

Pekka Kähkönen

## **HYDROPONISEN KASVATUSLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO**

# **HYDROPONISEN KASVATUSLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO**

Pekka Kähkönen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikka

---

Tekijä: Pekka Kähkönen

Opinnäytetyön nimi: Hydroponisen kasvatuslaitteiston käyttöönotto

Työn ohjaaja: Timo Heikkinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014      Sivumäärä: 39

---

Tämän opinnäytetyön tausta on Perunantutkimuslaitoksen (PETLA) ja Maa ja elintarviketeollisuuden tutkimuskeskuksen (MTT) yhteisessä kasvinravitsemushankkeessa. Hankkeessa tutkitaan siemenperunan kasvattamista hydroponisesti (HCS Hydro Crop solution). Kasvatuksessa käytetty laitteisto piti korjata ja laitteiston säädöt ja kasvatusolosuhteet täytyi optimoida.

Työ aloitettiin tutustumalla perunan vaatimiin kasvatusolosuhteisiin ja käytössä olevaan kasvatuslaitteistoon. Työn tavoitteena oli toimiva HCS -laitteisto, sekä käyttöohjeiden laadinta hydroponiseen siemenperunan kasvatukseen.

Lopputuloksena saatiin täysin toimiva HCS -kasvatuslaitteisto ja käyttöohjeet perunantutkimuslaitokselle siemenperunan kaupalliseen tuottamiseen.

---

Asiasanat: peruna, hydroponinen kasvatus, Netafim,

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Automation Technology

---

Author: Pekka Kähkönen

Title of thesis: Commissioning of Hydroponic Farming Equipment

Supervisor: Timo Heikkinen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014 Pages: 39

---

The background of this thesis is a joint research project with the Potato Research institute (PETLA) and the Agrifood Research Finland (MTT). In this project the hydroponical production of seed potato is studied (HCS Hydro Crop Solution). Flaws in the hydroponic system had to be fixed and the settings of the system and the growth conditions needed to optimized.

Work started by studying what conditions are needed to grow potatoes and getting familiar with hydroponic system. The aim of this thesis was to fix and adjust the hydroponic system and write instructions for Potato Research Institute for seed potato production.

The end result was a fully functional HCS system and instructions for Potato Research Institute for commercial seed potato production.

---

Keywords: potato, hydroponics, Netafim

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Perunantutkimuslaitoksen toimitusjohtajaa Jussi Tuomistoa tämän opinnäytetyön tilaamisesta. Lisäksi kiitän MTT:n vanhempaa tutkijaa sekä Oulun MTT:n yksikön tiiminvetäjää Elina Virtasta, joka ehdotti minua ja tätä opinnäytetyön aihetta Perunantutkimuslaitokselle. Lisäksi suuret kiitokset kuuluvat MTT:n tutkijalle, tohtori Riitta Laitiselle, jonka ansiosta kaikki edellä mainittu oli mahdollista.

Oulussa 6.5.2014

Pekka Kähkönen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 HANKKEEN PERUNANTUTKIMUS	9
2.1 Perunatutkimuslaitos	9
2.2 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT	9
2.3 Perunanviljely Suomessa	10
2.4 Hydroponinen viljely	12
2.5 Hydroponisen laitteiston toimintakuvaus	14
2.6 Netafim älykäs kastelujärjestelmä	17
3 KASVATUSLABORATORIO	19
3.1 Kasvatushuoneet	19
3.2 Edellisen kasvatuskauden ongelmat	21
3.2.1 Laitteiston käynnistysongelmat	21
3.2.2 Puutteellinen annostus	21
3.2.3 Ohjelmisto- ja yhteysongelmat	22
4 ONGELMIEN KORJAUS	24
4.1 Binääritulojen liitännät ja niiden konfigurointi	24
4.2 Nestevirtaukset ja annostelu	28
4.3 Annostelu	29
4.4 Ohjelmisto- ja nettiyhteysongelmat	29
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	33
6 POHDINTA	35
LÄHTEET	37

## LYHENTEET

COM	Communication port. Sarjaportti
Dry Con	Dry Contact. Ylä- tai alarajakytkin
EC	Electrical conductivity. Sähkönjohtavuus nesteessä. Siemens / metri. S/m.
HCS	Hydro Crop Solution. Hydroponinen kasvatus
I/O	Input/output
LYNET	Luonnonvara ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä
MTT	Maa ja Elintarviketeollisuuden Tutkimuskeskus
NFT	Nutrient Film Technology
PETLA	Perunantutkimuslaitos
pH	Happamuus kuvaa positiivisten vetyionien (H <sup>+</sup> ) (protonien) aktiivisuutta liuoksessa
PI-kaavio	Putkitus ja instrumentointi -kaavio
RS-485	Sarjaliikenneväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti
USB	Universal Serial Bus. Sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöntekijä on työskennellyt Perunatutkimuslaitoksen ja MTT:n yhteisessä kasvinravitsemushankkeessa. Hankkeen kasvinravitsemuslaboratorio sijaitsee Oulun yliopiston tiloissa, vanhassa yliopiston koe-eläinlaitoksessa. Perunatutkimuslaitos on vuokrannut sieltä tilat, joissa sijaitsee HCS (Hydro Crop Solution) -laitteisto. Laitteistolla kasvatusta tapahtuu niin sanotussa NFT (Nutrient Film Technology) -systeemissä. Siinä kasvin juuret kasvavat muovilla päällystetyissä kasvatuskouruissa, joissa kasville välitetään vettä, ravinteita ja happea. Kasvualustana toimii nailonkangas. Kasvi saa kaikki tarpeelliset ravinteet kasvu- ja tuotantokauden aikana. Ravintoliuokset kiertävät suljetussa järjestelmässä, minkä ansiosta ravinteita ei mene hukkaan.

Kasvatusolosuhteita kuten valaistusta, ilman lämpötilaa ja kosteutta voidaan säätää tarpeen mukaan. Menetelmä mahdollistaa sadon keräämisen tuhoamatta kasveja (kuva 3). Koska kasvuolosuhteet ovat pitkälle optimoituja voidaan menetelmällä tuottaa huippulaatuisia minimukuloita koko kasvin elinajan. Hankkeen tavoitteena on saada tietoa siitä, kuinka perunan ravinteiden otto sekä mikrobilisien käyttö olisi optimoitavissa hallituissa olosuhteissa perunan kasvuun ja kehitykseen. (1; 2; 3.)

Opinnäytetyön tekijällä oli vastuullaan hankkeen teknologia, ilmastointi, lämpötilat, kosteus, valaistussäädöt sekä HCS-laitteiston asetukset ja toiminta kasvatushuoneissa. Laitteisto oli hankittu kesällä 2012, ja silloin kasvatusolosuhteissa ja HCS -laitteiston asetuksissa ja toiminnassa oli ollut ongelmia.

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin laitteistossa olevien ongelmien korjaaminen sekä käyttöohjeiden laadinta siemenperunan hydroponiseen kasvatukseen. Käyttöohje tulee työn liitteeksi ja vain tilaajan käyttöön. Työn onnistuneen lopputuloksen saamiseksi vaadittiin tekijältä ennalta opittujen tietojen lisäksi perehtymistä laitteistoon, perunan kasvatukseen sekä kasvatus- ja valaistusolosuhteisiin. Haasteita antoi myös sähkökuvien, PI-kaavioiden (Putkitus ja Instrumentointi) sekä toimintakuvauksen puuttuminen.



## **2 HANKKEEN PERUNANTUTKIMUS**

### **2.1 Perunatutkimuslaitos**

Perunantutkimuslaitos on perustettu vuonna 1982, ja sitä pitää yllä tarkkelys- ja ruokaperunateollisuuden, sekä MTK:n perustama perunantuotannon tutkimus- ja kehityssäätiö. Rahoituksesta vastaavat perunanviljelijät yhdessä teollisuuden kanssa. (2; 3.)

Perunantutkimuslaitos toimi Hämeenlinnan Lammilla perustamisesta 1982 alkaen lähes 29 vuotta. Maaliskuun 1. päivästä 2011 alkaen laitos on uudessa ympäristössä Seinäjoen Ylistarossa MTT Ylistaron kanssa yhteisissä toimitiloissa. Ylistarossa vakinaisen henkilökunnan määrä on seitsemän työntekijää. Osa työntekijöistä, varsinkin kausi- ja tilapäistyövoima, on yhteistä MTT Ylistaron kanssa. Toiminta-alueet ovat tutkimus, tiedonvälitys ja palvelut. (2; 4; 5.)

### **2.2 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT**

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT on Suomen johtava ruokajärjestelmän vastuullisuutta, kilpailukykyä ja luonnonvarojen kestävää hyödyntämistä kehittävä tutkimuskeskus. MTT toimii maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. MTT:n Oulun Agrobiotekniikka-tiimi keskittyy perunan kasvifysiologiaan ja viljelytekniikkaan, kasvitautidiagnostiikkaan ja -torjuntaan sekä elintarvikkeiden turvallisuuteen, uusiin elintarvikesovelluksiin ja elintarvikeketjun sivuvirtojen hyödyntämiseen. Toimipaikka sijaitsee Oulun yliopiston kampuksella Linnanmaalla yhdessä muiden luonnonvara- ja ympäristötutkimuslaitosten (LYNET) kanssa. Kenttätoiminnot ovat pääosin Limingassa. Perunalaboratorio toimii sekä tutkimus- että palvelulaboratoriona. Se tarjoaa perunalle vastaaine- ja DNA-teknologiaan perustuvia analyysejä, mm. piilevän tyvimädän ja virustautien määrittämiä. (4; 5.)

### 2.3 Perunanviljely Suomessa

Perunaa viljellään Suomessa noin 25 000 hehtaaria. Tästä ruokaperunaa on 11 000, ruokateollisuusperunaa 3 500, tärkkelysperunaa 6 200, varhaisperunaa 1 000 ja sertifioitua siemenperunaa 1 300 hehtaaria. Perunan viljely on viime vuosikymmenten aikana keskittynyt läntiselle rannikkoalueelle. Ruokaperunasta viljellään kaksi kolmannesta Pohjanmaalla. Ruokateollisuusperunan viljelyalasta reilu puolet on Pohjanmaalla, yli viidennes Ahvenanmaalla ja reilu kymmenes osa Satakunnassa. Tärkkelysperunan viljely jakautui vuonna 2010 lähes tasan Etelä-Pohjanmaan ja Satakunnan kesken, joilla alueilla myös tehtaat sijaitsevat. Varhaisperunasta lähes 70 % tuotetaan Varsinais-Suomessa. Pohjois-Pohjanmaa tuottaa sertifioidusta siemenperunasta kolme neljänestä. (6.)

Terve siemen on perunanviljelyn a ja o, sillä perunan taudit ja tuholaiset leviävät useimmiten juuri siemenperunan mukana. Kunhan siemen on tervettä, suurin osa perunan tautiongelmista on jo voitettu. Lisäksi jotkut taudit ja tuholaiset, kuten peruna-ankeroinen, perunasyöpä ja maltokaarivirus, voivat jäädä peltoon jopa vuosikymmeniksi sinne kerran päästyään. Perunan taudeista perunarutto ja seittikin selviävät maassa muutaman vuoden ilman perunaa. Perunaruton itiöt säilyvät vuodesta toiseen pääosin siemenperunassa. Jossakin määrin se säilyy myös talvehtivissa mukuloissa. Suomessa noin 90 % ruokaperunan siementuotannosta viljellään Tyrnävä–Ylivieska-alueella. (7; 8.)

Mini- tai mikromukuloilla tarkoitetaan noin 20 mm halkaisijaltaan olevia siemenperunoita, jotka on kasvatettu mikrokasveista (kuva 1) täysin steriilissä ympäristössä. Kun on tarkoitus tuottaa siemenperunaa, ei mukuloiden tarvitse olla isompia. Näin saadaan kappalemääräisesti suurempi sato, eikä ravintoliuosta kulu mukulan koon kasvattamiseen (kuvat 2 ja 3). (9.)



*KUVA 1. Agarissa kasvatettuja perunan mikrotaimia (10).*



*KUVA 2. Istutetut mikrotaimet HCS-laitteistossa (kuva: Pekka Kähkönen.)*



*KUVA 3. Kehitysasteella olevia minimukuloita (11).*

## 2.4 Hydroponinen viljely

Living Foods on hollantilainen yritys, joka on keskittynyt ruoantuotannon kehittämiseen. Living Foods tarjoaa konsultointia sekä kehittää maataloudelle erilaisia tuotantotapoja, josta esimerkkinä Hydroponics (HCS) siemenperunan tuotantoon. Living Foods tekee yhteistyötä valtioiden, yliopistojen ja eri tutkimuslaitosten kanssa, esimerkkinä Suomessa MTT ja PETLA. Tuoteportfolioon kuuluvat, konsultointi, ravintoliuokset ja kasvatuslaitteistot, joilla elintarvikkeita voidaan kasvattaa virusvapaina ympäristöissä (HCS), mukaan lukien kasvatus urbaanissa ympäristössä. (2; 5; 12.)

Living Foods on kehittänyt ja patentoinut menetelmän siemenperunan tuottamiseen hydroponisesti. Hydroponics on kasvien kasvatustekniikka, jossa multaa käytetään kasvualustassa vain osittain (puolihydro) tai sitä ei käytetä lainkaan (täyshydro). Mullan sijasta käytetään erilaisia väliaineita, jotka antavat kasville tukea ja suojaavat juuria valolta sekä kuivumiselta sitomalla ravinneliuosta itseensä. (13.) Perunat kasvatetaan nesteessä patentoitujen ravintoliuosten avulla. Näin voidaan optimoida ravinteiden laatu sekä annostus kasvatuksen eri vaiheissa. Menetelmä takaa puhtauden kaikista maalevintäisistä kasvin-tuhoojista, sillä mahdollista saastunutta maata ei ole. (12.) Laite ja toimintamalli on vielä prototyyppiasteella, mutta lupa käyttää tietoja tässä opinnäytetyössä on saatu Timo Ter Voortilta (14).

Kasvatuksessa käytetyt Living Foodsin patentoimat ravintoliuokset (kuva 4) sisältävät luonnollisia mineraaleja (15). Ravintoliuosten laimennussuhde on noin 1:50 tai 1:60, riippuen kasvatusvaiheesta. Ravintoliuosten väkevyys määritellään kuitenkin sähkönjohtavuudella, sähkönjohtavuus (EC, Electric conductance) on 1,2 – 1,5 S/m, riippuen kasvatusvaiheesta ja käytössä olevasta ravintoliuoksesta (16; 17). Ravintoliuosten pH eli happamuus lasketaan 5,8:aan käyttäen salpietarihappoa (kuva 5). Happamuuden laskulla luodaan olosuhteet, joissa kasvien ravinnon saanti voidaan optimoida. (17; 18.) Hankeen aikana käytettiin kolmea erilaista kasvatusliuosta, joiden koostumus on optimoitu kunkin kasvatusvaihetta varten. Viljely kostuu kolmesta eri vaiheesta. Ensimmäinen vaihe on kasvin kehittyminen ja kasvaminen, toinen vaihe on induktiovaihe, jonka aikana kasvi tuottaa minimukuloita. Kolmas vaihe on tuotantovaihe. (19.)



*KUVA 4. Living Foods -ravintoliuostiiviste (kuva: Pekka Kähkönen.)*



*KUVA 5. Salpietarihappo (kuva: Pekka Kähkönen.)*



*KUVA 6. Valmista hapotettua ravintoliuosta kasvatushuoneessa (kuva: Anu Kankaala.)*

## 2.5 Hydroponisen laitteiston toimintakuvaus

HCS-kasvatustilasto koostuu keskusyksiköstä (kuva 7), kolmesta raakaravintoliuossäiliöstä, yhdestä happosäiliöstä, kahdesta kasvatushuoneesta sekä huoneissa olevista kasvatuskaukouruista, kasvatushuoneiden ravintoliuossäiliöistä, molemmissa huoneissa olevista kasteluyskiköistä sekä olosuhdeblokeista (kuva 8). Olosuhde -blokki sisältää lämpötila- ja kosteusanturit (kuva 9). Lisäksi on vielä puhtasvesisäiliö jossa hanavesi saa lämmitä huoneen lämpöiseksi ennen käyttöä (kuva 8).

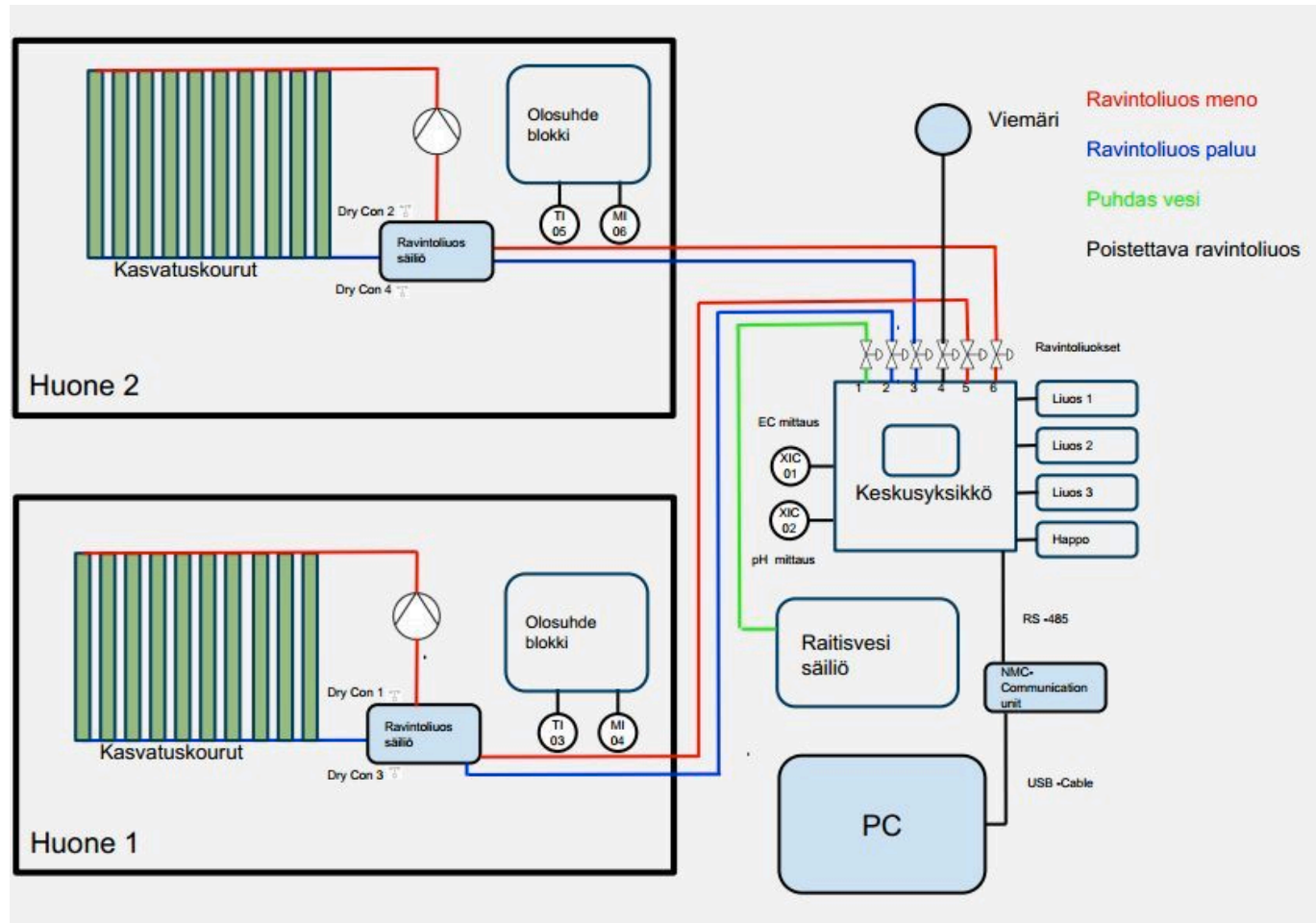


*KUVA 7. Keskusyksikkö (kuva: Pekka Kähkönen.)*

Aluksi keskusyksikkö täyttää huoneissa olevat ravintoliuostankit. Tämän jälkeen kierrätetään ravintoliuosta tankkien ja keskusyksikön välillä ravintoliuosta tai happoa lisäten. Ravintoliuosta kierrätetään niin kauan, kunnes haluttu EC tai pH on saavutettu. Huoneissa olevat pumppuyksiköt pumppaavat ravintoliuoksen kasvatuskouruihin, joissa virtaus on 0,5 l / min / kaukalo. Kaukaloiden mitat ovat 2500 \* 300 \* 50 mm. Kummassakin huoneessa on kymmenen kasvatuskaukaloa, yhteensä siis 20 kpl. Niiden yhteispinta-ala on 15 m<sup>2</sup>.

Kasvien kastelu käynnistyy ja sammuu yhtä aikaa päävalojen syttymisen ja sammumisen kanssa. Päävalot ovat LED-valaisimia, joilla simuloidaan auringonvaloa (kuva 12). Sitä ennen on ollut kuitenkin yhden tunnin hämärävalo-aika, jolloin kasvit heräävät. Hämrävaloja käytetään myös kasvien nukuttamiseen. Hämrävalaistuksella simuloidaan auringon nousua ja laskua. Tämä on välttämätöntä, jotta peruna saadaan tuottamaan mukuloita.

Tankit täytetään automaattisesti ennen kastelun alkua. Kun tankit on täytetty, käynnistyvät ravintoliuosten päivitysohjelmat (Create Value Tank). Päivitysohjelmissa tarkoitetaan ravintoliuosten EC:n sähkönjohtavuuden ja pH:n tarkistamista tai korjaamista asetusarvoihin. Tämä tapahtuu noin tunti ennen kasvien herättämistä. Operaattorin täytyy pitää huoli, etteivät ravintoliuos- ja happosäiliöt pääse tyhjiksi.



KUVA 8. Laitteiston PI-kaavio (kuva: Pekka Kähkönen.)





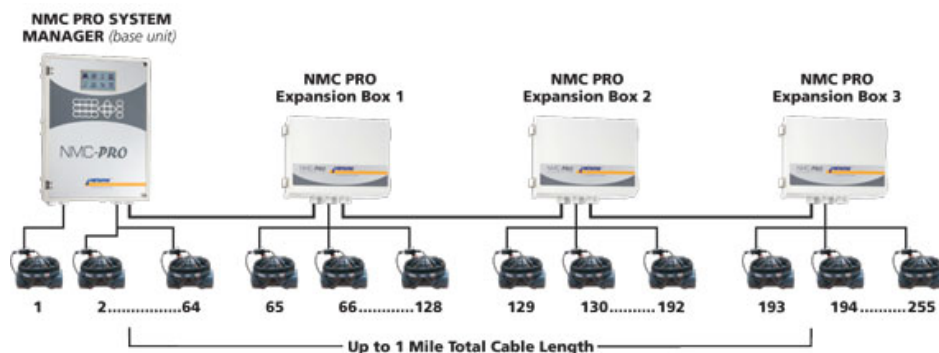
*KUVA 9. Huone 1 Kuvattuna 15.7.2013. Kuvassa näkyy olosuhde -blokki, jossa ovat huoneen lämpötila ja kosteusanturit sekä lisäjäähdytin. Lajikkeet Timo ja Van Gogh. (Kuva: Pekka Kähkönen.)*

## **2.6 Netafim älykäs kastelujärjestelmä**

Netafim on 1965 perustettu israelilainen yritys, joka on keskittynyt kasvien kas-  
telu- tippukastelu- ja kasvihuonelaitteistoihin. Netafimillä on kolmannes maail-  
man mikrokastelumarkkinoista. (20.)

Netafim NMC-PRO (kuva 10) on kastelun ohjausjärjestelmä kasvihuoneisiin  
sekä erilaisiin maatalousratkaisuihin. Laitteistolla voidaan ohjata kastelua sekä  
ravintoliuosten sekoitussuhdetta. Kastelu voidaan ohjelmoida auringon säteily-  
n, kellon tai tuulen mukaan. Kaikkien näiden yhteisvaikutus voidaan huomioida  
kastelua suunniteltaessa. Laitteistolla pystyy ohjaamaan myös venttiileitä, suo-  
dattimien puhdistusta, jäähdytystä yms. NMC-PRO:lla voidaan ohjata enimmäis-

lään 50 eri kasvihuonetta. Ilman laajennusyksiköitä laitteistossa voi olla 16 digitaalista ja 22 analogioista tuloa, 64 24 V:n lähtöä tai 64 relekontaktia. (21.)



KUVA 10. NMC-PRO-paneeli laajennusyksiköin (21).

NMC-PRO on kytketty tietokoneeseen, jolla pystytään monitoroimaan olosuhteita ja ohjaamaan laitteistoa etäyhteydellä, jota myös paljon käytettiin. Etäyhteyden ottaminen vaatii, että tietokone on yhteydessä internetiin. Lähes kaikki säädöt voidaan tehdä etäyhteydellä, joten paikalla olo ei aina ole välttämätöntä.

EC- ja pH -yksikkö yhdessä NMC-PRO:n kanssa huolehtii ravintoliuosten laadun mittauksesta. NMC-PRO ohjaa EC- ja pH -yksikön toimintaa. EC- ja pH -yksikkö toimii siis orjalaitteena NMC-PRO:lle. (21; 22.)



KUVA 11. Netafim EC ja pH -yksikkö (22).

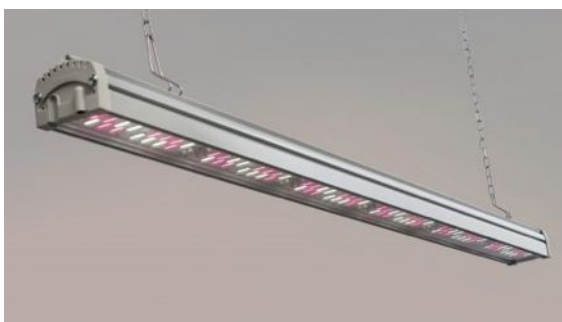
## 3 KASVATUSLABORATORIO

### 3.1 Kasvatushuoneet

Kasvatushuoneet, joita on kaksi, ovat noin 20 m<sup>2</sup>:n kokoisia ja kosteussuojattuja. Tämä mahdollistaa korkeat ilmankosteudet, jotka ovat välttämättömiä perunan kasvulle (19). Kasvatushuoneet ovat suljettuja tiloja, johon ilma tuodaan ilmastointikoneen kautta suodatettuna. Tilat pyritään pitämään mahdollisimman tiiviinä ja näin eliminoimaan hyönteiset ja muut ulkoiset tekijät, jotka voisivat levittää viruksia tai aiheuttaa bakteeri- ja sieni- kontaminaatiota.

Olosuhteet ovat säädettävissä niin lämpötilan kuin kosteudenkin suhteen. Lämpötilat säädetään erikseen yölle sekä päivälle. Kosteus on kasvatuksen alussa viikon ajan noin 90 % ja muun kasvatuksen aikana noin 70 %. Optimilämpötilat ovat päivällä noin 20 °C, yöllä noin 15 °C (19). Yöllä kasvit eivät yhteytä, joten kosteutta tuottavat höyrykehittimet sammutetaan yöksi.

Valaistusaikaa muutetaan kasvatussyklin mukaan. Valaistusajalla simuloidaan päivän pituutta. Päivän pituus vaihtelee 10 ja 16 tunnin välillä. Ennen ja jälkeen varsinaista päivävaloa on tunnin hämärävaloaika. (19.) Päivävalaistus tuotettiin Valoyan LED-valaisimilla (kuva 12), joita on kuusi kappaletta kummassakin huoneessa, ja hämärävalaistus Philipsin halogeenivalaisimilla (kuva 13), joita on neljä kappaletta huoneessa. Kosteus tuotettiin Vapac LE -höyrykehittimillä, yksi kumpaakin huonetta kohden (kuva 14).



*KUVA 12. Valoya-LED-valaisin (23)*



*KUVA 13. Philips-halogeenivalaisin (kuva: Pekka Kähkönen.)*



*KUVA 14. Vapac LE 9 kW -höyrykehitin (24).*

## **3.2 Edellisen kasvatuskauden ongelmat**

### **3.2.1 Laitteiston käynnistysongelmat**

Ensimmäisen kasvatuskokeilun aikana kesällä 2012 laitteistossa oli joukko ongelmia, joista yksi oli käynnistysongelma. Laitteistoa ei saanut käyntiin, jos jommassakummassa huoneessa ravintoliuostankki oli tyhjä. Laite oli tällöin External Pause -tilassa, joka estää käynnistymisen, ennen kuin External Pause -tila on poistettu. Tila ei taas poistunut, ennen kuin molemmissa tankeissa oli ravintoliuosta ja hälytys kuitattu. Laitteistolla ei siis pystynyt edes aloittamaan työskentelyä, ennen kuin tankit oli käsin täytetty.

### **3.2.2 Puutteellinen annostus**

Kun laitteistoa ei ollut säädetty, osa venttiileiden virtausarvoista olivat vääriä ja osassa niitä ei ollut määritelty ollenkaan, ei ravintoliuosten päivitys toiminut liian suurten tai puutteellisten virtausarvojen takia. Virtausarvoilla tarkoitetaan ravintoliuosten virtaamisnopeutta ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) laitteistossa sen käydessä. Virtausarvot pitää määritellä jokaiselle venttiilille erikseen, vaihteluväleineen. Annostelu toimii vain, jos virtaus on laitteiston käydessä minimi- ja maksimiarvojen välillä.

Päivitysohjelmat olivat käynnistyneet oikeaan aikaan, mutta ravintoliuosta tai happoa ei tankkeihin mennyt. Tämä aiheutti sen, että ravintoliuokset olivat liian laimeita, EC liian alhainen ja pH liian korkea. EC sekä pH oli laitettu käsin kohdalleen käyttäen apuna kannettavaa EC- ja pH-mittaria (kuva 15). Hapon annostus käsin on todella tarkkaa ja sen annostukseen oli käytetty pipettiä. Jo muutama tippa käytössä ollutta happoa vaikutti merkittävästi ravintoliuoksen happamuuteen. On selvää, että ravintoliuosten pitäminen hyväksyttävällä tasolla on ollut melkoinen työ tehdä käsin.

Toinen ongelma oli, että kun EC:n ja pH:n päivitys olivat samalla ohjelmalla, varsinkin pH:n päivitys oli ongelmallista. Ravintoliuos, jolla EC laitetaan kohdalleen, on myös hapanta. Tämä aiheutti tilanteen, että pH oli päivityksen jälkeen liian matala, koska pH asettui nopeammin asetusarvoonsa ja EC vielä jatkoi päivitystään. Näin ohjelman loputtua oli EC kohdallaan, mutta pH liian matala.



*KUVA 15. Bluelab combo meter, jolla voidaan tarkistaa EC ja pH. Käytettiin myös verrokkimittarina. (25.)*

### **3.2.3 Ohjelmisto- ja yhteysongelmat**

Yksi ongelma oli tietokoneen tahmea toiminta. Kone ei millään totellut hiirtä, ei edes uudelleenkäynnistyksen eikä Windowsin päivityksen jälkeen. Syyksi paljastui Probot Skypecam -ohjelmisto. Ohjelmisto käytti 97 % prosessorin kapasiteetista. Ohjelma on Pythonilla tehty Skype-lisäosa. Skypen välityksellä voidaan katsoa kasvatushuoneissa olevien kameroiden välittämää kuvaa kirjoittamalla omaan Skypen viestikenttään esimerkiksi "Kamera 1", jolloin huoneen 1 kameran kuva näkyy Skypessä. Toinen ohjelmistoihin liittyvä ongelma oli Netafim NMC -ohjelmisto, jossa Sensors Log -valikko toimi satunnaisesti ja lopetti kesän 2013 aikana toimimisen kokonaan. Kolmas ongelma oli internet-yhteyden varmistaminen. Edellisenä kesänä oli käytetty nettitikkoa internet-yhteyden luomiseen. Yhteys nettitikulla oli toiminut huonosti, nettiyhteys oli menetetty välillä kokonaan ja etäyhteyden ottaminen tietokoneeseen oli ollut mahdotonta.

Pian kuvan 16 kuvakaappauksen ottamisen jälkeen Sensors Log -valikko lopetti toimintansa. Listauksessa on ylimääräisiä nollia, joissa on virheellinen päiväys.

HISTORY		Sensors Log - 1						
		Date	Time	AvgTemp	Temp-1	Temp-2	Avg-Hum	Hum-1
Irrigation Log		30/11/1999	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rad/MPD Sum and Drain Log		04/07/2013	15:00	20.7	20.2	21.3	77.1	75.4
Uncompleted Irrigation		30/11/1999	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Uncompleted Programs		04/07/2013	14:00	20.3	19.7	20.9	76.3	75.0
Daily Irrigation		04/07/2013	13:00	20.3	19.6	21.0	75.6	74.7
Irrigation Accumulation		30/11/1999	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Water and Aux Meter Accum.		04/07/2013	12:00	20.2	19.4	21.0	75.5	75.0
Accumulation Reset		04/07/2013	11:00	20.3	19.6	21.1	75.6	75.6
Filters		04/07/2013	10:00	20.4	19.8	21.1	75.2	75.0
Cooling		04/07/2013	09:00	20.2	19.5	20.9	75.8	74.8
Sensors Log		04/07/2013	08:00	19.6	19.0	20.2	77.3	75.3
Event Log		30/11/1999	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
System Log		04/07/2013	07:00	18.6	17.9	19.4	77.5	75.5
		30/11/1999	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		04/07/2013	06:00	16.9	16.0	17.8	60.0	59.7
		04/07/2013	05:00	16.6	15.6	17.6	61.4	61.3
		04/07/2013	04:00	16.7	15.8	17.5	61.6	61.8
		04/07/2013	03:00	17.0	16.2	17.8	64.4	65.1
		04/07/2013	02:00	17.2	16.4	18.0	65.4	65.8
		04/07/2013	01:00	17.4	16.6	18.2	67.2	67.2

*KUVA 16. Sensors Log ennen korjausta.*

Sensoreitten mittausarvoista piti olla mahdollisuus piirtää histogrammia. Tämä ei kuitenkaan onnistunut, vaan ohjelmisto kaatui, kun sitä yritti.

## 4 ONGELMIEN KORJAUS

Opinnäytetyön tekijälle kerrottiin lämpötila- ja kosteusongelmista, joita oli ollut kesän 2012 koeviljelyssä. Sen sijaan laitteistossa olevista ongelmista ei osattu kertoa. Tiedettiin, että ongelmia oli, mutta ei osattu tarkkaan kertoa, mikä on ollut vikana.

Toimintakuvausta, PI-kaaviota tai sähkökuvia ei ollut. Ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan tutustamalla laitteistoon, mikä tarkoitti sitä, että oli selvitettävä laitteiston rakenne, putkitukset ja sähköjohdotukset.

Ensimmäinen vaihe oli tutustua NMC-ohjelmistoon ja ohjelmiston eri valikoihin. Netafim NMC-PROlle löytyi asennusohjekirja, joka selvensi hiukan asioita. Laitteen toimintakuvaus selvisi yrityksen ja erehdyksen kautta, kokeilemalla, mitä kukin ohjelma tekee ja miksi.

Seuraava vaihe oli puhdistaa ja desinfioida laite, koska edellisen kasvatuserän jälkeen laitteisto oli puhdistettu vain osittain. Tämä osoittautui loppujen lopuksi eduksi, koska jouduin purkamaan laitteistoa, jotta sain kaikki osat puhtaiksi. Näin laitteisto tuli tutuksi.

### 4.1 Binääritulojen liitännät ja niiden konfigurointi

Seuraavaksi selvitettiin, miksi laitteisto ei käynnistynyt tankkien ollessa tyhjiä. Olin jo laitetta puhdistessa ja purkaessa miettinyt käynnistysongelmaa ja tullut siihen tulokseen, että vika täytyy olla alarajakytkimissä ja niiden toiminnan konfiguroinneissa. Koska sähköpiirustuksia ei ollut, oli seurattava, mihin alarajakytkimiltä tulevat kaapelit menevät. Lopulta selvisi, että tankkien alarajakytkimet oli kytketty samaan tuloon (kuva 17). Tulot oli vielä konfiguroitu siten, että jomankumman tankin alarajakytkimen ollessa päällä tuli External Pause -tila (kuva 18). Tämä tarkoitti sitä, että laite ei käynnisty, ennen kuin tila poistetaan. Tämä ei onnistunut muuten kuin nostamalla käsin molempien tankkien alarajakytkintä tavalla tai toisella ja kuittaamalla External Pause -hälytys. Toisen tankin ollessa tyhjä laite ei siis toiminut. Kuvasta 17 näkee, että tankkien alarajakytkimiltä tulevat kaapelit oli kytketty samaan tuloon, ylhäältä laskettuna tuloon nu-



mero 6. Kuvasta 18 näkee, että tulon Digital input -konfigurointi oli External Pause. Kuvassa 18 Dry Contact tarkoittaa ylä- ja alarajakytkimiä.

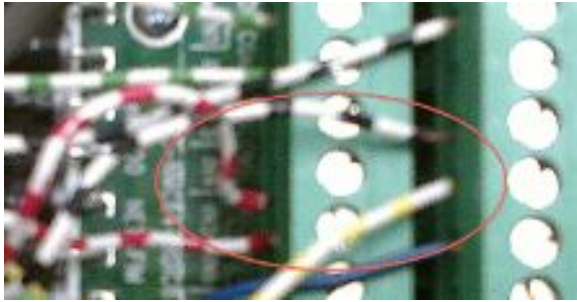


KUVA 17. Digital input -kortti ennen kytkentämuutoksia. (kuva: Pekka Kähkönen.)

Digital Input - 1			
		In	Input Function
▶	LOCAL	1	Water Meter 1
	LOCAL	2	Dry Contact 1
	LOCAL	3	Dry Contact 2
	LOCAL	4	None
	LOCAL	5	None
	LOCAL	6	External Pause
	LOCAL	7	Fresh Tank Empty
	LOCAL	8	External Alarm 1

KUVA 18. Digital input -konfigurointi ennen korjausta.

Molemmille alarajakytkimille oli laitettava oma tulonsa, jotta tankkien tyhjennys-ohjelmia ja muita ohjelmia voitiin ajaa riippumatta toisen tankin tilasta. Tankeilta tulevien alarajakytkimien tulot muutettiin siten, että tankilta 1 tuleva kaapeli kytkettiin tuloon 5 ja tankilta 2 tuleva kaapeli tuloon 6 (kuva 19). Tuloihin 5 ja 6 konfiguroitiin alarajakytkimet (kuva 20). Nämä toimenpiteet eivät vielä riittäneet, vaan vielä piti konfiguroida, mitä nämä tulot tekevät. Konfiguroinnit tehtiin EXT Condition -valikossa (kuva 21), ja lisäksi liitettiin EXT Condition -tiedot pääohjelmaan, joka tyhjentää tankit (kuva 23).



KUVA 19. Digital input -kortti korjauksen jälkeen (kuva: Pekka Kähkönen.)

Digital Input - 1			
		In	Input Function
▶	LOCAL	1	Water Meter 1
	LOCAL	2	Dry Contact 1
	LOCAL	3	Dry Contact 2
	LOCAL	4	None
	LOCAL	5	Dry Contact 3
	LOCAL	6	Dry Contact 4
	LOCAL	7	Fresh Tank Empty
	LOCAL	8	External Alarm 1

KUVA 20. Digital input -konfigurointi korjauksen jälkeen.

Kuvassa 21 on määritelty kellonajat, jolloin EXT Condition -ehdot ovat voimassa. Trigger Typeksi on valittu One Shot, jolloin ohjelma aktivoituu, kun kytkin on suljettuna. Dry Con tarkoittaa rajakytkimiä tankeissa. Dry Con 3 on tankin 1 alarajakytkin ja Dry Con 4 tankin 2 alarajakytkin. Dry Con 1–4 ovat kaikki Stop Dry Contact -kohdassa, jolloin kytkimen sulkeutuessa pääohjelman suoritus lopetetaan.

EXT. Condition - 1						
	Program No.	From hh:mm	To hh:mm	Start Dry Contact	Trigger Type	Stop Dry Contact
▶	1	23:00	22:59	None	One Shot	Dry Con 1
	2	23:00	22:59	None	One Shot	Dry Con 2
	3	23:00	22:59	None	One Shot	None
	4	23:00	22:59	None	One Shot	None
	5	23:00	22:59	None	One Shot	Dry Con 3
	6	23:00	22:59	None	One Shot	Dry Con 4
	7	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	8	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	9	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	10	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	11	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	12	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	13	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	14	- :- -	- :- -	None	One Shot	None
	15	- :- -	- :- -	None	One Shot	None

KUVA 21. EXT Condition -konfigurointi rajakytkimille.

Kuvassa 23 on tankin tyhjennysohjelma ennen korjausta ja kuvassa 23 jälkeen korjauksen.

Irrigation - 1												
Program:	5	Priority:	--	Const:	0%							
Start Time	--:--											
Clock Start	--											
Min. Time	--:--											
Valve #	2	+	4									
Run Time #	2	2										
Dosing Prog	--	--										
<div style="text-align: center;"> <span>←</span> <span style="margin-left: 100px;">▶</span> </div>												
Day:	1	1	1									
Dose / Water	W											

KUVA 22. Alkuperäinen tyhjennysohjelma.

Kuvassa 23 komento Const on vaihdettu komenttoon Cond ja 5 tarkoittaa, että EXT Condition on aktiivinen ohjelmalla numero 5. Valikkoon on tullut lisää Con starts, jossa On tarkoittaa, että EXT Condition -ohjelma on aktiivinen ohjelman (program) numero 5 kanssa. Cond 5 aktivoi siis Dry Contact 3:n (tankin 1 alarajakytkin) toimintaan tässä ohjelmassa.

Irrigation - 1												
Program:	5	Priority:	--	Cond:	5							
Start Time	08:00											
Clock Start	--											
Con. Starts	On											
Min. Time	--:--											
Max. Time	--:--											
Valve #	2	+	4									
Run Time #	10	10										
Dosing Prog	--	--										
<div style="text-align: center;"> <span>←</span> <span style="margin-left: 100px;">▶</span> </div>												
Day:	1	1	1									
Dose / Water	N											

KUVA 23. Tyhjennysohjelma korjauksen jälkeen.

Tyhjennysohjelma vaatii kellonajan ja Con Starts -kohtaan määrittymisen On toimiaukseen, mutta ohjelma ei saa käynnistyä kellonajan mukaan. Sen takia Clock Starts -kohta jätettiin tyhjäksi. Näin tyhjennysohjelmalla voidaan ajaa tarvittaessa käsin.

## 4.2 Nestevirtaukset ja annostelu

Ravintoliosten ja hapon annostus käynnistyy vain, kun nestevirtaukset on ovat annettujen raja-arvojen välissä. Virtausarvot määriteltiin ensin venttiilikohtaisesti (kuva 24). Sen jälkeen virtaukset asetettiin oikeisiin arvoihinsa käynnistämällä ohjelma ja säätämällä ohjelman käyttämät venttiilit niissä olevilla pyöritettävillä kuristimilla (kuva 26). Annostus tapahtuu sykäyksittäin magneettiventtiiliä avaamalla ja sulkemalla. Ravintoliuos tai happo imetään laitteiston putkistoon venturi-ilmiön avulla. Venturimittarissa on koho (kuva 27), josta nähdään annostuksen virtaus.

Valve Flow Rate - 1			
Valve No.	Nominal m3/h	Minimum m3/h	Maximum m3/h
1	0.700	0.525	0.875
▶ 2	2.000	1.500	2.500
3	0.100	0.075	0.125
4	1.000	0.750	1.500
5	1.000	0.750	1.500
6	1.400	1.050	1.750

KUVA 24. Valve Flow Rate -arvot. Venttiilien 1, 2 ja 3 arvot puuttuivat kokonaan.

Flow Rate Actual	1.669
Flow Rate Set	2.000

KUVA 25. Flow rate -arvot pääikkunassa ohjelman käydessä. Arvot ovat m<sup>3</sup>/h.



KUVA 26. Bermand PM - 10 -venttiilit ja virtausmittarit. (kuva: Pekka Kähkönen).



*KUVA 27. Venturi-virtausmittarit. (kuva: Pekka Kähkönen.)*

### **4.3 Annostelu**

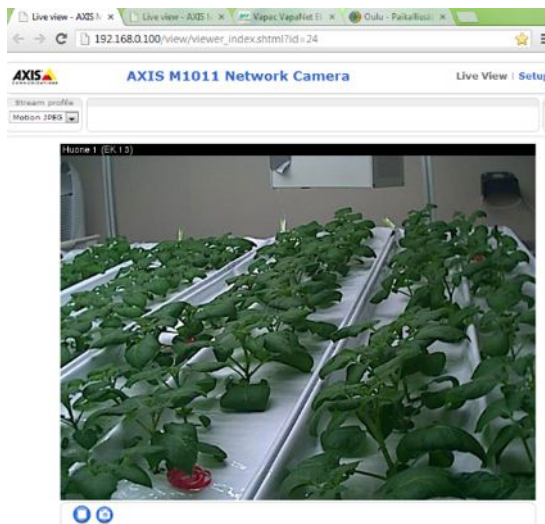
Kun annostelu oli saatu käynnistymään, muutettiin EC:n ja pH:n annostus eri ohjelmille. Kun ohjelmia käytetään, ensin ajetaan EC kohdalleen ja sitten pH. Näin ravintoliuoksen happamuus ei laske liian alas. Annostelun oikeat arvot ovat yhdistelmä annostuksen kestoa sekä ravintoliuoksen tai hapon määrää. Annostelu käsitellään tarkemmin tilaajalle tehdyssä käyttöohjeessa.

### **4.4 Ohjelmisto- ja nettiyhteysongelmat**

Oli selvää, että Probot Scypecam -ohjelmisto oli poistettava koneesta, jotta tietokoneen resursseja saatiin vapautettua. Kameroiden (kuva 28) käyttö piti myös tehdä helpommaksi. Kamerat konfiguroitiin uudestaan. Kamerat laitettiin näyttämään live-kuvaa nettiselaimessa. Nettiselaimen käyttöliittymään lisättiin mm. kuvankaappauspainike, jotta kuvia kasvun eri vaiheista on helppo ottaa. Näin saatiin sellaiset asetukset kuin haluttiin. (Kuva 29.)



*KUVA 28. AXIS M1011 -verkkokamera. (kuva: Pekka Kähkönen.)*



*KUVA 29. Kameran kuvaa nettiselaimessa. (kuva: Pekka Kähkönen.)*

Koska Sensors Log -valikko lopetti toimintansa kasvatuksen aikana kokonaan, oli sekin ongelma ratkaistava. Sensors Log näkyi normaalisti paneelissa, mutta ei tietokoneessa, josta sen olisi voinut etäyhteydellä tarkistaa. Kaikki kaapeloinnit ja niiden maadoitukset oli jo tarkistettu ja kokeiltu eri USB-porttia, mutta tuloksetta. Olin jo aikaisemmin ollut yhteydessä laiteen asentajaan (26), mutta kieliongelmiensa takia etsin Netafimin suomalaisen maahantuojan (27). Kävi kuitenkin selväksi, että siellä ei ole laitteistosta tietotaitoa, koska yritys ei tuo NMC-PROta maahan. Ainoaksi mahdollisuudeksi tuli soittaa Netafimille Israeliin. Netafimin Dror Silberstein arveli heti, että kyseessä on yhteensopivuusongelma



NMC-PROn ja tietokoneen ohjelmiston välillä (28). Dror pyysi kertomaan versionumerot molemmista. Toteutettu yhteys paneelin ja tietokoneen välillä on yhdistelmä RS-485 ja USB sarjaväylää joiden välissä on tietoliikenne muunnin (NMC -Communication unit). Toinen vaihtoehto olisi COM-portilla toteutettu yhteys, jota Dror piti parempana ratkaisuna. Dror otti etäyhteyden tietokoneeseen ja pyysi lupaa saada asentaa uudempi versio ohjelmistosta. Näin tehtiin, ja tietokoneen ohjelmisto-ongelma oli ratkaistu (kuva 30). Uusi ohjelmisto konfiguroitiin myös piirtämään kuvaajaa Sensors Logeista (kuva 31). Laitteiston mukana oli siis toimitettu yhteensopimattomat ohjelmat. Netafim ei jaa ohjelmistoja julkisesti, joten ohjelmistoa ei ollut edes mahdollista päivittää itse.

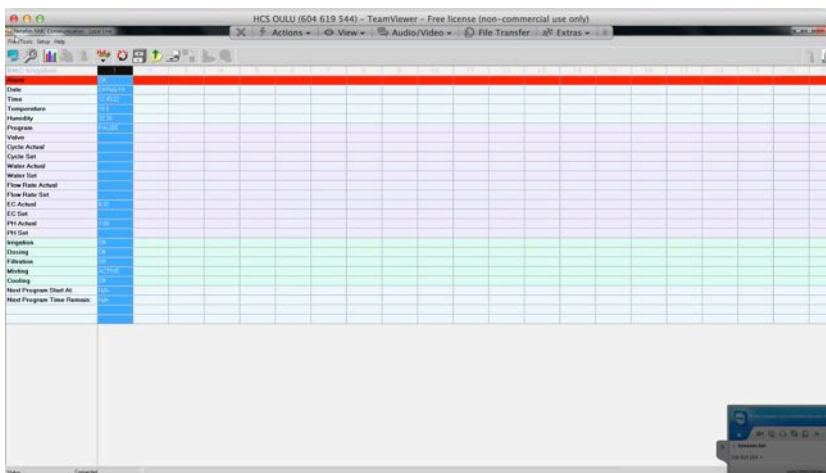
Sensors Log - 1						
Date	Time	AvgTemp	Temp-1	Temp-2	Avg-Hum	Hum-1
28/01/2014	10:30	18.5	18.2	18.7	13.4	14.2
28/01/2014	10:00	19.2	19.1	19.2	12.8	13.5
28/01/2014	09:30	19.0	19.0	19.0	13.0	13.6
28/01/2014	09:00	18.6	18.6	18.6	13.4	14.0
28/01/2014	08:30	17.2	17.1	17.4	14.4	14.9
28/01/2014	08:00	16.3	16.1	16.6	14.8	15.4
28/01/2014	07:30	16.3	16.1	16.6	14.9	15.6
28/01/2014	07:00	16.4	16.1	16.6	14.9	15.4
28/01/2014	06:30	16.5	16.2	16.7	15.0	15.5
28/01/2014	06:00	16.5	16.3	16.8	15.3	15.9
28/01/2014	05:30	16.6	16.3	16.8	15.5	16.1
28/01/2014	05:00	16.6	16.3	16.8	15.4	15.9
28/01/2014	04:30	16.6	16.3	16.8	15.2	15.8
28/01/2014	04:00	16.5	16.3	16.8	15.0	15.6
28/01/2014	03:30	16.5	16.2	16.8	15.1	15.9
28/01/2014	03:00	16.5	16.2	16.8	15.1	15.8
28/01/2014	02:30	16.5	16.2	16.8	14.9	15.5
28/01/2014	02:00	16.5	16.2	16.9	15.2	16.0
28/01/2014	01:30	16.6	16.2	16.9	15.4	16.2
28/01/2014	01:00	16.6	16.3	16.9	15.4	16.2
28/01/2014	00:30	16.6	16.2	16.9	15.3	16.0

KUVA 30. Sensors Log korjauksen jälkeen.

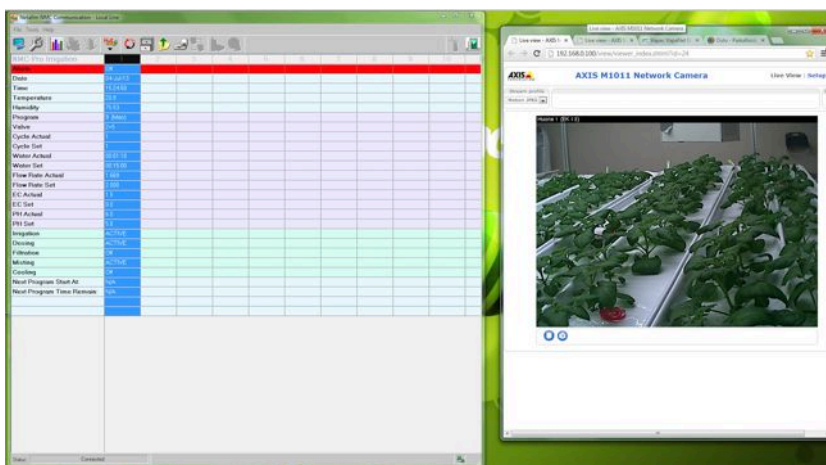


KUVA 31. Sensors Logeista piirretty kuvaaja.

Kunnollisen nettiyhteyden saaminen tiloihin ei ollut yksinkertaista. Nettitikut eivät toimineet luotettavasti, eikä palveluntarjoaja DNA voinut kytkeä sinne suoraan mitään, koska kyseessä on yliopiston kiinteistö. Sinne ei edes tule suoraan puhelinyhtiön kaapeleita. DNA:lta tilattiin kiinteä yhteys, joka kytkettiin yliopiston kytkentähuoneeseen ja sieltä sitten kasvatushuoneisiin menevään kaapeliin. Näin saatiin luotettava nettiyhteys tiloihin ja pystyttiin seuraamaan etäyhteydellä, mitä tiloissa tapahtuu. Samalla kertaa näki kameroista, miten kasvit voivat. Enää ei tarvinnut erikseen ottaa Skype-yhteyttä pelkästään kameroiden takia. Samalla kertaa näki lämpötilat ja kosteuden huoneissa ja itse kasvit (kuva 33). Etäyhteys hoidettiin TeamViewer-ohjelmalla (29). Skype-ohjelma on nyt turha, mutta jätettiin koneeseen kaiken varalta.



KUVA 32. TeamViewer-etäyhteys käynnissä.



KUVA 33. Normaali työpöydän asettelu.



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Laitteisto saatiin toimivaksi, mutta enemmänkin automaatiota voidaan käyttää. Muun muassa ravintoliuosten päivitys voidaan laittaa mittausviestien perusteella tapahtuvaksi, mutta se vaatisi vielä tuotekehittelyä. Lämpötilat huoneissa olivat jo nyt lähellä haluttua, mutta yölämpötiloissa jäätiin 0,5–1,0 asteen päähän tavoitteesta. Myös päävalojen tuottama spektrialue on tutkimisen arvoinen aihe. Tarkoitus oli aluksi päästä päävaloilla niin lähelle auringonvaloa kun mahdollista, mutta tämän työn valmistumisen aikaan punaista valoa on liian vähän. Miellenkiintoista olisi tutkia, onko erilaisella spektrillä mahdollista tuottaa enempi mukuloita ja päästä parempiin tuloksiin kuin auringonvalolla. Myös päivän pituuden optimointi kutakin kasvuvaihetta varten on tutkimisen arvoinen asia.

Netafim NMC-PRO:ta ei ole tehty varsinaisesti hydroponiseen kasvatukseen, vaan on enemmänkin kasvihuone ja maaperän kastelusovellus. Hydroponics perunan mukuloiden kasvatukseen on Living Foodsin ideoima ja he luonnollisesti ovat käyttäneet sovellusta jonka parhaiten tuntevat. Tässä versiossa tankkeja täytetään joka päivä ja tyhjennetään vain kun ravintoliuos vaihdetaan kasvatusvaiheen mukaan.

Ohjelman saaminen sammumaan tankeissa olevien alarajakytkimien mukaan vaati hiukan luovuutta. Suunnittelija ja laitteen valmistaja Broerebergenin b.v ei ole hoksannut, että se on mahdollista. Sen takia laite oli konfiguroitu, niin että laite sammuu ja menee External Pause -tilaan, kun tankkien alarajakytkimet ovat sulkeutuneena. Laitteen valmistaja oli konfiguroinut sen kuten aina ennenkin. Koska idea on verrattain uusi, ei laitteen suunnittelijalla ja valmistajalla ollut kunnon käsitystä oikeasta toimintakuvauksesta.

Yölämpötilan ja valon spektrin säätöä olisi hyvä kokeilla kunnolla laboratorioolosuhteissa, ennen tuotantoympäristöön siirtymistä. Hollannissa on jo siemenperunan tuotantoa hydroponisesti, mutta järjestelmä on kasvihuoneessa, johon tulee auringon valoa eikä päivä- ja yölämpötiloihin voi vaikuttaa. Syksyllä 2013 asiasta keskusteltiin Oulun yliopiston kampuksella Timo Ter Voortin kanssa.

Hän ei pitänyt lämpötilan vaihteluja yöllä ja päivällä niin tärkeänä kuin Elina Virtanen.

## 6 POHDINTA

Hydroponisen kasvatuksen käyttäminen siemenperunan tuottamiseen on perusteltua. Sen hyödyt ovat varmasti virusvapaissa mukuloissa sekä siinä, että varmasti tiedetään, mitä ravinteita niiden tuottamiseen on käytetty. Laboratoriomaisissa olosuhteissa voidaan optimoida simuloitavan auringonvalon aallonpituus, jonka vaikutus mukuloiden tuotantoon on huomattava. Myös ilmasto-olosuhteet voidaan optimoida, näin taudinaiheuttajat ovat paremmin kontrolloitavissa eikä tarvitse pelätä mahdollisia yöpakkasia, jotka voisivat pilata sadon. Satoa voidaan tuottaa minä vuoden aikana tahansa.

Opinnäytetyön aikana minulle tuli tutuksi täysin uusi käsite Hydroponics. Kaikkein parasta oli päästä mukaan hankkeeseen, jossa sitä käytetään ainutlaatuisesti koko maailmassa. Tätä kirjoitettaessa missään muualla ei tuoteta minimukuloita täysin laboratorio-olosuhteissa, kuin tässä hankkeessa. Kaikki olosuhteeseen liittyvät tekijät valaistuksesta lämpötiloihin, ilmankosteuksiin ja ravinteisiin ovat kontrolloitavissa.

Koska kyseessä on Perunatutkimuslaitoksen ja MTT:n yhteinen tutkimushanke, oli alusta lähtien selvää, että dokumentointi on tehtävä kunnolla. Pidin päiväkirjaa kaikesta, mitä kasvatushuoneissa ja laitteistossa havaitsin, sekä mitä muutoksia tein. Päiväkirjaa kertyi yhteensä 82 sivua. Lisäksi tulivat vielä tiedot joka päivältä ravinteiden laadusta sekä huoneiden lämpötiloista ja ilmankosteuksista. Mielenkiinto ei ole työtä tehdessä vähentynyt, pikemminkin lisääntynyt. Tässä järjestelmässä olisi oikeasti vielä kehitettävää, ideoita minulle tuli paljon hankkeen aikana.

Laitteisto, joka oli pääosin toimintakyvytön, on nyt täysin toimiva laitteisto. Koska kyseessä on vielä prototyyppiasteella oleva laite ja se on neljäs koskaan toimitettu, tietyt ongelmat oli hyväksyttävissä, mutta eivät kaikki. Esim. venttiilien virtausarvot, joita ei oltu määriteltä ja osassa puuttuvat kokonaan estivät ravintoliuosten päivityksen. Tämä johti siihen, että ne oli päivitetty käsin. Laitteen käyttöön oli annettu vain 15 min perehdytys, jona aikana tekniikasta tietämättömän henkilön on mahdotonta oppia riittävästi.

Tein myös muutamia omia sovelluksia laitteistoon, muunmuassa turvatoimintoja, joista sain kiitokset Timo Ter Voortilta, kun hän vieraili Oulussa syksyllä 2013.

Omat haasteensa työhön antoi byrokratia: kiinteistöt omistaa Oulun yliopisto, niitä hallinnoi ISS ja tiloissa on vuokralla MTT ja PETLA. Biowide Oy omistaa laitteiston jota taas itse operoin. Pelkästään oikeiden avaimien saaminen oli haaste, mutta onneksi ne järjestyi. Täytyi mennä Oulun yliopiston turvallisuus-päällikön ja Oulun yliopiston kiinteistöjä hallinnoivan päällikön juttusille, ennen kun sai tarvittavat avaimet ja luvat operoida ilmastointikonetta ja höyrykehittämiä.

Kun kasvit tarvitsevat ravinteita eri lailla eri kasvuvaiheissa, tarvitaan asioihin perehtynyt henkilö päättämään siitä, milloin eri ravintoliuokset otetaan käyttöön. Näistä päätöksistä vastasi MTT:n vanhempi tutkija Elina Virtanen.

Hydroponisella kasvatuksella on varmasti tulevaisuutta. Se on yksi keino tarjota parempaa ja puhtaampaa ruokaa sekä käyttää vettä ja ravinteita mahdollisimman taloudellisesti. Tällä on varmasti paljon merkitystä köyhässä maaperässä ja alueilla, joissa on pulaa vedestä. HCS on myös esimerkki, missä kaikessa automaatiosta on hyötyä. Hydroponisen vaiheen yhdistäminen vastaavan tasoiseen peltopuolen alkukasvatukseen on erittäin tärkeää ja kuuluu hankkeen jatkosuunnitelmiin.

Kun hydroponisen kasvatuksen kannattavuus saadaan kuntoon, on seuraava vaihe aloittaa minimukuloiden kaupallinen tuotanto isommassa mittakaavassa. Biowide Oy harkitsee vakavasti tuotantolaitteiston hankkimista. Se olisi ensimmäinen siemenperunan hydroponinen tuotantolaitteisto Suomessa. Harkinnassa voisi olla laitteisto, jossa hyödynnettäisiin ambienttivaloa ja sitä täydennettäisiin LED-valoilla.

## LÄHTEET

1. Tuomisto, Jussi – Yli-Halla, Markku – Ihme, Raimo – Salo, Tapio – Virtanen, Elina – Puustinen, Markku. Ekologisesti kestävä, taloudellisesti tehokas ja kuluttajalle turvallinen kasvinravitseminen perunantuotannossa. Tutkimussuunnitelma. Petla
2. Perunantutkimuslaitos. Saatavissa: <http://www.petla.fi/>. Hakupäivä 10.12.2013.
3. Perunantuotannon tutkimus ja kehitys säätiö. Saatavissa: <http://www.petla.fi/taustayhteisot.htm>. Hakupäivä 1.3.2014.
4. MTT. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely> . Hakupäivä 10.12.2013.
5. MTT Oulu. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/oulu>. Hakupäivä 10.12.2013.
6. Perunanviljely Suomessa. Saatavissa: [http://www.mtk.fi/maatalous/maatilat\\_suomessa/muut\\_kasvitilat/fi\\_FI/muut\\_kasvitilat/?textsize=4](http://www.mtk.fi/maatalous/maatilat_suomessa/muut_kasvitilat/fi_FI/muut_kasvitilat/?textsize=4). Hakupäivä 28.12.2013.
7. Siemenperuna. Saatavissa: <http://www.kasvinsuojeluseura.fi/Tasapainoinen/Kotipuutarhurinperunaoppas/Viljely/tabid/2893/topic/Siemenperuna/language/fi-FI/Default.aspx>. Hakupäivä 28.12.2013.
8. Laitinen, Riitta 2014. 20.1.2013. Keskustelu ruokaperunan tuotantoalueista FSC ruokaturvalaboratorio.
9. Minimukulat: Saatavissa <http://english.livingfoods.nl/what-we-do/products/hydro-crop-solution/mini-tubers/> . Hakupäivä 1.1.2014.

10. Mikrokasvit. Saatavissa: <http://www.strathmorepotatoes.co.uk/whatwedo/minitubers>. Hakupäivä 8.2.2014.
11. Kehitysasteella olevia minimukuloita. Saatavissa: <http://www.broereberegening.nl/en/hydroponics/hydroponics-pad-fan>. Hakupäivä 12.11.2013.
12. Livingfoods. Saatavissa: <http://english.livingfoods.nl/what-we-do/products/urban-farming/>. Hakupäivä 12.11.2013.
13. Hydroponics. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics>. Saatavissa: Hakupäivä 30.12.2013.
14. Ter Voort, Timo. Living Foods. 16.1.2014. Sähköpostikeskustelu.
15. Ravintoliuokset. Saatavissa: <http://english.livingfoods.nl/what-we-do/products/nutrients/> . Hakupäivä 1.1.2014.
16. Chang DC, Cho IC, Suh J-T, Kim SJ, Lee YB (2011) Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.)
17. Novella MB, Andriolo JL, Bisognin DA, Cogo CM, Bandinelli MG (2008) Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers. *Ciência Rural*, Santa Maria 38(6):1529-1533.
18. Ritter E, Angulo B, Riga P, Herran C, Relloso J, San Jose M (2001) Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Res* 44:127-13.
19. Ekologisesti kestävä, taloudellisesti tehokas ja kuluttajalle turvallinen kasvinravitseminen perunantuotannossa -raportti 2012. Saatavissa: <http://jukuri.mtt.fi/handle/10024/442796>. Hakupäivä 6.2.2014.
20. Netafim Saatavissa: <http://www.netafim.com/>. Hakupäivä 5.1.2014.

21. Netafim NMC-PRO Saatavissa: <http://www.netafim.com/product/nmc-pro>. Hakupäivä 5.1.2014.
22. EC ja pH yksikkö. Saatavissa: [http://www.netafim.com/Data/Uploads/EC-PH\\_TRANSMITTER\\_SERVICE\\_MANUAL.pdf](http://www.netafim.com/Data/Uploads/EC-PH_TRANSMITTER_SERVICE_MANUAL.pdf). Hakupäivä 5.1.2014.
23. Valoya LED valaisin. Saatavissa: <http://valoya.com/products>. Hakupäivä 6.2.2014.
24. Vapac LE Saatavissa:  
[http://www.vapachumidification.com/beta/docs/13\\_10\\_01LE-Seriesv3.pdf](http://www.vapachumidification.com/beta/docs/13_10_01LE-Seriesv3.pdf). Hakupäivä 6.2.2014. Hakupäivä 6.2.2014.
25. Bluelab Combo Meter. Saatavissa:  
<https://www.getbluelab.com/Products/by-category/pH-Meters/Bluelab-Combo-Meter.aspx>. Hakupäivä 6.2.2014.
26. Duijvensteijn, John. Brorebergenin b.v. 27.5.2013. Sähköposti ja puhelinkeskustelu.
27. Schetling Oy Saatavissa: <http://www.schetelig.com>. Hakupäivä 12.11.2012.
28. Silberstein, Dror. Netatfim. 23.1.2014 ja 3.2.2014. Sähköposti ja puhelinkeskustelu.
29. Team Viewer etäyhteysohjelma. Saatavissa:  
<http://www.teamviewer.com/en/index.aspx>. Hakupäivä 24.2.2014.