus

Aikaisemmin tehtyjen laskelmien perusteella testattiin sademäärän paikkansapitävyys. Sadeanturi asetettiin keräysastian päälle, johon sadeanturin läpi valuva vesi kerättiin. Anturiin kaadettiin vettä ja laskettiin keinahduskerrat. Keräysastiaan valunut vesi kaadettiin perinteiseen kuppimalliseen sademittariin ja katsottiin lukema. Testejä suoritettiin kaksi kappaletta seuraavasti.

Taulukko 6. Testaustulokset sademääristä

| Testinumero | keinahduskerrat | mittarilukema | laskettu arvo |
|-------------|-----------------|---------------|---------------|
| Testi 1 | 20 | 6,2 | 6,27 |
| Testi 2 | 30 | 9,4 | 9,41 |

Testin tuloksesta voidaan päätellä, että tulokset vastaavat teoreettisia laskelmia ja ohjelmointityössä voidaan käyttää kippaustilavuuden arvoa 0,3136.

Anturissa oleva Reed-rele todettiin toimivaksi yksinkertaisesti yleismittarilla mittaamalla signaalin jatkuvuutta samalla, kun sadeanturin keinua kippailtiin.

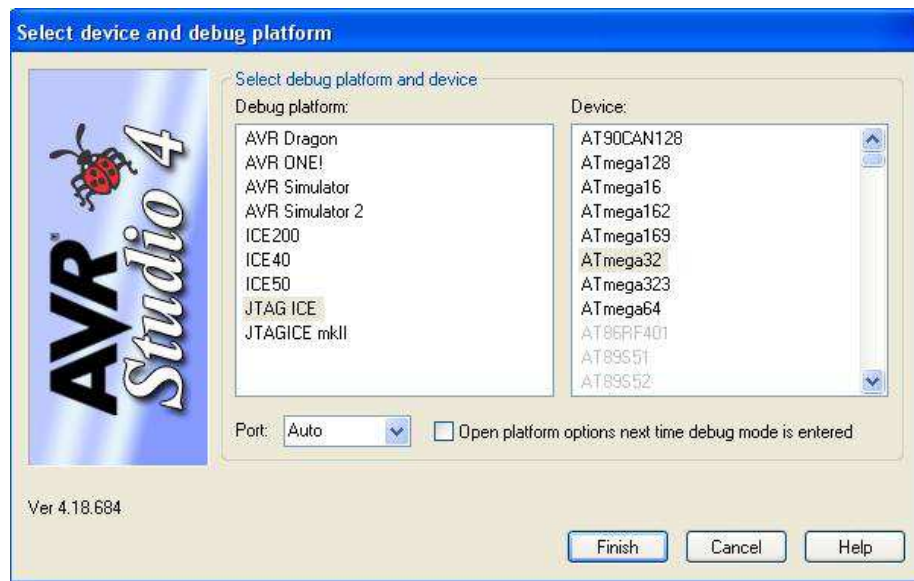
5.1.2. Kehitysalustan ja GSM-moduulin testaus

Kehitysalustan GSM-moduulin toimivuus voidaan testata kytkemällä kehitysalusta tietokoneeseen kortissa olevan USB-liitännän kautta ja lähettämällä AT-komentoja erillisellä terminaaliohjelmalla. Jos moduuli toimii oikein, moduuli palauttaa kullekin AT-komennolle tarkoitetun paluuviestin. Kehitysalustan toimivuus voitiin testata sulkemalla BAT-E-jumperi, kytkemällä ulkoinen virtalähde ja mittaamalla jännitteitä kortin liitännöistä

5.2. Ohjelmiston testaus

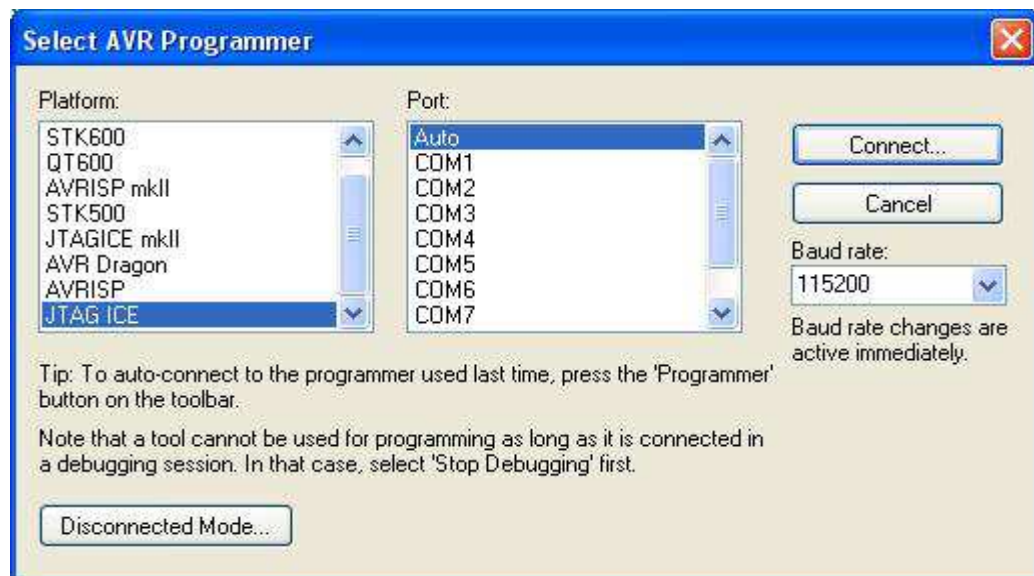
Kun ohjelmointityö on suoritettu, ohjelma siirretään alustalle AVRStudio 4- tai AVRStudio 5 -ohjelmalla testausta ja lopullista käyttöä varten. Kun ohjelmisto on onnistuneesti siirretty alustalle, niin se jatkaa toimintaansa niin kauan, kuin laitteistossa riittää virtaa. Oleellista ohjelmiston siirrossa laitteistoon on, että laitekanta ja ohjelmointilaite on valittu oikein. Ohjelmaa ei voida siirtää alustalle ennen kuin se on käännetty konekieliseksi ilman syntaksivirheitä.

Ohjelmoitava laitteisto on voitu valita jo uuden projektin luontivaiheessa, mutta sen voi myös valita vasta sitten, kun ohjelmaa aiotaan ladata kortin ohjelmamuistiin. Valinnan voi suorittaa valikkorivin Debug | Select Platform and Device kohdasta. Lataus suoritetaan JTAG ICE liitännän kautta ja alustaksi valitaan ATmega32 (kuva 8).



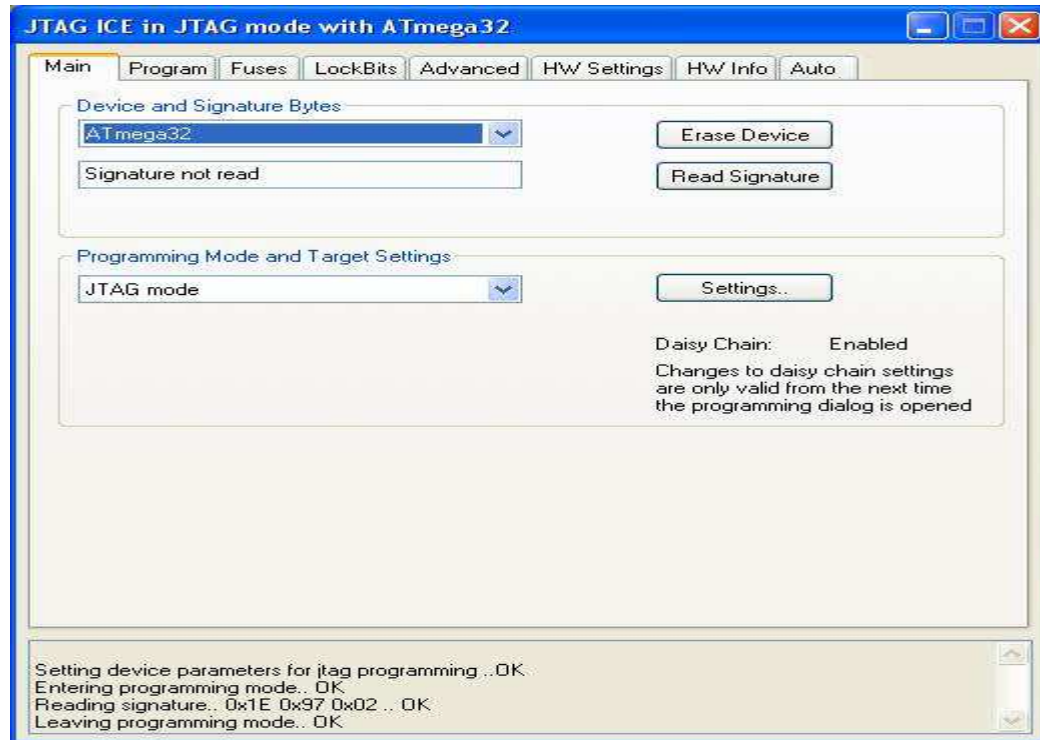
Kuva 8. Ohjelmoitavan alustan valinta AVRStudio 4 -ohjelmassa.

AVRStudio ja laitteen välille muodostetaan yhteys valikkorivin Tools | Program AVR | Connect kohdasta. Valitsemalla Platform kohdasta JTAG ICE ja Port kohdasta Auto (kuva 9), yhteys muodostuu automaattisesti USB-väylän kautta ja sarjaliikenteen nopeus on maksimi.



Kuva 9. Ohjelmointilaitteen ja portin valitseminen.

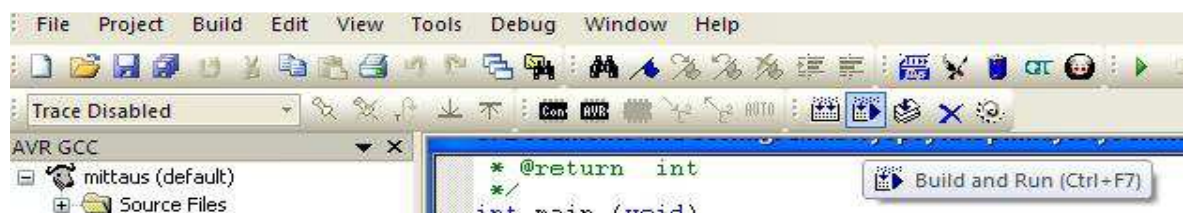
Kun yhteys laitteeseen on muodostunut, avautuu kuvan 10 mukainen ikkuna. Allekirjoituksen lukemisella tarkastetaan, että asetukset vastaavat oikeaa laitetta, johon on otettu yhteyttä.



Kuva 10. Allekirjoituksen lukeminen

Mikäli jokin ohjelmiston siirtämisessä tai ohjelman ajamissa menee pieleen tai kortti menee ohjelman osalta jumiin, niin kortti voidaan tyhjentää klikkaamalla kuvassa 10 olevaa "Erase Device" painiketta.

Ohjelman kääntäminen ja ajaminen kehitysalustalle voidaan tehdä samalla kertaa painamalla kuvassa 11 näkyvää työkalurivin Build and Run nappia. Kun ohjelmakoodin käänös ja kortille ajaminen on suoritettu, ohjelman suorittaminen alkaa välittömästi.



Kuva 11. AVRStudion työkalurivi

Ohjelmiston testauksessa testataan kokonaissademäärän oikeellisuus kaatamalla vettä anturiin ja laskemalla keinahduskerrat luvulla 0,3136. Saatua tulosta verrataan järjestelmän antamaan tulokseen. Jos tulokset ovat samat, niin testi merkitään läpäistyksi, mutta jos tulokset poikkeavat toisistaan, etsitään virhe ja korjataan se.

Automaattinen tiedonlähetykset testataan kirjoittamalla ohjelmaan koodi, joka pyytää moduulia lähettämään tiedon tekstiviestillä ja/tai tietokantaan esimerkiksi minuutin välein ja tarkistetaan saapuneen tekstiviestin tiedoista ja/tai tietokannasta tiedon saapumisaika. Näin samalla voidaan varmistaa kellon oikea toiminta.

Kehitysalustaan ohjelmoidut erilaiset virransäästötilat vaikuttavat suuresti pitkäaikaiseen virrankulutukseen, joten virrankulutus on myös syytä testata. Testi suoritetaan kytkemällä virrankulutusmittari virtalähteeseen. Virrankulutusmittari näyttää edellisen tunnin ja 24:n tunnin virrankulutuksen, joten testiä voidaan suorittaa pitkiä aikoja. Järjestelmä voi olla 24 tuntia virtaa säästävissä tilassa ja esimerkiksi sadeanturi voidaan asettaa tippuvan vesihanauksen alle pari tunniksi. Tuloksista voidaan laskea, kuinka paljon järjestelmä kuluttaa virtaa ja kuinka kauan virtalähde kestä.

5.3. Tietokannan ja käyttöliittymän testaus

Tietokannan ja yhteyksien testaus suoritetaan lisäämällä tietokantaan valmiiksi muutamia tietoja ja ottamalla yhteys palvelimeen muulta tietokoneelta, joka ei ole samassa verkossa tietokantapalvelimena toimivan koneen kanssa. Tietokantakysely voidaan suorittaa valmiina olevaa PHP-ohjelmakoodia käyttäen, jota kuitenkin täytyy muuttaa ip-osoitteen, käyttäjätunnuksen ja salasanan osalta. Ohjelmakoodi lisätään palvelimella sijaitsevan WWW-käyttöliittymän sivuille. Tietokannan testaukseen käytettävä ohjelmakoodi on esitetty liitteessä 3.

Tiedon lähetyksen testausta voidaan suorittaa GSM-moduulilla terminaaliohjelmaa käyttäen, mikä voi olla helpompaa oikeiden AT-komentojen ja merkkijonojen

löytämiseksi. Siten voidaan myös tarkistaa suoraan, tuleeko tieto perille oikeassa muodossa vai ei. Lopullinen testaus suoritetaan kortille siirrettävällä ohjelmakoodilla.

Käyttöliittymää voidaan testata samalla tietokantakyselyiden yhteydessä WWW-selaimella. Käyttöliittymän testausta voidaan suorittaa myös paikallisesti ilman, että tietoa tarvitsee siirtää verkon yli. Käyttöliittymästä tarkistetaan tulostustoiminto, kirjautumistoiminto ja että kaikki tarvittavat tiedot näytetään ja ne vastaavat tietokannassa olevia tietoja.

6. JÄRJESTELMÄN YLLÄPITO

Järjestelmää täytyy huoltaa ja ylläpitää säännöllisin väliajoin. Sadeanturin puhdistus roskista ja pölystä on välttämätöntä, koska anturin keräimen päälle jäävät roskat ja anturin sisälle kertynyt pöly voivat vääristää mittaustuloksia merkittävästi. Tarvittaessa on myös käytävä lataamassa akkuun virtaa, mutta virta tulisi riittää koko tuotantokauden, jos akku tuotantokauden alussa on täynnä. Laitteistoon tehtävät ohjelmistopäivitykset ja muutokset voidaan käydä suorittamassa mittauspisteessä pitkien käyttökatojen välttämiseksi kannettavalle tietokoneelle asennetulla AVRStudio ohjelmistolla. Vaihtoehtoisesti kortti voidaan irrottaa järjestelmästä ja käyttää se muualla ohjelmoitavana. Ohjelmistopäivityksen tarve voi tulla esimerkiksi silloin, jos operaattoria vaihdetaan tai palvelin muutetaan toiseen paikkaan.

WWW- ja tietokantapalvelinta pyöritetään omalla koneella, kunnes saatavilla on sellainen palvelin, jonka yhteyskäytännöt sopivat järjestelmän toimintaan. Tietokantaa voidaan muokata ja hallinnoida phpMyAdmin-ohjelmalla.

7. KUSTANNUKSET

Etämittausjärjestelmän valmistuskustannukset koostuvat hankitusta laitteistosta, palvelimesta sekä tiedonsiirron kustannuksista mittauspisteestä palvelimelle. Laskelmassa ei otettu huomioon suunnittelu - eikä ohjelmointityötä eikä myöskään tarvikkeita, jotka eivät kuulu varsinaiseen järjestelmään. Kustannukset on laskettu hinnoista, jotka ovat olleet voimassa hankintahetkellä. Taulukossa 7 on esitetty komponenttien sekä tarvittavien palveluiden hinnat.

Taulukko 7. Komponenttien, tarvikkeiden ja palveluiden verolliset hinnat

| Komponentti/tarvike/palvelu | Hinta |
|-------------------------------------|--------|
| Olimex AVR-GSM | 118,00 |
| LaCrosse TX26IT-sademääräanturi | 19,00 |
| AVR-USB-JTAG ohjelmointilaite | 22,00 |
| Puhelinoperaattori DNA (sopimus 1v) | 12,00 |
| Vapaa-ajan akku 85Ah | 72,00 |
| Kustannukset yhteensä | 243,00 |

Valmistuskustannukset ovat varsin kohtuulliset eikä kertainvestoinniksi suuri, jos verrataan 100:n kilometrin päässä asuvaan urakoitsijaan, joka ajaa keskimäärin 20 kertaa edestakaisin tuon matkan tuotantokaudessa tarkastamaan sademäärän. Vuoden 2012 helmikuun keskimääräisillä diesel-polttoaineen hinnoilla järjestelmä maksaa itsensä takaisin vajaassa yhdessä tuotantokaudessa. Laskennan perusteena on käytetty polttoaine.net sivuston hintoja. Tulevaisuudessa ei ole oletettavissa polttoaineen hinnan alennuksia. Lisäksi jatkossa kustannuksiin tulee lisätä operaattorin perimät maksut tiedonsiirrosta ja mahdollisen palvelimen ylläpidosta, Palvelimen kustannukset tulevat arviolta olemaan n.30- 50 €/vuosi.

8. JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Järjestelmää voidaan kehittää monella tavalla. Siihen voidaan lisätä esimerkiksi lähetyksen suoraan tekstiviestillä tieto sademäärästä haluttuun puhelinnumeroon ja reaaliaikaisen sademäärän kysely suoraan mittauspisteestä tekstiviestillä. Näin ei aina erikseen tarvitse katsoa Internet-sivulta, kuinka paljon on satanut, jos puhelin ei sisällä Internetin käyttömahdollisuutta.

Tietokantaa voidaan laajentaa esimerkiksi siten, että mittauspisteitä voi olla useampia ja tietyn mittauspisteen tiedot on tarkasteltavissa Internet-sivuilla. Tällaisella rakenteella voidaan saada laajasti tietoa useiden eri tuotantoalueiden sääolosuhteista tuotantokauden aikana. Ohjelmoimalla voidaan lisätä järjestelmän toimintoja. Esimerkiksi vesisateen kesto voidaan ohjelmallisesti suorittaa helposti käyttämällä laskureita ja ajastimia.

Mittauspisteeseen voidaan lisätä antureita lämpötilan, tuulen nopeuden, ilmankosteuden, maanpinnan kosteuden ja vaikkapa ilmanpaineen mittaamiseen. Sadeantureita on saatavana lämmitettävänä versioina, joita voidaan käyttää myös talviolosuhteissa sademäärien mittaukseen.

Kehitysalustassa on sisäänrakennettu mikrofoni ja handsfree-liitäntä ja alustaan voidaan liittää erillinen näppäimistö ja kaiutin, joten sitä voidaan käyttää kuten tavallista puhelinta. Sitä voidaan myös käyttää tavallisena GPRS-modeemina USB-liitännän kautta. Mahdollisuuksia on siis melko runsaasti järjestelmän jatkokehitykselle.

9. YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe oli tyypillinen tuotekehitysprojekti, jossa koko tuotteen kehitystä käytiin läpi esitutkimuksesta aina jatkokehitysmahdollisuuksiin. Aihe oli mielenkiintoinen ja työtä tehdessä tuotekehityksen prosessista sai hyvän kokonaiskuvan.

Työ tarjosi haasteita, joissa tarvittiin ongelmanratkaisukykyä. Ohjelman toiminnan suunnittelussa usean eri vaihtoehdon vertaileminen ja parhaan tavan valitseminen tuotti välillä hankaluuksia. Työn alkuvaiheessa sademääräanturin toimintaperiaatteen selvitys vei jonkin verran aikaa, koska anturista ei ollut saatavilla juuri minkäänlaisia teknisiä tietoja.

Esitutkimuksen perusteella voitiin todeta, että järjestelmä kannattaa ja pystytään toteuttamaan kohtalaisin kustannuksin. Työssä aikaansaadut tulokset vastasivat kaikilta osin projektisuunnitelmaa. Työn perusteella voidaan tehdä valmis mittausjärjestelmä, jota voidaan jatkossa kehittää monella tavalla.

10. LÄHDELUETTELO

- /1/ AHLBORN, [PDF-dokumentti],
[http://www.perel.fi/pdf/mittalaitteet/Mittalaitteet_2012_osiot/meteorologia.pdf],
20.12.2011.
- /2/ AVR ATmega32 Datasheet, [PDF-dokumentti],
[http://atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2503.pdf] 4.1.2012.
- /3/ Olimex AVR-GSM, [WWW-dokumentti], [<http://www.olimex.com/dev/avr-gsm.html>]
19.12.2011.
- /4/ Olimex AVR-GSM User manual, [PDF-dokumentti],
[<http://www.olimex.com/dev/AVR/AVR-GSM/AVR-GSM.pdf>] 5.1.2012.
- /5/ Oregon scientific, [WWW-dokumentti],
[<http://uk.oregonscientific.com/catweather.html>], 20.12.2011.
- /6/ Palveluntarjoajat vertailussa, [WWW-dokumentti], [<http://www.webhotellivertailu.fi/>],
20.12.2011.
- /7/ PicoMet microstation, [WWW-dokumentti],
[<http://www.boreas.hu/index.php?src=picomet&lang=eng>], 19.12.2011.
- /8/ Rain Collector II, [WWW-dokumentti],
[http://www.davisnet.com/weather/products/weather_product.asp?pnun=07852],
20.12.2011.
- /9/ Rinne, Janne, Sateen mittaaminen, [PDF-dokumentti],
[<http://www.atm.helsinki.fi/~jhrinne/kurssit/KM8.pdf>] 22.12.2012.

- /10/ Sadeanturi & lumianturi, [WWW-dokumentti],
[<http://www.swoy.fi/?sadeanturi.1;2;11000;200.6500.11000.html>], 20.12.2011.
- /11/ Sademääräanturi WS-RC2, [PDF-dokumentti], [<http://www.rehn.info/PDF/WS-RCS.pdf>], 20.12.2011.
- /12/ SIM200D AT Command Set, [PDF-dokumentti],
[<http://www.olimex.com/dev/AVR/AVR-GSM/SIM300DATC.pdf>] 16.1.2012.
- /13/ SIM300D HARDWARW SPECIFICATION, [PDF-dokumentti],
[http://mdfly.com/Download/Wireless/sim300D_HD_V2.01.pdf], 20.1.2012.
- /14/ Sääasemat, [WWW-dokumentti], [<http://www.agri.fi/tuotteet/saaasemat/saaasemat/>],
19.12.2011.
- /15/ Vahtera, Pentti, Ajastin/laskuri - Timer/Counter, [WWW-dokumentti],
[<http://www.scribd.com/doc/36922351/6-6-1-AVR-rauta-Timer-ohjelmointia>],
15.1.2012.
- /16/ Vahtera, Pentti, AVR_rauta. USART ohjelmointi, [WWW-dokumentti],
[<http://www.scribd.com/doc/36922354/6-7-rauta-USART-Ohjelmointia>], 13.1.2012.
- /17/ Vaisala Road Weather Station, [WWW-dokumentti],
[<http://www.vaisala.com/en/roads/products/roadweathersystems/Pages/ROSA.aspx>],
19.12.2011.
- /18/ Varaosat LaCrosse sääasemiin, [WWW-dokumentti],
[http://www.paratronic.fi/saa_asema_anturit.shtml], 20.12.2011.

11. LIITELUETTELO

LIITE 1: Järjestelmän käyttötapaukset

LIITE 2: Järjestelmän aktiviteettikaavio

LIITE 3: Tietokannan testauskoodi

KÄYTTÖTAPAUKSET

| | | | |
|-----------------------|--|---------------------------|----------|
| Use Case ID: | 1 | | |
| Use Case Name: | Anturisignaalin vastaanotto | | |
| Created By: | Mika Nikula | Last Updated By: | 1.2.2012 |
| Date Created: | 1.2.2012 | Date Last Updated: | |
| Actors: | Anturi | | |
| Description: | Anturilta tulevan signaalin vastaanotto | | |
| Trigger | Sadeanturin keinuastia kippaa | | |
| Normal Flow: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulon INTO tila muuttuu arvoon 1 2. Mennään keskeytysaliohjelmaan 3. Odotetaan kytkinvärähtely 4. Lisätään ja tallennetaan muutokset muuttujaan 5. Palataan odottamaan keskeytyksiä Power-save tilaan | | |

| | | | |
|-----------------------|--|---------------------------|----------|
| Use Case ID: | 2 | | |
| Use Case Name: | Anturisignaalin käsittely | | |
| Created By: | Mika Nikula | Last Updated By: | 1.2.2012 |
| Date Created: | 1.2.2012 | Date Last Updated: | |
| Actors: | Mikrokontrolleri | | |
| Description: | Sademäärätiedot käsitellään | | |
| Trigger: | Vuorokausitietojen kokoamisajankohta on saavutettu 23.45.00 | | |
| Normal Flow: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mennään keskeytysaliohjelmaan 2. Haetaan tieto muuttujasta ja kerrotaan kippaustilavuudella 3. Saatuu tulos muutetaan kokonaisluvuksi 4. Tallennetaan kokonaissademäärä 6. Nollataan muutokset muuttuja | | |

| | | | |
|-----------------------|--|---------------------------|----------|
| Use Case ID: | 3 | | |
| Use Case Name: | Sajaliikennelähetys | | |
| Created By: | Mika Nikula | Last Updated By: | 1.2.2012 |
| Date Created: | 1.2.2012 | Date Last Updated: | |
| Actors: | Mikrokontrolleri | | |
| Description: | Kokonaissademäärä sarjaliikenteen kautta GSM-moduulille | | |
| Trigger: | Tietojen lähetyssajankohta saavutettu 23.50.00. | | |
| Normal Flow: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mennään sarjaliikenteen lähetyssajankohtaan 2. Tarkastetaan, onko lähetyssajankohta tilaa 3. Lähetetään merkki datarekisteriin 4. Palataan kohtaan 2 tai palataan odottamaan keskeytyksiä Power-save tilaan. | | |

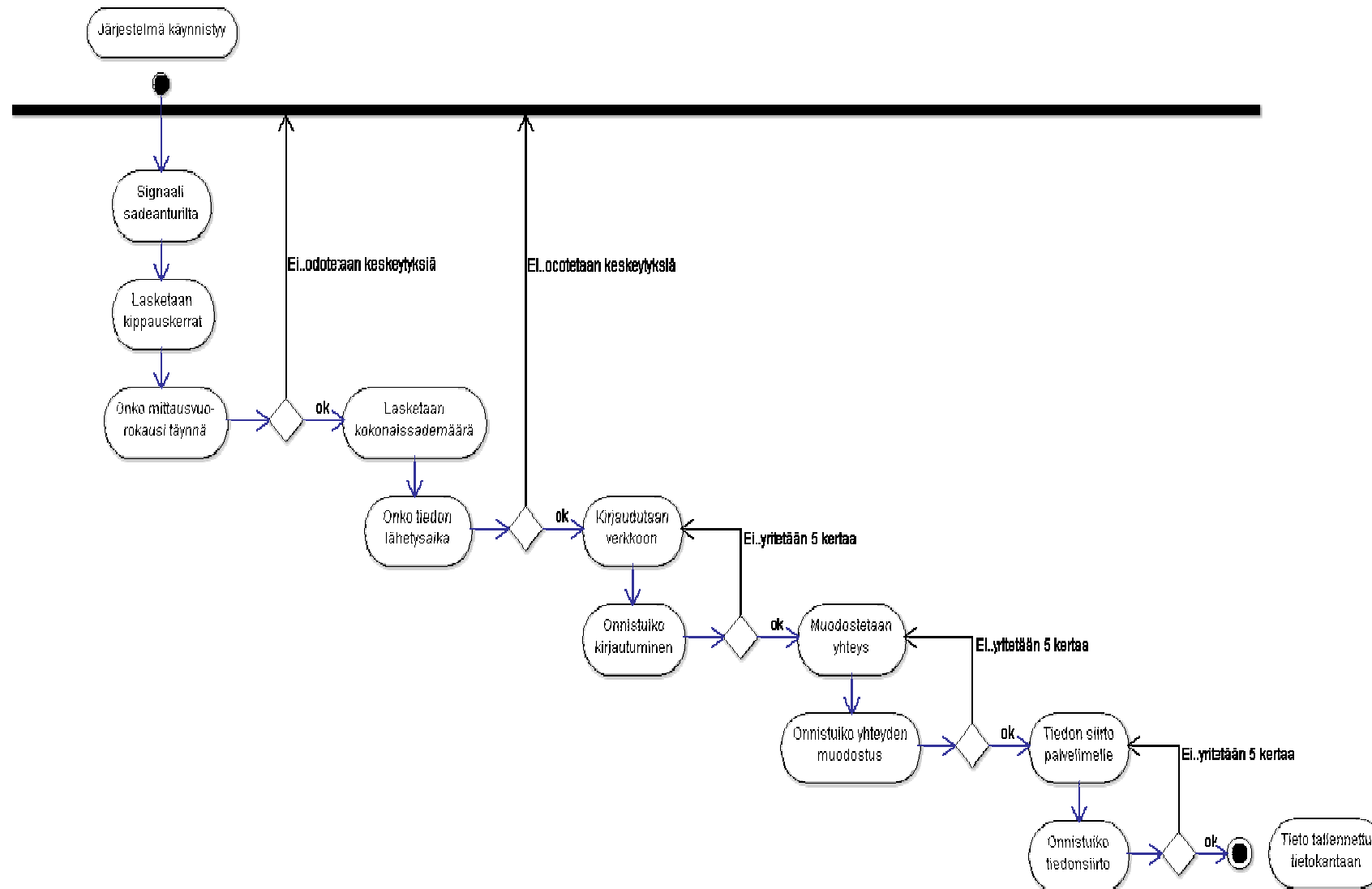
| | | | |
|-----------------------|---|---------------------------|----------|
| Use Case ID: | 4 | | |
| Use Case Name: | Sarjaliikennevastaanotto | | |
| Created By: | Mika Nikula | Last Updated By: | 1.2.2011 |
| Date Created: | 1.2.2011 | Date Last Updated: | |
| Actors: | Mikrokontrolleri | | |
| Description: | GSM-moduuli hakee tiedot sarjaliikenteestä | | |
| Trigger: | Tulee keskeytys vastaanotetusta tiedosta | | |
| Normal Flow: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mennään sarjaliikenteen vastaanottofunktioon 2. Luetaan tieto datarekisteristä 3. Tallennetaan tieto lähetyssajankohtaan varten 4. Nollataan kokonaissademäärämuuttuja 5. Palataan odottamaan keskeytyksiä Power-save tilaan | | |

| | | | |
|-----------------------|---|---------------------------|----------|
| Use Case ID: | 5 | | |
| Use Case Name: | Kello | | |
| Created By: | Mika Nikula | Last Updated By: | 1.2.2011 |
| Date Created: | 1.2.2011 | Date Last Updated: | |
| Actors: | Mikrokontrolleri | | |
| Description: | Kellon aika | | |
| Trigger: | Järjestelmän käynnistys | | |
| Normal Flow: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Lasketaan sekunteja 2. Lasketaan minuutteja 3. Lasketaan tunteja 4. Laskuri nollautuu ajan 23.59.59 jälkeen | | |

| | | | |
|---------------------------|---|---------------------------|----------|
| Use Case ID: | 6 | | |
| Use Case Name: | Tiedon lähetys | | |
| Created By: | Mika Nikula | Last Updated By: | 1.2.2011 |
| Date Created: | 1.2.2011 | Date Last Updated: | |
| Actors: | GSM-moduuli | | |
| Description: | Lähetetään tieto palvelimelle | | |
| Trigger: | Tiedonlähetyksen ajankohta on saavutettu 23.50.00 | | |
| Normal Flow: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mennään täyteen toimintatilaan 2. Mennään tiedonlähetysohjelmiaan 3. Rekisteröidytään verkkoon 4. Tarkistetaan ollaanko verkossa 5. Otetaan yhteys palvelimeen 6. Tarkistetaan onko yhteys muodostettu 7. Lähetetään data 8. Tarkistetaan lähtikö data 9. Mennään minimitoimintatilaan | | |
| Alternative Flows: | <p>Rekisteröinti verkkoon 5 kertaa, jos ei onnistu</p> <p>Yhteys palvelimeen 5 kertaa, jos ei onnistu</p> <p>Lähetetään data 5 kertaa, jos ei onnistu</p> | | |

| | | | |
|-----------------------|---|---------------------------|-----------|
| Use Case ID: | 7 | | |
| Use Case Name: | Palvelinohjelmisto | | |
| Created By: | Mika Nikula | Last Updated By: | 25.3.2011 |
| Date Created: | 25.3.2011 | Date Last Updated: | |
| Actors: | Palvelin | | |
| Description: | Otetaan tieto vastaan palvelimelle | | |
| Trigger: | Tieto saapuu palvelimelle | | |
| Normal Flow: | <ol style="list-style-type: none">1. Otetaan saapuva data vastaan2. Avataan tietokantayhteys3. Tallennetaan data tietokantaan4. Suljetaan tietokantayhteys | | |

JÄRJESTELMÄN AKTIVITEETTIKAAVIO



TIETOKANNAN TESTAUSKOODI

```

<?
/*
Suoritetaan tietokantakysely ja tulostetaan kyselyn tulos taulukkoon
*/

// Avataan yhteys tietokantapalvelimeen
mysql_connect("xxxxxx","xxxxxx","xxxxxx");

// Valitaan tietokanta
mysql_selectdb("xxxxxx");

// Suoritetaan haku tietokannasta esim. päivämäärien mukaan toukokuulta

$query = "SELECT Paivamaara,Sademaara FROM mittaukset WHERE
mittaukset.Paivamaara between '2012-05-01' and '2012-05-31' order by Paivamaara";

// vastaus muuttujaan $result
$result = mysql_query($query);

?>
<table width="505" height="56" border=1 align="center" cellpadding=4 cellspacing=0
bordercolor="#FF9966" bgcolor="#66FFFF" id="calendar">
<tr>
<th height="26">Päivämäärä</th>
<th>Sademäärä</th>
</tr>

<?

// Lasketaan sademäärä yhteen toukokuun ajalta

$sade = mysql_query("SELECT Sademaara FROM mittaukset WHERE
mittaukset.Paivamaara between '2012-05-01' and '2012-05-31'");
$summa = 0;
while($sade2 = mysql_fetch_array($sade)) {
$summa += $sade2["Sademaara"];
}

```

```
/*
For silmukka, joka suoritetaan niin monta
kertaa kuin rivejä on.

mysql_result-funktio, joka antaa
tietyn sarakkeen arvon.
*/

for($laskuri = 0; $laskuri < mysql_numrows($result); $laskuri++) {
?><tr>
<td height="28"><?echo mysql_result($result,$laskuri,"Paivamaara")?></td>
<td><?echo mysql_result($result,$laskuri,"Sademaara")?></td>
</tr>
<?
}
?>
</table>
<br>
<strong>
<?

// Tulostetaan toukokuun kokonaissademäärä

print("Kokonaissademäärä toukokuussa on $summa millimetriä <br>");

// Suljetaan tietokantayhteys

mysql_close();
?>
```