

RUOKAKASVEJA VIHHERSEINÄÄN

Esa Siitari

Opinnäytetyö
Joulukuu 2012

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala





Tekijä(t) SIITARI, Esa	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 19.12.2012
	Sivumäärä 46	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi RUOKAKASVEJA VIHERSEINÄÄN		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) ANTTONEN, Erkki & VÄRRE, Ilpo		
Toimeksiantaja(t) Fresh Effect Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö oli kehitystyö, jonka tavoitteena oli kehittää työn tilanteelle Fresh Effect Oy:lle ruokakasveja tuottava vesiviljelyjärjestelmä heidän valmistamastaan ja myymästään viherseinästä. Työ alkoi keväällä 2012 ja päättyi saman vuoden joulukuussa.</p> <p>Työn raportoinnissa tutustutaan Fresh Effectin viherseinään yleisellä tasolla, jonka jälkeen kerrataan kasvihuonetuotanto aihepiiriin soveltuvin osin. Tämän jälkeen käydään teoriapohjaisesti läpi ruokakasvien istuttaminen viherseinään. Seuraavaksi käsitellään toiminnallisten kasvatuskokeiden valmistelut, eteneminen ja tulokset. Tulosten tarkastelun jälkeen seuraa työn pohdintaosuus ja lähteet.</p> <p>Kasvihuonetuotannon teoria toimii kaikupohjana työn toiminnallisille testeille, joissa selvitettiin konkreettisesti vertikaalisen vesiviljelyn haasteita viherseinissä. Työn loppupäätelmänä useimpia kasvihuonetuotannossa olevia matalakasvuisia ruokakasveja, kuten salaatteja ja mausteyrttejä, on mahdollista viljellä viherseinässä.</p> <p>Viherseinän rakenne muodostuu haasteeksi ruokakasvien tuottamiselle. Esimerkiksi kastelujärjestelmä asettaa haasteita käytettävälle kasvualustalle, myös valotusteho on riittämätön kasvihuonetuotantoon rinnastettavan kasvutehon saavuttamiseksi. Työssä kehitetään viherseinien viljelymenetelmää näihin haasteisiin vastaamiseksi.</p> <p>Työn jatkotutkimuskysymykset käsittelevät toiminnallisten testien ulkopuolelle jääneiden ruokakasvien lisäämistä viherseinään, viljelytekniikan jatkokehittämistä ja biokaasureaktoriin käsittelyjäännöksen hyödyntämistä lannoitteena.</p>		
Avainsanat (asiasanat) viherseinä, ruokakasvit, vesiviljely, vertikaalinen viljely		
Muut tiedot		



Author(s) SIITARI, Esa	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 19.12.2012
	Pages 46	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	Permission for web publication <input checked="" type="checkbox"/>
Title FOOD PLANTS ON A GREEN WALL		
Degree Programme Agricultural and Rural Industries		
Tutor(s) ANTTONEN, Erkki & VÄRRE, Ilpo		
Assigned by Fresh Effect Oy		
Abstract <p>This thesis was a development work, set up with the purpose to create a green wall capable of producing edible plants. The thesis was assigned by Fresh Effect Oy, a company manufacturing and selling green walls in Jyväskylä. Work began in spring 2012 and was finished in the end of the year.</p> <p>The green wall of Fresh effect Oy and modern greenhouse production are described in the beginning of the thesis, and the theoretical framework for the topic presented in the mid-section. After that the thesis deals with the preparation, proceeding and results of functional gardening experiments. Finally, the discussion of the results is followed by conclusions and sources.</p> <p>The theoretic knowledge of greenhouse production was utilised in the functional gardening experiments. Experiments were set up to sort out what kinds of challenges small scale vertical hydroponic cultivation might bring up. Most of the edible low-profile plants produced in greenhouses can be cultivated on green walls.</p> <p>The structure of the green wall sets some challenges for the cultivation. The Irrigation system requires a special substrate to support healthy growth, and more light is required to achieve good growing conditions. The cultivation method is developed to address these challenges.</p> <p>Questions for further studies are about continuous research of the cultivation method, such as how to add more edible plants to green walls and using the percolation liquid from biogas reactors as a nutrient in the cultivation process.</p>		
Keywords green wall, food plants, hydroponics, vertical cultivation		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	VIHERSEINÄ	6
2	KASVIHUONETUOTANTO	10
2.1	Kasvihuonetuotanto yleisesti	10
2.2	Tuotantotekniikoita	11
2.3	Valotus	12
2.4	Kasvualustoja	13
2.5	Säädeltävät kasvuolot	13
3	VIHERSEINÄ VESIVILJELYJÄRJESTELMÄNÄ	14
4	KASVATUSKOKEET	19
4.1	Viherseinien valmistelu	19
4.1	Kasvatuskokeiden toiminnallisen osuuden kuvaus.....	23
4.2	Kasvatuskokeiden tulokset ja kehitysehdotuksia.....	33
5	KOEJÄRJESTELYN TULOKSET JA ANALYSOINTIMENETELMÄT	35
6	TULOSTEN TARKASTELU.....	36
6.1	Tulosten kriittinen tarkastelu.....	36
6.2	Viherseinän ruokakasvit	37
6.3	Ruokakasveja tuottavan viherseinän viljelymenetelmä	37
7	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET	42

KUVIOT

KUVIO 1. Viherseinä toiminnassa	7
KUVIO 2. Passiivilannoitetta harsopussissa.....	8
KUVIO 3. Kasvualustaa sammiossa.....	9
KUVIO 4. Minda's Gardenin siemenpusseja	20
KUVIO 5. Netled Oy:n LED-valaisin	22
KUVIO 6. Viherseinän standardivalaisin.....	23
KUVIO 7. Maustekasvien taimien käsittely.....	25
KUVIO 8. Mansikan odotuspetitaimien käsittely	25
KUVIO 9. Ruokakasveja viherseinässä.....	27
KUVIO 10. Mansikoita viherseinässä	28
KUVIO 11. Idätyskokeiden kelmutusta	29
KUVIO 12. Erilaisia kasvualustoja ruukun kauluksessa.....	30
KUVIO 13. Taimien lisäysmenetelmä 1.0.....	31
KUVIO 14. Taimien lisäysmenetelmällä seinässä kasvanut salaatti.....	32
KUVIO 15. Viherseinien tuulettimet seinän yläosassa.....	33
KUVIO 16. Retiisejä taimikaukalossa	40

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Kasviryhmiä vertailua	15
TAULUKKO 2. Kasvualustojen ominaisuudet.....	18
TAULUKKO 3. Oletetut huoltotoimenpiteet	19
TAULUKKO 4. Taimien alkuperä ja kehitysvaihe	24

Sanasto

Tässä opinnäytetyöraportissa käytetään seuraavia käsitteitä tarkoittamaan seuraavia asioita:

Akvaponinen: Hybriditekniikka, jossa yhdistyy vesiviljely sekä kasvihuonetuotannon että kalankasvatuksen näkökulmasta.

EC: Electric conductivity, liuoksen sähkönjohtokyky. Käytetään mittaamaan lannoitustuolojen määrää lannoiteliuksessa.

Flush feed: Huuhtelukastelu, viherseinän kastelumenetelmä.

Horizontaalinen: Vaakasuora.

Ilmaviljely: Tehotuotantomenetelmä, jossa kasvien kasvualustan ulkopuolella vapaasti ilmassa riippuvia juuria sumutetaan lannoiteliuksella.

Kastelukierto: Aikamääre, jolloin seinien kastelujärjestelmä kierrättää vettä viherseinän sisällä.

Mämmi: Fresh Effect Oy:n kehittämä kasvualusta, joka koostuu aktiivihielestä, lecasorasta ja kivirouheesta.

NFT: *Nutrient film technique*, kasvihuonetuotannon viljelytekniikka jossa kasvien juuret ovat rajatussa kasvutilassa. Kasvutilan pohjalla kulkee ohuena nauhana lannoiteliuos, jota kasvit hyödyntävät. Ks. Tihku- ja tippukastelu.

Passiivilannoite: Yleensä mekaaninen lannoiteraeseos, jonka ominaisuuksiin kuuluu pitkä vaikutusaika esimerkiksi jonkinlaisen liukenemistä hidastavan pinnoitteen johdosta.

pH: *Potent hydrogen*, logaritminen asteikko jolla ilmoitetaan vesiliuoksen happamuus.

Tihku- ja tippukastelu: Vesiviljelymenetelmä, jossa ravinneliuosta ohjataan kasveille kastelujärjestelmällä kasvikohtaisesti tai ryhmittäin.

Valotus: Tapahtuma, jossa kasvusto altistetaan keinotekoiselle valolle ylläpito- tai tehostamistarkoituksessa.

Vertikaalinen: Pystysuora.

Vesiviljely: Tehotuotantomenetelmä, jossa kasveja kastellaan lannoiteliuksella kasvualustassa tai ilman kasvualustaa.

Viherseinä: Vertikaalinen vesiviljelyjärjestelmä, jota hyödynnetään koristekasvien ylläpitämiseen ja ilmanpuhdistukseen.

JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on ruokakasvien yhdistäminen Jyväskylässä toimivan Fresh Effect Oy:n valmistamaan ja myymään viherseinään. Työn tarkoituksena on selvittää tapoja toteuttaa ruokakasvien kasvattaminen viherseinässä ja kehittää jatkotutkimuskysymyksiä. Työn tilaaja on Fresh Effect Oy. Opinnäytetyötä ohjasivat Jyväskylän ammattikorkeakoulun luonnonvarainstituutin lehtorit Erkki Anttonen ja Ilpo Värre. Opinnäytetyö on luonteeltaan kehitystyö, johon sisältyy kirjallisuusselvitys aihepiiristä ja toiminnallinen osuus ruokakasvien viljelystä viherseinässä.

Vesiviljelytekniikkaa on hyödynnetty kaupallisesti vasta noin 50 vuotta. Huolimatta nuoruudestaan tieteenalana, sitä hyödynnetään laajalti erilaisissa käyttökohteissa, aina ydinsukellusveneistä ja avaruusasemista kolmannen maailman ruuantuotannon tehokkuuden parantamiseen asti (Hydroponic food production, 28). Tunnetuimpia toimijoita harrastuspohjaisen vesiviljelytekniikan kehittämisen ja jälleenmyymisen alalla ovat Yhdysvaltalainen GHE ja Hollantilainen Atami. Vertikaaliseen vesiviljelyyn ovat erikoistuneet Yhdysvalloissa toimiva Verti-Gro ja lukuisat pienemmät toimijat. Vesiviljelyä käsittelevää tietoa myös tuottaa ja julkaisee laaja harrastajakunta, etupäässä internetissä. Kasveja hyödyntävää, ilmanpuhdistukseen liittyvää tutkimusta on tehnyt ja teettänyt NASA. Purduen ja Arizonan yliopistot ovat toteuttaneet tutkimuksia vesiviljelystä ruuantuotantomenetelmänä avaruudessa.

Työ aloitettiin tutustumalla Fresh Effect Oy:n viherseinään sekä perehtymällä vesiviljelymenetelmiin kasvihuonetuotannossa ja harrastusmittakaavassa. Tärkeimmät työmenetelmät kirjallisuusselvityksen lisäksi olivat internetistä löytyvän tiedon hakeminen ja alan asiantuntijoiden haastattelut. Opinnäytteen toiminnallisessa osuudessa suoritettiin käytännön testejä viherseinien muuttamiseksi ruokakasveja tuottaviksi viherseiniksi. Opinnäytetyön aikana tutustuin Jyväskylässä ja lähialueillaan toimiviin puutarha-alan yrityksiin, kuten Saarijärvellä toimivaan Kärjen Puutarhaan ja kasvatus- tarvikkeita Jyväskylässä myyvään Pispalanpalmuun.

Valitsin aiheen opinnäytetyökseni, koska se yhdistää opintoni Jyväskylän ammattikorkeakoulun luonnonvarainstituutissa, harrastukseni harrastusmittakaavassa toteutettavaan ruokakasvien vesiviljelyyn ja tavoitteeni työllistyä vesiviljelyjärjestelmien

kehittämiseen. Ruokakasveja tuottava viherseinä vastaa ajankohtaisiin ilmiöihin kuten leviävän kaupungistumisen aiheuttamaan ruuantuotantoon käytettävän viljelysmaan pientymiseen, kaupunkiviljelyn kehittymiseen sekä lähiruoka- ja ruokavalio- trendien yleistymiseen. Lisäksi toiminnallinen ilmanpuhdistus parantaa elinolosuhteita asuinhuoneistoissa, joissa viherseinää käytetään ravinnon tuottamiseen.

Toiminnallinen ilmanpuhdistus on Fresh Effectin viherseinien keskeisin erityispiirre muihin kirjoitushetkellä yleisesti myynnissä oleviin vesiviljelyjärjestelmiin ja viherseiniin verrattuna. Tämä mahdollistaa sekä tehokkaan huoneilman puhdistuksen terveydelle haitallisista yhdisteistä, että huomattavasti suuremman viljelyn kasvimäärän käytettyyn lattiapinta-alaan suhteutettuna. Muita yleisiä ominaisuuksia niin vertikaalisissa viherseinissä kuin horisontaalisissa vesiviljelyjärjestelmissä ovat nestesäiliöt lannoiteliuksien varastoimiseksi ja kastelujärjestelmä.

Kirjoitushetkellä markkinoilla on useita erilaisia vertikaalisia vesiviljelyjärjestelmiä, mutta ne ovat kohtuuttoman hintavia ja epäkäytännöllisiä. Viime aikoina yleistyneet viherseinät eivät myöskään itsessään vastaa noihin haasteisiin, minkä lisäksi ne eivät myöskään kykene toiminnalliseen ilmanpuhdistukseen. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Fresh Effect Oy:n viherseinästä monipuolisen kasvivalikoiman mahdollistava, korkean teknologian sovelluksia hyödyntävä pala luontoa lähellä sen tuottaman ravinnon loppukäyttäjää.

Opinnäytetyön raportissa esitellään Fresh Effect Oy:n valmistama ja markkinoima viherseinä, kasvihuonetuotanto aiheeseen liittyvin osin, ruokakasvien yhdistäminen viherseinään, toiminnalliset kasvatuskokeet tuloksineen sekä tulosten tarkastelu pohdintoineen.

1 VIHERSEINÄ

Viherseinä yleisesti

Viherseinä on pystytasoon nostettu kasvualusta tai vesiviljelyjärjestelmä, jossa kasvit kasvavat yhdellä tai useammalla pystysuuntaisella sivulla. Kirjoitushetkellä useimmat markkinoidut viherseinät perustuvat vertikaaliseen koteloon tai tukirakenteeseen, jonka kuoreen lisätään kasveja eri tavoilla. Viherseiniä valmistetaan sekä sisä- että ulkokäyttöön.

Viherseiniä on yllä kuvatun periaatteen mukaisesti käytetty jo antiikin ajoista saakka. Viherseinien yleisimpiä toivottuja vaikutuksia ovat epäterveellisten yhdisteiden väheneminen huoneilmasta, stressitason laskeminen viherseinien lähellä oleskelevilla henkilöillä sekä yleisen melutason pienentyminen. (The history of living walls, 2011.)

Fresh Effect Oy:n valmistama ja markkinoima viherseinä on kuvattu kuviossa 1. Viherseinässä on elektroniikkaa mm. automaattisen kasteluominaisuuden ja toiminnallisen ilmanpuhdistuksen mahdollistamiseksi.



KUVIO 1. Viherseinä toiminnassa

Toimintaperiaate

Viherseinissä on useimmiten pumpulla ohjattu kastelujärjestelmä, joka nostaa seinän alapuolella sijaitsevasta nestesäiliöstä valmiiksi käyttövahvuuteen sekoitettua ravinneliuosta kasvualustaan. Ravinneliuos ohjataan kastelun jälkeen joko takaisin nestesäiliöön tai pois järjestelmästä. Tässä työssä keskitytään ravinneliuosta kierrättävään järjestelmään, koska se hyödyntää käytettävän veden ja ravinteet huomattavasti tarkemmin. Useimmat kaupalliset harrastusmittakaavan vesiviljelyjärjestelmät ovat edellä kuvatun kaltaisia.

Fresh Effect Oy:n viherseinä poikkeaa muiden valmistajien viherseinistä toiminnallisen ilmanpuhdistuksena johdosta. Viherseinän yläosaan sijoitetut tuulettimet vetävät huoneilmaa ruukuissa sijaitsevan kasvualustan läpi, palauttaen näin puhdistetun il-

man takaisin huonetilaan. Menetelmä sitoo ja neutralisoi tehokkaasti epäpuhtauksia huoneilmasta. Kasvualustan bakteerit hajottavat haitalliset yhdisteet vaarattomaan muotoon.

Valaistus

Fresh Effect Oy:n viherseinissä käytetään kahta Osramin 21W loisteputkivalaisinta huonekasvien valaistukseen. Loisteputket on sijoitettu alumiiniseen koteloon lähelle toisiaan. Alumiininen kotelo on kiinnitetty kahdella kaarevalla liuskalla viherseinän takaosaan siten, että valaisin ei peitä kasvustoa mutta valaisee sitä. Valaistuksella pyritään ylläpitämään täysikasvuisia koristekasveja, jotka istutetaan viherseinässä käytettäviin ruukkuihin ennen toimitustaan asiakkaille. Valotusjaksojen pituus on yleensä 12 tuntia valoa ja 12 tuntia pimeää.



KUVIO 2. Passiivilannoitetta harsopussissa

Lannoitus

Viherseinissä käytetään Blusana Lewatit 50 HD-passiivikastelulannoitetta, joka ylläpitää liuoksessa tiettyä lannoitetasapainoa vapauttamalla pää- ja sivulannoitteita kasteluveteen tarpeen vaatiessa. Lannoitetta käyttämällä voidaan pidentää yksittäisen viherseinän tarvitsema huoltoväli kohtuullisen pitkäksi. Lannoite lisätään viherseinän nestesäiliöön harsokangaspussissa, joka rajoittaa lannoitteen liikkumista viherseinän sisällä kastelukierron mukana. Menetelmää on havainnollistettu kuviossa 2.

Kasvualusta

Viherseinissä käytetään kasvualustana kivimurskasta, erilaisista aktiivihilirakeista ja lecasorasta sekoitettua kasvualustaa (jatkossa 'mämmi'). Kasvualustaa on kuvattu kuvioon kolme. Kasvualustan tehtävä on tukea kasvin juuria fyysisesti sekä mahdollistaa riittävä ravinteiden, hapen ja veden saanti kasvin juurille. Kasvualusta on rakennettu samanaikaisen toiminnallisen ilmanpuhdistuksen ja koristekasvien ylläpidon mahdollistamiseksi.



KUVIO 3. Kasvualustaa sammiossa

Kastelukierto

Kastelukierto tapahtuu kastelujärjestelmän välityksellä. Kastelujärjestelmä rakentuu seinäkohtaisesti nestesäiliöstä (tilavuus noin 110 litraa), pumpusta, runkoputkesta ja levittimestä.

Viherseinissä käytettävä kastelukierto määräytyy toiminnallisen ilmanpuhdistuksen tehon ja koristekasvien ylläpitämisen edellytysten vaikutuksesta. Mikäli seinään asennettuja tuulettimia käytetään täydellä teholla, ruukkujen läpi kiertävä ilma kuivattaa kasvualustaa ja siten kasvien juuria nopeammin.

Käytettävän kasteluveden on oltava mahdollisimman puhdasta ja suolatonta. Suomessa normaali talousvesi on riittävän puhdasta viherseinissä käytettäväksi, mutta puhdas, humukseton järvi- tai jokivesi sopii tarkoitukseen parhaiten. Vedessä tulisi olla mahdollisimman vähän mitään ylimääräistä (esim. kalkki vesijohtovedessä) ja pH:n tulisi olla 6.0 ja 7.0 välillä jotta kasvit voivat hyödyntää ravinteita optimaalisesti (Hydroponic food production, 38).

Huoltotoimenpiteet

Viherseinien keskeisiä huoltotoimenpiteitä ovat talousveden täydennys nestesäiliöön, kuolleiden kasvien poistaminen ruukkuineen viherseinästä sekä kasvien lisäys täysikasvuisina seiniin. Lannoitepussit vaihdetaan vesisäiliöön tarpeen vaatiessa.

2 KASVIHUONETUOTANTO

2.1 Kasvihuonetuotanto yleisesti

Moderni kasvihuonetuotanto mahdollistaa useimpien ruokakasvien viljelyn keinotekoisesti ylläpidetyissä olosuhteissa. Kirjoitushetkellä Suomi on maailman pohjoisin valtio, jossa harjoitetaan kaupallista kasvihuoneviljelyä. Viljelytekninen osaaminen on kehittynyt siinä määrin, että yhdeltä kasvihuonehehtaarilta voidaan korjata 400 000 kiloa tomaatteja vuodessa. Kasvihuonetuotanto on tehotuotantoa, jossa hyödynnetään teollisia lannoitteita sekä usein myös lisävalotusta keväällä ja syksyllä satokauden pidentämiseksi (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 26).

Kasvihuonetuotanto tapahtuu rajatussa tilassa, kasvihuoneessa. Kasvihuoneessa ylläpidetään haluttuja olosuhteita yleensä automaatiotekniikan avulla, jotta kasvit kasvaisivat hyvin ja tuottaisivat mahdollisimman paljon kauppasatoa. Koska kasvit eroavat kasvuitavoiltaan toisistaan, erilaisten kasvilajien tuottamiseen käytetään erilaisia tuotantotekniikoita.

2.2 Tuotantotekniikoita

Tuotettava kasvilaji määrittää käytettävän tuotantotekniikan. Matalakasvuiset ja tuorepainoltaan vähäiset salaattit tuotetaan parhaiten ravinnekalvo- ja lauttajärjestelmissä, kun taas esimerkiksi pitkän kasvihuonekurkun kasvutapa edellyttää suhteellisesti suurempaa juuritilaa sekä kasvuston tukemista naruin kasviriivien ylle.

Kasvihuonetuotanto on tehotuotantoa, jossa hyödynnetään vesi- ja ilmaviljelytekniikoita. Vesiviljelyssä kasveja tuotetaan lannoiteliuoksella keinotekoisissa olosuhteissa ja kasvualustassa. (Botkin & Keller 2010, 210)

Horisontaaliset tuotantotekniikat

Yleisimpiä vesiviljelymenetelmiä ovat tippu- ja tihkukastelu- (*drip feed*) sekä ravinnekalvotekniikat (*nutrient film technique, NFT*). Menetelmissä ravinneliousta annostellaan kasviryhmittäin erilliseen kasvualustaan tai suoraan kasvien juurille kastelujärjestelmän välityksellä. (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 132.)

Ilmaviljely (*aeroponic*) ja akvaponinen viljely (*aquaponic*) ovat harvinaisempia tuotantomenetelmiä, joista ensimmäistä hyödynnetään Suomessakin siemenperunoiden viljelyssä (Yle uutiset 2012.) Ilmaviljelyssä ravinneliuos hajotetaan erittäin hienojakoiseksi sumuksi, joka johdetaan suoraan kasvien juurille suljettuun kasvutilaan. Sumu luodaan yleensä tehokkailla pumpuilla ja sumusuuttimilla. Ilmaviljelytekniikka on kallista ja vaatii enemmän sekä tarkkailua että huoltoa kuin vesiviljely.

Akvaponisessa viljelyssä tuotetaan sekä vihanneksia että kaloja ravinnoksi. Akvaponinen viljely on siis hybriditekniikka, jossa yhdistetään kahden tuotantomenetelmän (yleensä NFT-tekniikka ja vesiviljelytekniikka kalakasvatuksen näkökulmasta) ominai-

suuksia. Kalojen kasvatuksessa syntyvää ravinteikasta poistovettä käytetään vesiviljelyssä kasvien lannoittamiseen (Kehdi 2004, 1).

Sekä ilma- että akvaponinen viljely ovat toistaiseksi harvinaisia tehotuotantomenetelmiä. Akvaponista viljelyä on hyödynnetty Suomen ensimmäisessä suljetun kierron kasvihuoneessa, jossa kalat kasvavat kiertovesikalankasvattamossa ja poistovedellä lannoitetaan vihanneksia (Tekniikka ja talous 2012.) Menetelmien oletetaan yleistävän tulevaisuudessa suljetun energiakierron tuotantomenetelmien kehittyessä ja lannoitevirtojen tarkennetun hallinnan yleistyessä. Eräät italialaiset kasvihuonetuottajat käyttävät ilmailijelytekniikkaa tomaatin, melonin, salaatin ja kurkun tuottamiseen (Hydroponic food production, 141).

Vertikaaliset tuotantotekniikat

Vertikaaliset tuotantotekniikat eivät poikkea merkittävästi horisontaalisista tuotantotekniikoista Keskeisin ero on, että kasvusto on useammassa tasossa kuin vaakatasoisessa viljelyssä. Esimerkiksi pylväsviljely kehitettiin alun perin Italiassa ja Espanjassa täyttämällä päällekkäin asennettuja sylintereitä kasvualustalla ja poraamalla reikiä kasvipaikkoja varten näiden sylinterien kylkiin. Vertikaalisen tuotannon kastelu on järjestetty yleensä tippukastelutekniikalla (Hydroponic food production, 392).

Vertikaalisen tuotantotekniikan etuna on pinta-alansäästö verrattuna vaakatasossa toteutettavaan tuotantoon. Tuotantotavan haasteita ovat korkeampi henkilöstökustannus ja valaistuksen tasainen jakautuminen kasvustolle. Jälkimmäistä ongelmaa on pyritty ratkaisemaan liikuttelemalla kasvatussylintereitä akselinsa ympäri, mikä aiheuttaa korkeammat henkilöstökustannukset. (Hydroponic food production, 395). Vertikaalisella tuotantotekniikalla voidaan tuottaa kahdeksan kertaa enemmän satoa kuin peltotuotannossa (Hydroponic food production, 397).

2.3 Valotus

Kasvien valontarve vaihtelee riippuen lajista ja kasvin kehitysvaiheesta. Siementen itämiseen riittää tähdistä lankeava valo ($0,1 \text{ W/m}^2$), kun taas yhteyttäminen edellyttää yleisesti ottaen $100\text{-}1000 \text{ W/m}^2$. Kasvin on kyettävä yhteyttämään päivän aikana siten, että yhteyttämistuotteet riittävät yön ajaksi (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 40).

Modernissa kasvihuonetuotannossa käytetään kiinteästi kasvihuoneisiin asennettuja suurpainenatriumvalaisimia lisävalotukseen luontaisesti saatavilla olevan auringonvalon lisäksi. Esimerkiksi Suomessa käytetään 40 – 200 W/m² asennustehoa kasvihuoneissa, mikä riittää usempien ruokakasvien ympärivuotiseen tuotantoon (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 190).

Erilaiset tuotettavat kasvilajit tarvitsevat valoa erilaisia määriä ja erilaisissa jaksoissa. Erityisesti lyhyenpäivän kasvit hyötyvät säännöllisestä päivärytmistä, kuten vaikkapa mausteyrtit. Lisävalotuksella pidennetään luonnollista päivänpituutta, mikä lisää kasvin päiväkohtaista yhteyttämisaikaa ja nopeuttaa siten kasvua. Kasveja voidaan valottaa ympärivuorokautisesti, mutta yleisesti suositellaan vähintään parin tunnin yöjaksoa päivittäin. Kasvi siirtää pimeän jakson aikana yhteyttämistuotteitaan lehdistä kasvin muihin osiin (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 191-192).

2.4 Kasvualustoja

Kasvualustat voidaan luokitella esimerkiksi ravinteiden pidätyskyvyn mukaan. Tällöin kyseessä ovat aktiiviset (kasvualusta kykenee pidättämään ja luovuttamaan ravinteita) ja inaktiiviset (kasvualusta ei kykene merkittävästi pidättämään ravinteita, jolloin ne on lisättävä kasteluveteen) kasvualustat. Esimerkiksi kookoskuitu on aktiivinen kasvualusta, kun taas perliitti, kevytsora ja kivivilla eivät ole. Kookoskuitu voi pitkällä aikavälillä sitoa itseensä haitallisia pitoisuuksia lannoitesuoloja, mikä on haitallista kasveille. Perliitti, kevytsora ja kivivilla eivät vastaavasti tee niin.

Kasvihuonetuotannossa viljelijän kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat saatavuus, tasalaatuisuus, hinta, soveltuvuus viljelytekniikkaan sekä kasvualustan käsiteltävyys ja ympäristöystävällisyys.

2.5 Säädelvät kasvuolot

Kasvihuonetuotannossa pyritään luomaan rajatussa tuotantotilassa, kasvihuoneessa, kasville parhaat mahdolliset edellytykset kasvuun ja sadonmuodostukseen. Näitä säädeltyjä kasvuoloja ovat ilman lämpötila ja –kosteus, ilman hiilidioksiidipitoisuus, kasvualustan lämpötila, kasvualustan kosteus ja kasvihuoneen valoisuus. Kasvihuone-

tuotannossa näitä tekijöitä seurataan jatkuvasti erilaisilla antureilla (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 78).

3 VIHERSEINÄ VESIVILJELYJÄRJESTELMÄNÄ

Toimintaperiaatteesta

Vihersseinän viljelytekniikka muistuttaa kasvihuonetuotannossa käytettyjä ravinnekalvo- ja tihkukastelumenetelmiä. Yhteys ravinnekalvotekniikkaan (*NFT*) syntyy pinnasta, jota pitkin lannoiteliuos ohjataan kasvualustan sisältäville ruukuille. Tihkukastelumenetelmässä puolestaan lannoiteliuos ohjataan yleensä pumpun ja runkoputken kautta tihkukasteluletkuihin, jotka tasaavan putkistossa syntyvän paineen kasvi-kohtaisesti. Vihersseinässä pumppu nostaa ravinneliuoksen nestesäiliöstä seinän yläosaan, jossa liuos purkautuu vaakatasoon asetetun, rei'itetyn putken kautta etuseinään. Liuos valuu painovoimaisesti alas, kastellen osittain seinän sisään asennettujen ruukkujen sisältämän kasvualustan. Menetelmä on muistuttaa tavallaan vesiputousta, ja jatkossa tässä työssä siitä käytetään nimeä huuhtelukastelu (*flush feed*). Menetelmässä yhdistyvät ruukkukohtaisesti periaatteessa yhdenmukainen kastelumäärä ja lannoiteliouksen liikkuminen ruukuille tasaista pintaa pitkin.

Mahdollisia kasvilajeja vihersseinään

Kasvikunta jakautuu sammaleisiin, sanikkaisiin ja siemenkasveihin. Tällä hetkellä maatalouden ja globaalin ruokahuollon kannalta tärkeimmät viljelykasvit ovat siemenkasveja, mutta vihersseinän toimintaperiaate mahdollistaa myös sammalien ja sanikkaisten viljelyn vihersseinässä. Kaksi jälkimmäistä ryhmää rajattiin pois opinnäytetyön piiristä.

Arvioitaessa vihersseinässä viljeltäviksi soveltuvia kasvilajeja, on ensisijaisesti huomioitava viljelytekniikka. Vihersseinässä hyödynnettävä viljelytekniikka muistuttaa toimintaperiaatteeltaan yleisimpiä kasvihuoneviljelytekniikoita. Tämän huomion pohjalta voidaan olettaa, että vihersseinässä on mahdollista viljellä vähintään useimpia kasvihuonetuotannossa tuotettavia kasveja. Erilaisten kasviryhmien soveltuvuutta vihersseinään arvioidaan taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Kasviryhmiä vertailua

Kasviryhmä / laji	Arvio soveltumisestaan viljeltäväksi viherseinään
Salaatit, mausteyrtit yms. matalakasvuiset ja puskamaiset kasvit	Soveltuu lisäysmenetelmää kehittämällä
Kasvihuonekurkku ja –paprika yms. korkeakasvuiset kasvit	Edellyttävät kasvuston tukemista tai sitomista sekä kasvualustan jatkuvaa kastelua suuren juuriston kehittymiseksi
Pavut, pippurit yms. köynnösmäiset ruoka- ja maustekasvit	Edellyttävät kasvuston tukemista tai sitomista

Valotus

Viherseinissä kasvuston ylläpitovalotukseen käytetty, seinän yläosaan sijoitettu loisteputkivalaisin on yksin riittämätön tehokkaaseen ruokakasvien tuottamiseen. Valotus on asennettu seinän yläosaan, jolloin se hyödyttää pääasiassa etuseinän yläosassa sijaitsevia kasveja. Loisteputkivalaisimien valon läpäisyteho on myös melko vaatimaton, eli valo ei juurikaan vaikuta ensimmäisen lehtikerroksen alla olevaan kasvuun.

Lisävalotuksen selvittäminen toiminnallisiin kokeisiin osoittautui haastavaksi. Valmiita ratkaisuja ei markkinoilla juuri ollut, todennäköisesti vertikaalisten vesiviljelyjärjestelmien harvinaisuuden johdosta. Kasvihuonetuotannossa käytettävät suurpainenatriumlampit ovat asuinhuoneistoissa käytettäväksi liian kirkkaita ja kookkaita, minkä lisäksi ne tulisi asentaa metrin päähän seinästä pystytasoon valon jakautumisen vuoksi. (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 188.) Lopulta päätin tukeutua LED-tekniikkaan valotuskysymyksen ratkaisemiseksi.

Kallinen (2011) toteaa opinnäytetyössään LED-valaisimien soveltuvan salaatin kustannustehokkaaseen kasvatukseen kasvihuoneolosuhteissa. Todettuani lisävalaistuk-

sen tarpeelliseksi kasvatuskokeita varten, tiedustelin suomalaiselta Ned-led Oy:ltä kasvihuonetuotannon välivalaisunauhoja käytettäväksi opinnäytetyöni toiminnalliseen osuuteen. Net-Led Oy valmistaa ja kehittää nauhamaisia LED-valaisimia kasvihuonetuotantoon. Fresh Effect Oy kustansi Net-led Oy:n sovellettua käyttökohdetta varten valmistaman prototyypin, jota käytin toiminnallisissa kasvatuskokeissa kasvuston valaisuun. LED-tekniikka tulee todennäköisesti syrjäyttämään tällä hetkellä käytössä olevat suurpainenatriumvalaisimet lähivuosina. LED-tekniikan odotetaan mullistavan kasvihuonetuotannon lähivuosina. (Maaseudun tulevaisuus 2011.)

Lannoitus

Viherseinissä käytetään viherseinän nestesäiliöön erillisessä harsopussissa lisättyä Blumatin passiivikastelulannoitetta.

Opinnäytetyön toiminnallisia kasvatuskokeita suunnitellessa FE:n toimitusjohtaja Niko Järvinen esitti ajatuksen lannoiteliuoksen toteuttamisesta ”runkoliuoksena”, joka tarjoaisi kasveille tietyn tasapainoisen yhdistelmän pää- ja hivenravinteita. Tämän mallin mukaan kasvikohtaisesti edellytetyt lisäravinteet lisättäisiin ruukkukohtaisesti kasvualustaan hitaasti liukenevissa kapsелеissa tai passiivilannoitteina.

Hankin toiminnallisia kasvatuskokeita varten Fresh Effectiltä käyttämiään passiivilannoitepusseja, Nutriforten A + B-kaksikomponenttilannoitetta Tampereella toimivasta Chilitarvike Oy:stä, Kekkilän kastelulannoitetta Kärjen Puutarhalta sekä Plantagenin passiivilannoitepuikkoja kukkiville kasveille sisältämänsä fosfori- ja kaliumpainotteisen NPK-suhteen johdosta. Nutriforten kaksikomponenttilannoite tarkoitettiin mansikoiden viljelyyn, Kekkilän kastelulannoite salaateille sekä yrteille ja Plantagenin passiivilannoitteet ruukkukohtaiseen lisälannoitukseen.

Kasvualusta

Monet kasvihuonetuotantoon tarkoitetut kasvualustat ovat levinneet myös harrastajakäyttöön. Tämä on helpottanut niiden saatavuutta ja vertailua, vaikka yleisesti ottaen kasvualustojen välillä olevat erot ovat lähinnä kosmeettisia ja karkeimmat erot muodostuvat soveltuvuudesta erilaisiin viljelytekniikoihin. Kasvualustat jakautuvat orgaanisiin ja epäorgaanisiin kasvualustoihin (Tehokkaasti kasvihuoneesta, 131.)

Kasvihuonetuotannossa maantieteellinen sijainti vaikuttaa melko paljon hyödynnettävissä olevien kasvualustojen saatavuuteen, esimerkiksi laavakiveä käytetään lähinnä alueilla joilla on vulkaanista toimintaa ja näin helposti hyödynnettävä lähde materiaalille. (Hydroponic food production 2012). Harrastustoiminnassa kasvualustaa kuuluu kuitenkin huomattavasti vähemmän kuin kasvihuonetuotannossa, mikä mahdollistaa eksoottistenkin kasvualustojen hyödyntämisen kohtuulliseen hintaan.

Kasvualustoja voidaan jaotella useiden erilaisten ominaisuuksien mukaan, esimerkiksi soveltuvuudella erilaisiin vesiviljelymenetelmiin tai fyysisten ominaisuuksiensa mukaan (tiheys, vedenjohtokyky, vedenpidätyskyky, eloperäisyys, tasalaatuisuus yms.) Viime vuosina myös ympäristöystävällisyys ja kierrätettävyyys ovat nousseet esille kasvualustojen ryhmittelyssä.

Alla olevaan taulukkoon on eritelty erilaisten kasvualustojen ominaisuuksia tämän opinnäytetyön toiminnallisen osuuden näkökulmasta. Toiminnalliseen osuuteen valikoituneiden kasvualustojen on oltava helposti esikäsiteltävissä (korkeintaan huuhtelu), niiden on kyettävä pidättämään vettä seinän ilmankierron ollessa päällä ja tasapainottamaan lannoiteliuksen happamuutta. Myös materiaalin kuivapainon olisi suotavaa olla pieni käsittelyn helpottamiseksi ja käsittelyn yleisesti ottaen siistiä. Kasvualustojen ominaisuudet selvitettiin opinnäytetyön toiminnallisen osuuden aikana. Kasvualustojen ominaisuudet on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kasvualustojen ominaisuudet

Kasvualusta	Kivivilla	Kookoskuitu	Mämmi	Lecasora
Suhteellinen sotkuisuus	Pieni	Melko pieni	Pieni	Pieni
Valmistusmateriaali	Diabaasi- ja kalkkikivi	Kookospähkinän kuori	Puuhiili, kookospähkinän kuori, kivirouhe, savi	Savi
Vedenpidätys	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Veden haihtuminen (seinän tuuletus päällä)	Hyvin hidasta	Hidasta	Hidasta	Hidasta
Raekoko	Erittäin pieni	Pieni, pitkiä kuituja seassa	Suuri (1-6 mm)	Hyvälaatuises- sa materiaalis- sa melko pieni
Esikäsitely	Huuhtelu	Huuhtelu	Huuhtelu	Sterilointi ja huuhtelu
Uudelleenkäytettävissä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Kuivapaino	Pieni	Pieni	Pieni	Pieni
pH-tasapainottuu	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei
Sopii suljettuun kastelukiertoon	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Saatavissa puristuksessa muodossa	Ei	Kyllä	Ei	Ei
Säilyttää muotonsa	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä

Kastelukierto

Toiminnallisissa testeissä hyödynnetään Fresh Effect Oy:n kokemuksia kastelukiertojen ajastamisessa. Kasteluedelle asetettavat laatuvaatimukset on kuvailtu pääpiirteittäin ensimmäisen kappaleen ”kastelukierto”-kohdassa. Kastelukiertoa joudutaan todennäköisesti säätämään 15 minuuttia kestävästä kastelusykleistä lyhyemmäksi idätyskokeissa siementen liikkumisen ja taimien hukkumisen ehkäisemiseksi.

Huoltotoimenpiteet

Toiminnallisten testien aikana viherseiniä huoltotoimenpiteet suoritettiin Fresh Effect Oy:n huoltomenetelmiä mukaillen. Huoltomenetelmien toistuvuus ja toimenpiteet on kuvailtu taulukkoon 3. Ph:n ja EC-lukemien tarkkailu suoritettiin viikottain, koska nestesäiliön tilavuuden vuoksi (noin 110 litraa) muutokset ovat todennäköises-

ti hitaita. EC-arvon muuttuminen on sidoksissa kasvien hyödyntämään ravinnemäärään, jolloin sen äkillinen nousu on epätodennäköistä.

TAULUKKO 3. Oletetut huoltotoimenpiteet

Viikoittain	Toimenpide
pH- ja EC-lukemien mittaaminen nestesäiliöistä	Jos pH yli tai alle 5.5 – 6.5, korjataan kohti tavoitetta.
Tuulettimien, pumppujen, valaisimien ja ajastimien toiminnan seuraaminen	Korjaus tai vaihto mikäli epäkunnossa
Nestesäiliöiden nestepinnan seuranta	Kun nestesäiliön pinta vajoaa noin puoleen väliin, säiliö täytetään ja lisätään lannoitteita lisätyn vesimäärän mukaisesti.

Lainsäädäntö

Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran mukaan lainsäädännössä ei ole mitään estettä tämän opinnäytteen kuvaileman, ruokakasveja tuottavan viherseinän kaltaisen tuotteen valmistukselle ja myynnille. (Kekki 2012.)

4 KASVATUSKOKEET

4.1 Viherseinien valmistelu

Ennen käyttöönottoaan kolme koeasetelmaan alistettua seinää puhdistettiin huolellisesti. Tämän jälkeen ruukut kiinnitettiin kasvualustoineen seinien etupaneeleihin. Nestesäiliöt täytettiin lannoiteliuksella ja seinien käyttöelektroniikka kytkettiin ajastimilla verkkovirtaan.

Opinnäytetyöni toiminnallisten kasvatuskokeiden idätystestejä varten kolme viherseinää siirrettiin asunnolleni. Sijoitin ne asuntooni olohuoneeseen mahdollisimman valoisaan paikkaan, lähelle ikkunoita.

Kasvatuskokeisiin valitut kasvilajit

Kasvatuskokeisiin valittiin yleisimpiä maustekasveja ja salaatteja. Tämä johtui ruokien sisätilavuudesta (n. 4dl), joka soveltuu paremmin suhteellisesti pienikokoisemmille kasveille.

Kasvatuskokeisiin käytettävät siemenet hankittiin Minda's Gardenista Fresh Effect Oy:n laskuun. Siemenpusseja kului testien aikana runsaasti. Minda's Garden on erikoistunut tuottamaan matalakasvuisten ja puskamaisten ruokakasvien siemeniä. Siemenpusseja on kuvattu kuviossa 4.



KUVIO 4. Minda's Gardenin siemenpusseja

Kasvualustojen valmistelu ja kylvö

Kasvualustana kasvatuskokeissa käytettiin Fresh Effect Oy:n valmistamaa mämmiä, Grodanin kivivillakuutioita sekä Bio Novan valmistuttamaa ja markkinoimaa kookoskuitua. Kasvualustat huuhdeltiin huolellisesti lämpimällä vedellä pölyn ja suolojen poistamiseksi, jonka jälkeen ne annosteltiin ruukkuihin. Etenkin mämmin tapauksessa huolellinen huuhtelu ennen käsittelyä on välttämätöntä kasvualustan sisältämän hienojakoisen pölyn poistamiseksi.

Lannoitus

Kasvatuskokeissa käytettiin Nutriforten kaksikomponenttikastelulannoitetta, Kekkilän kastelulannoitetta sekä Blumatin passiivista vesiviljelylannoitetta.

Lannoitusmäärät arvioitiin seinäkohtaisesti valmistajien suositukseen pohjautuen. Nutriforten kaksikomponenttilannoitetta käytettiin lähinnä mansikoiden kasvatuskokeiden ajan. Kekkilän kastelulannoitetta lisättiin nestesäiliöihin siten, että syntyneen liuoksen vahvuus oli noin 75% kasvihuonetuotannossa yrttien viljelyyn käytetystä yhden prosentin liuoksesta. Passiivista vesiviljelylannoitetta annosteltiin koeseiniin noin 700ml harsomaisessa pussissa hienojakoisuutensa vuoksi.

Kekkilän kastelulannoitetta käytettiin toiminnallisissa kasvatuskokeissa täydentämään Blusanan passiivilannoitteen vaikutusta, sillä Blusanan on havaittu olevan yksin riittämätön tehokkaaseen kasvuun (Pöyhtäri 2012.)

Valotus

Kasvatuskokeiden aikana testiseinissä käytettiin valaistuksena Fresh Effectin valmistamissa viherseinissä käytettäviä valaisimia, Netled Oy:ltä tilattua, tehtävään räätäloidysti valmistettua LED-valaisinta ja huoneistoon ikkunan kautta tulevaa auringonvaloa.



KUVIO 5. Netled Oy:n LED-valaisin

LED-valaisimen ulkoasu muuttui moneen otteeseen kasvatuskokeiden aikana. Muutosta on havainnollistettu kuviossa 5. Valaisin toimitettiin sellaisessa muodossa, jossa sitä käytetään kasvihuonetuotannossa. Valaisinta oli vaikea ripustaa ja se peitti kasvustoa vaikeuttaen kasvuston käsittelyä. Ennen pitkää purin valaisimen tukirungostaan ja kiinnitin yksittäiset valaisunauhat ruukkuihin.

Viherseinissä alun perin käytetty valaisin ei pysty tuottamaan riittävästi valoa koko etuseinässä sijaitsevalle kasvustolle. Tämä johtuu valaisimen asennustavasta, jota kuvataan kuviossa 6.



KUVIO 6. Viherseinän standardivalaisin

Kastelukierto

Viherseinien kastelukierto suhteutettiin aiempien kokemusten pohjalta seinien tuulettimien asetuksiin. Liian harva kastelukierto kuivattaa etenkin raekooltaan suuremmat kasvualustat nopeasti, kun taas liian usein toistuva kastelukierto hukuttaa kasvit tietyillä kasvualustoilla.

Idätyskokeiden aikana kastelukierto muutettiin neljän minuutin mittaiseksi ja tapahtuvaksi kolmesti päivällä. Kastelukierrot ajastettiin tapahtuviksi aamulla, keskipäivällä ja illalla.

4.1 Kasvatuskokeiden toiminnallisen osuuden kuvaus

Taimien hankkiminen ja siirto viherseinään

Kasvatuskokeissa käytettävät taimet hankittiin eri lähteistä Fresh Effect Oy:n kustannuksella. Taimien hankinnassa keskityttiin ammattiviljelijöiden palveluihin parhaan saatavilla olevan kasvimateriaalin hyödyntämiseksi. Taimet olivat hankintahetkellä erilaisissa kehitysvaiheissa. Kehitysvaiheiden eroa ja taimien alkuperää kuvataan taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Taimien alkuperä ja kehitysvaihe

Lajike (kauppanimike)	Tuottaja tai jälleenmyyjä	Kehitysvaihe tai muuta erikoista
Stevia	Agrimarket Mikkeli	30cm korkea puska, latvottu kerran
Mansikka (Polka)	Marja-Suomen taimituotanto Oy (Suonenjoki)	Odotuspetitaimina
Maustekasvit (Persilja, sitruunamelissa, basilika)	Kärjen Puutarha (Saarijärvi)	Kolmen viikon ikäisinä

Taimien juuret pestiin tarkasti idätys- ja taimikasvatusalustana käytetystä kasvuturpeesta, jonka jälkeen ne siirrettiin ruukkuihin. Kasvualustana taimikokeissa käytettiin Fresh Effect Oy:n valmistamaa määmiä. Toimenpiteet suoritettiin yrityksen tiloissa vesityöskentelypisteessä. Kuvioissa 7 ja 8 on kuvattu nelivaiheisesti sekä ruokakasvien että mansikan taimien siirto viherseinään.



KUVIO 7. Maustekasvien taimien käsittely



KUVIO 8. Mansikan odotuspetitaimien käsittely

Taimien istutuksessa uusiin ruukkuihin huomioitiin etenkin mansikan osalta kruunun sijainti ruukun kauluksessa, sillä kruunun peittyminen tai istutus liian korkealle aiheuttavat ongelmia kasvussa ja sadonmuodostuksessa.

Istutusvaiheessa syntyi huomio valon tulosuunnasta ja sen rajoituksista kasvien sommittelussa viherseinään. Etenkin kookkaat steviat varjostivat hieman toisia kasveja, estäen valonsaantia ja hidastaen kasvua. Mansikalla ei vastaavaa tilannetta syntynyt, johtuen kasvuston tasakokoisuudesta. Asiaa on havainnollistettu kuvioissa 9 ja 10.



KUVIO 9. Ruokakasveja viherseinässä

Mansikan ja stevian juuret olivat pisimmälle kehittyneet, mistä johtuen niitä lyhennettiin hieman saksilla ennen uudelleenistutusta. Siirrettäessä kasveja multaviljelystä vesiviljelyyn niiden juuria suositellaan leikattavaksi pois kolmanneksen verran alhaalta lukien.



KUVIO 10. Mansikoita viherseinässä

Idätyskokeiden järjestelyt

Idätyskokeissa pyrittiin selvittämään, miten viherseinissä voidaan kasvattaa ruokakasveja siemenestä asti. Kokeissa käytettiin Ruotsissa toimivan, ruokakasvien siementien jälleenmyyntiin erikoistuneen Minda's Gardenin tuotteita johtuen heidän painotuksestaan matalakasvuisiin ruokakasveihin.

Idätyskokeiden alussa selvitettiin, voivatko ruokakasvien siemenet itää suoraan viherseinässä tuuletuksen ollessa toiminnassa. Itäminen oli hyvin vaatimatonta, mikä

johtui todennäköisesti matalasta ilmankosteudesta ja ilman liikkeestä ruukkujen kau-
luksen alueella, missä itävät siemenet sijaitsivat.

Ongelmana oli siis ilman liike itämisvaiheessa. Seuraavaksi ruukkujen etuosa peitet-
tiin elintarvikekelmulla, sillä menetelmä mahdollistaisi ruukkukohtaisen ilmankierron
väliaikaisen pysäyttämisen itämisen onnistumiseksi. Menetelmää havainnollistetaan
kuviossa 11. Itäminen onnistui useimmissa tapauksissa, mutta kasvit menehtyivät
pian kelmun irrottamisen jälkeen. Syyksi pääteltiin toiminnallisesta ilmanpuhdistuk-
sesta syntyvä ilman liike ruukkujen etuosassa. Kelmun pitäminen paikallaan taimikas-
vatuksen aikana ei ole mahdollista, mistä johtuen kelmukokeet lopetettiin.



KUVIO 11. Idätyskokeiden kelmutusta

Kelmuepisodin jälkeen perusongelma pysyi muuttumattomana. Seuraavaksi huomio
käännettiin kasvualustan ominaisuuksiin. Mämmi on raekooltaan kohtalaisen suurta,
mikä toisaalta mahdollistaa toiminnallisen ilmanpuhdistuksen mutta vaikeuttaa ruo-
kakasvien idättämistä seinässä. Raekoko on otollinen toiminnallisen ilmanpuhdistuk-
sen kannalta, mutta siitä aiheutuva ilman liikkuminen vaikeuttaa siementen itämistä
huomattavasti.

Hankin idätyskäyttöön valmistettuja kookoskuitupellettejä ja kivivillaa idättääkseni ruokakasveja suoraan viherseinässä. Ilmankierron katkettua itäminen onnistui huomattavasti paremmin. Tuloksia on kuvattu kuviossa 12.



KUVIO 12. Erilaisia kasvualustoja ruukun kauluksessa

Vaikka ruukun kauluksessa käytettävän kasvualustan vaihtaminen mahdollisti siementen itämisen, menetelmä toisaalta rajoittaa toiminnallisen ilmanpuhdistuksen toteutumista. Kahden eri kasvualustan käyttäminen viherseinän viljelyssä tuntui myös yksinkertaisen asian työstämiseltä monimutkaiseksi, etenkin kun kivivillaa ei ole saatavilla valmiiksi ruukun kaulukseen sopivassa muodossa.

Päätin seuraavaksi kokeilla erillistä idätys- ja taimikasvatusalustaa. Jyväskylän Pispalanpalmun ystävällinen myyjä suositteli käyttämään heidän jälleenmyymäänsä Eazy plug-idätysalustaa. Noin sormenpään kokoiset turvenapit myydään käsittelyä helpottavassa alustassa, josta itäneet taimet nostetaan varovaisesti irti kasvualustoineen.

Vaikka kasvualustan pääasiallinen raaka-aine on turve, turvenapit eivät vaikuta haavoavan kastelusyklar myötä nestesäiliöön mikä on mahdollisen limoittumisen kanssa keskeisin este turpeen laajemmalle käyttämiselle kasvualustana viherseinässä. Turvenappeja ja istutusmenetelmää on kuvattu kuviossa 13.



KUVIO 13. Taimien lisäysmenetelmä 1.0



KUVIO 14. Taimien lisäysmenetelmällä seinässä kasvanut salaatti

Tuulettimet kytkettiin pois päältä, mikä vähentää ruukkukohtaista ilman kiertämistä. Ensimmäisestä ja toisesta testiseinästä suljettiin kaksi tuuletusaukkoa ja tuulettimet kytkettiin pysyvästi pois päältä. Kolmannesta seinästä suljettiin vain yksi tuuletusaukko ja tuuletin. Menettelyn tarkoitus oli selvittää itämisen mahdollistaminen pudottamalla tuulettimien teho pienemmäksi.

Koin viherseinien viljelyn helpottuneen tässä vaiheessa huomattavasti. Tämä kokemus syntyi todennäköisesti siirtymisestä erilliseen taimikasvatukseen. Idätys- ja taimikasvatusalustan vaihtaminen mämmistä turvenappeihin teki viljelytekniikasta periaatteessa monivaiheisemman, mutta toisaalta vastaava menettely idätyksessä ja taimikasvatuksessa on yleistä harrastusmittakaavan vesiviljelyssä. Kuviossa 14 on erillisessä turvenapissa idätetty ja taimikasvatettu salaatti, joka on kasvanut mämmissä.



KUVIO 15. Viherseinien tuulettimet seinän yläosassa

Useita viikkoja myöhemmin tuulettimet sammutettiin tarkastelua varten. Tässä yhteydessä huomattiin toiminnassa olleisiin tuulettimiin kertynyt pöly, mikä viittasi ilman kiertämiseen pois toiminnasta kytkettyjen tuulettimien aukkojen kautta. Tarkempi tarkastelu osoitti tuuletusaukkojen teippausten irronneen ajan myötä, mistä johtuen idätyskokeiden jälkimmäinen vaihe ei ole tuloksiltaan luotettava. Suljettuja tuuletusaukkoja kuvataan kuviossa 15.

4.2 Kasvatuskokeiden tulokset ja kehitysehdotuksia

Valotus

Koeasetelmassa käytettävillä valaisimilla saavutettiin korkeintaan tyydyttävä tulos kasvuston määrän ja laadun suhteen. Kasvien valotus oli epätasaista ja valaisimia jouduttiin jatkuvasti käsittelemään tasaisemman kattavuuden saavuttamiseksi.

Tällä hetkellä loisteputkivalaisimet vaikuttaisivat parhaalta käytettävissä olevalta tekniikalta valaistuksen toteuttamiseksi. LED-valaisimet ovat toistaiseksi liian tehot-

tomia ja arvokkaita, eikä suurpainenatriumlamput tule kyseeseen asuinhuoneistossa suoritettavassa viljelyssä.

Lannoitus

Kaikki toiminnallisissa kokeissa käytetyt lannoitteet pystyivät tukemaan idätys- ja taimivaiheen kasvua.

Kasvualusta

Kivivilla jää helposti liian kosteaksi, jolloin kasvien juuret eivät pääse kehittymään. Tämä havainto oli yllättävä, koska kastelutekniikka ei poikkea merkittävästi tippukastelumenetelmästä, jossa kasvualustaan ohjataan ravinneliuosta pistemäisenä kuorimituksena.

Kookoskuitu soveltuu melko huonosti kasvualustaksi viherseinään. Kookoskuitu tiivistyy aikaa myöten kastelutekniikasta johtuen, minkä lisäksi kookoskuitu vaikuttaisi huuhtoutuvan ruukusta helposti. Tämä altistaa kastelujärjestelmän putkiston tukkeutumiselle pitkällä aikavälillä.

Kastelukierto

Kastelukierron on syytä pitää mahdollisimman lyhyinä. Kasvatuskokeiden aikana tehtyjen havaintojen pohjalta vaikuttaisi siltä, ettei yli kahden minuutin mittaisiin kastelukiertoihin ole tarvetta. Kastelujärjestelmä ehtii kastella kasvualustat läpikotaisin kahden minuutin kastelukierron aikana..

Huoltotoimet

Viherseinän huoltaminen on yhtä helppoa tai vaivattomampaa verrattuna useimpiin kaupallisiin harrastusmittakaavan vesiviljelyjärjestelmiin. Viherseinä säätää ja ylläpitää veden happamuutta itsenäisesti kastelukiertojen myötä passiivilannoitteen ja kasvualustan ominaisuuksien johdosta. Kasvuston parissa työskentely on lisäksi ergonomisesti vähemmän haastavaa seinän pystysuuntaisuuden johdosta.

5 KOEJÄRJESTELYN TULOKSET JA ANALYSOINTIMENETELMÄT

Toiminnallisten kasvatuskokeiden aikana syntyneitä tuloksia analysoitiin ja hyödynnettiin päällekkäin kasvatuskokeiden etenemisen kanssa. Päätin menetelmän sopivaksi opinnäytteen kehitystyömäisen luonteen johdosta. Yritys-erehdys-korjaus – menetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi työkaluksi toiminnallisten testien edetessä selvitetessä menetelmää ruokakasvien viljelemiseksi viherseinässä.

Idätys- ja taimikokeiden onnistumista arvioitiin kasvien kunnon perusteella opinnäytetyön toiminnallisen vaiheen aikana. Käytin omaa käytännön kokemustani kasvi-huonetuotannon ja vesiviljelyharrastukseni parissa kaikupohjana kasvien kunnon arvioinnissa. Käytettyä arviointia tarkemmat mittausmenetelmät (esimerkiksi tuore- ja kuivapaino, ravintoarvot, väri, maku, haju) jätettiin tämän opinnäytteen ulkopuolelle laajuudesta johtuen.

Useimmiten kokonaiset testikerranteet joko itivät tai jäivät itämättä. Mikäli jonkin testikerranteen siemenet eivät itäneet kohtuullisessa ajassa tai taimet jäivät kitukasvuisiksi, kokeillussa menetelmässä oli todennäköisesti jotain vikaa. Havaintoon reagoitiin luomalla hypoteesi ongelmasta ja testaamalla hypoteesia.

Esimerkiksi persiljoiden kuoltua joukolla taimikokeiden aikana pyrin selvittämään kuolinsyyntä avaamalla kaikkien huonokuntoisten persiljoiden ruukut ja tarkastamalla istututussyvyyden sekä juuriston kunnon. Koska mitään toistuvaa häiriötekijää ei ollut havaittavissa ja seinien viljelyolosuhteet olivat muuten kunnossa, syyksi kasvimaateriaalin kunnon heikkenemiseen todettiin stressi kasvuolosuhteiden muuttumisesta. Persiljan juuristo on erilainen samaan aikaan seinään vastaavilla menetelmillä lisätyihin basilikaan ja sitruunamelissaan verrattuna, mikä todennäköisesti vaikutti persiljan heikkoon menestymiseen taimikokeissa. Persilja kuitenkin kukoisti myöhemmissä idätyskokeissa, mikä tukee havaintoa.

Toiminnallisissa kasvatuskokeissa käytettyjen viherseinien kasvuolot pyrittiin pitämään yleisten vesiviljelyssä käytettävien pH-arvojen tasoissa. Nämä arvot tarkastettiin viikottain, eikä niiden säätämiseen ollut kertaakaan aihetta. Merkittävää on, että

viherseinissä käytettävä kasvialusta, mämmi, kykenee ylläpitämään vesiviljelylle suotuisaa pH-arvoa yllä. Myös käytettävät lannoitteet vaikuttivat kasteluveden pH-arvoon.

Suorittamieni selvitysten ja toiminnallisten testien perusteella totean matalakasvuisien ruokakasvien viljelyn viherseinässä mahdolliseksi.

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Tulosten kriittinen tarkastelu

Toiminnalliset kasvatuskokeet jakoutuivat taimi- ja idätysvaiheeseen. Taimikokeissa selvitettiin kasvihuonetuotannossa tuotettujen taimien istuttamista viherseinään, idätyskokeissa ruokakasvien idättämistä viherseinässä. Tuulettimien säätelyä koskeva vaihe idätyskokeissa ei tuottanut uskottavia tuloksia, koska tuulettimien teippaukset olivat pettäneet jossain vaiheessa. Näin ollen idätyskokeissa saatuja tuloksia ei voida pitää luotettavana vastauksena tutkimuskysymykseen.

Lähtökohtaisesti viherseinä ei vertikaalisuutta ja vesiputousmaista kastelujärjestelmäänsä lukuun ottamatta eroa yleisistä kaupallisista harrastusmittakaavan vesiviljelyjärjestelmistä. Viherseinän rakenne mahdollistaa matalien ja puskamaisten kasvien viljelyn, mikäli ruokakasvit istutetaan uuteen kasvualustaan riittävän pitkälle kehittyneinä. Siemenistä suoraan seinään lisättynä toiminnallinen ilmanvaihto hidastaa merkittävästi tai estää kasvien kehittymistä käytettäessä mämmiä kasvualustana. Opinnäytteen tekijänä koen opinnäytetyön tärkeimmäksi sisällöksi oman sitoutumiseni viherseinien kehittämiseen, sillä haluan työskennellä vesiviljelyjärjestelmien parissa ammatikseni.

Kehitystyön toiminnallisen osuuden tulokset olivat jotakuinkin ennakoitavissa ennen työn aloittamista. Kasvien perustarpeisiin vastaaminen tuottaa yleensä tyydyttävän lopputuloksen kotipuutarhurille, ja viherseinä vastaa vesiviljelyjärjestelmänä kaikkiin kasvien perustarpeisiin tietyllä viljelymenetelmällä hyödynnettynä. Opinnäytetyön arvokkainta antia oli viherseinän viljelyn perusmenetelmän dokumentointi valokuvien ja jatkotutkimuskysymykset.

6.2 Viherseinän ruokakasvit

Viherseinässä voidaan viljellä ruokakasveja. Viljelytekniikkaa jatkokehittämällä viherseinään voidaan hyvin todennäköisesti lisätä myös korkeakasvuisia ruokakasveja ja juureksia, matalakasvuisten maustekasvien ja salaattien lisäksi.

6.3 Ruokakasveja tuottavan viherseinän viljelymenetelmä

Tämän opinnäytetyön toteutuksen aikana tehtyihin havaintoihin pohjaten suositte-
len ruokakasveja tuottavaa viherseinää käytettävän seuraavasti:

1. Eri kasvilajit on suositeltavaa pitää erillään pysty- tai vaakakerranteissa erilaisten kasvutapojensa johdosta. Puskamaiset ja tuuheat kasvit, kuten sitruunamelissa ja stevia, voivat peittää alempana sijaitsevia, pienikokoisempia kasveja valolta ja aiheuttaa kitukasvuisuutta.
2. Valmiiksi taimivaiheeseen kasvaneiden kasvien lisääminen viherseiiniin on nopein menetelmä päästä hyödyntämään kasvustoa. Kasvien on suositeltavaa olla noin kolme viikkoa vanhoja ja hyväkuntoisia.
3. Siementen kylväminen suoraan ruukussa sijaitsevaan kasvualustaan on tehokasta käytettäessä tiivistä kasvualustaa ruukun kauluksessa. Mämmin ja lecasoran raekoko ovat liian suuria tasaiseen itämiseen. Toiminnallinen ilmanpuhdistus ei välttämättä toteudu niiden ruukkujen osalta, joiden etuosassa käytetään tiiviimpää kasvualustaa. Kookoskuitua ei suositella käytettäväksi kasvualustana.
4. Erillisten idätysalustojen käyttäminen mahdollistaa mämmin ja lecasoran hyödyntämisen kasvualustana ruukuissa. Taimi siirretään aikaisintaan ensimmäisen varsinaisten lehtiparien muodostumisen jälkeen idätysalustoineen ruukun suuaukosta keskisyvyyteen, jonka jälkeen ruukku täytetään mämmillä tai lecasoralla.
5. Kasvien lisääminen siemenistä suoraan viherseinään kannattaa rajoittaa suurisiemenisiin lajikkeisiin (siemen halkaisijaltaan yli 1mm). Esimerkiksi sitruunamelissan (siemenet hyvin pieniä) lisääminen seinään onnistuu helpommin joko esikas-

vattamalla taimi erillään tai hankkimalla taimet taimistolta. Myös pistokkaista lisäämistä kannattaa harkita lisäysmenetelmänä.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön toiminnallisten testien aikana koin saaneeni valtavasti ensi käden tietoa viherseinien viljelystä ja viljelyn keskeisistä haasteista. Kirjallisuusselvitys teoriataustasta haastatteluineen tuki opinnäytetyöni etenemistä.

Opinnäytetyöni tekeminen kesti eri vaiheineen keväästä 2012 saman vuoden joulukuuhun asti. Tässä ajassa ehdin tutustua sekä Fresh Effect Oy:n viherseinään että useisiin puutarha-alan yrityksiin aina alkutuotannosta, taimien tuotannosta ja jälleenmyynnistä sekä valotustekniikan tuottajista kotipuutarhurien vesiviljelyjärjestelmiä myyviin yrityksiin saakka. Koen opinnäytetyöni antaneen minulle valmiudet toimia vesiviljelyjärjestelmien kehittämisen parissa.

Pidin opinnäytetyöni aikana erityisesti toiminnallisista testeistä vihersienien parissa sekä yhteydenpidosta muiden aihepiirin toimijoiden kanssa, ja heidän pääsääntöisesti hyvin kannustavasta suhtautumisestaan viherseinien kehittämiseen. Ruotsissa toimiva Minda's Garden ei aiemmin yleensä toimittanut siemeniä ulkomaille, mutta he pitivät viherseinän ajatuksesta siinä määrin että tekivät poikkeuksen ja nettisivuistaan päätellen he ovat muuttaneet asennettaan ulkomaisiin toimijoihin viime aikoina.

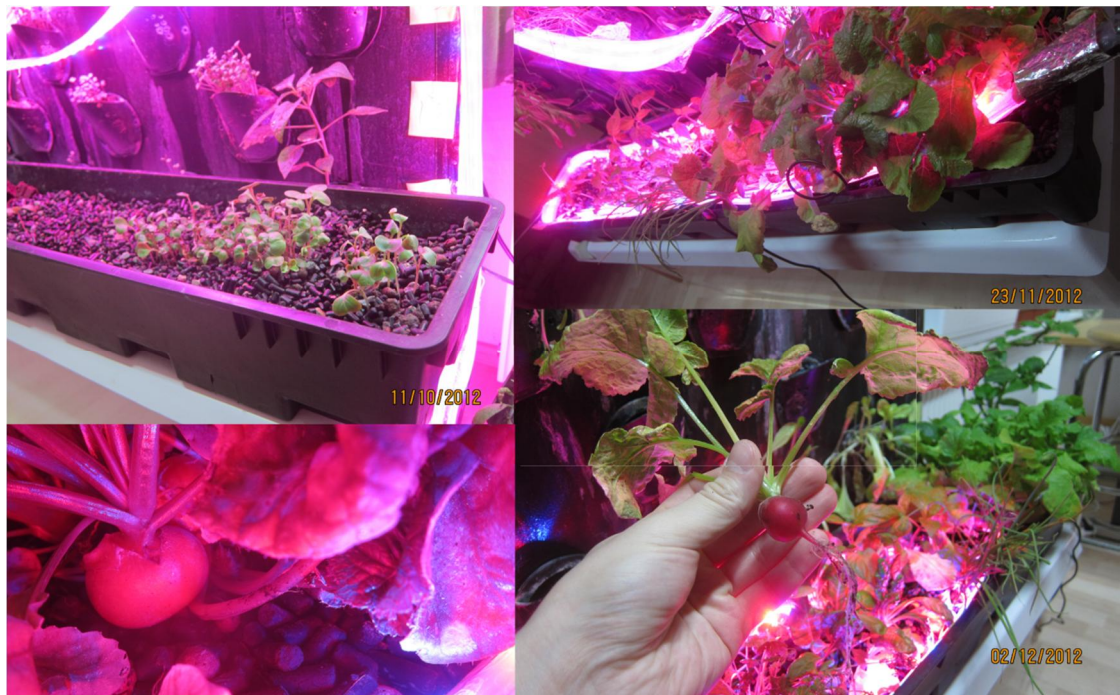
Vaikeinta opinnäytetyössä oli jäsentää prosessin eri vaiheita, sillä sekä tiedonhankinta, työn raportointi että toiminnalliset kasvatuskokeet tapahtuivat yleensä samaan aikaan. Tämä tuli ilmi työn raportoinnin yhteydessä. Vakavasti otettavaa lähdemateriaalia ei ollut juurikaan olemassa muutamaa alan perusteosta lukuunottamatta, tai sitä ei löytynyt.

Tässä opinnäytteessä raapaistiin hieman viherseinän pintaa. Ihminen hyödyntää maailmanlaajuisesti lukemattomia erilaisia ruokakasveja, joita voisi olla mahdollista viljellä viherseinässä onnistuneesti. Ruokakasvien lisäksi erilaisia mauste-, lääke- ja koristekasveja on miltei loputtomasti, ja uskon niitä voitavan viljellä viherseinässä

kullekin kasvilajille soveltuvan viljelymenetelmän selvittämisen myötä. Periaatteessa nykyaikana Euroopassa hyljeksityt GMO-ruokakasvitkin voisivat sopia viherseinään, olettaen että kyseisten kasvilajien lisääntymiskykyä rajoitetaan ankarasti luonnossa esiintyvien kantojen kanssa sekoittumisen estämiseksi. On myös aiheellista odottaa puolueettomia tutkimuksia GMO-kasvien mahdollisista pitkäaikaisista terveysvaikutuksista ennen niiden mahdollista hyödyntämistä viherseinissä.

Jatkotutkimuskysymyksiä:

- Kasvualustan kehittäminen ominaisuuksiltaan sellaiseksi, että se kykenee vastaamaan toiminnallisen ilmanpuhdistuksen asettamiin haasteisiin ja tukemaan kasvin kasvua samanaikaisesti siemenestä asti viherseinässä.
- Bioluminosoivien eli biologiseen valontuotantoon kykenevien kasvien lisääminen viherseinään esteettisen vaikutuksensa vuoksi.
- Viherseinän kehittäminen virvoitusjuoma- ja makeisautomaatteja jäljitteleväksi tuotteeksi, josta voi ostaa lähellä tuotettua, tuoretta salaattia tai yrttejä. Viherseinien hyödyntäminen haastavissakin olosuhteissa voidaan mahdollistaa esimerkiksi liittämällä viherseinän etuosan päälle muovinen suojakupu, jolloin kasvutilan ilmanpaine, ilmankosteus, lämpötila ja ilman hiilidioksidipitoisuus voidaan nostaa huomattavasti tavallista huoneilmaa korkeammaksi. Tällöin viherseinästä tulee uskottava haastaja modernille kasvihuonetuotannolle mikrokoossa. Kyseisen vision toteuttamiseen tarvittava tekniikka on jo olemassa, ja niiden kytkeminen viherseinän etäohjausjärjestelmään on mahdollista.
- Juuresten kasvattaminen viherseinässä. Esimerkiksi porkkana edellyttää melko syvää juuritilaa (Hydroponic food production, 183.), mutta sopivalla lajikkeella, syvällä ruukulla tai jollain muulla ratkaisulla voidaan varmasti vastata kasvutapojensa haasteisiin. Kokeilin opinnäytetyöni loppumetreillä taimikasvatuskaukalon käyttämistä retiisin viljelyyn. Alustavien kokeiden tulokset vaikuttivat lupaavilta. Menetelmää on kuvattu kuviossa 16.



KUVIO 16. Retiisejä taimikaukalossa

- Syötävien tai muuten hyödynnettävien sanikkaisten ja sammalien viljeleminen viherseinässä.
- Biokaasureaktorien käsittelyjäännöksen käyttö vesiviljelylannoitteena viherseinässä. Tutustuin opinnäytetyötä tehdessäni Laukaassa toimivan Metener Oy:n käsittelyjäännökseen, jonka nestemäinen osa sopisi todennäköisesti mainiosti viherseinän lannoitteeksi. On huomioitava nestemäisen jakeen lannoiteominaisuudet, joita joudutaan mahdollisesti täydentämään muilla lannoitteilla. Käsittelyjäännöksessä esiintyvä rikkivety on kyettävä neutraloimaan joko seinän toiminnallisen ominaisuuden tai prosessoinnin kautta.
- Vesiviljelylannoitteiden korvaaminen hitaasti liukenevilla orgaanisilla lannoitevalmisteilla ruukkukohtaisesti. Nestesäiliöön lisättävän lannoitteen sijaan kasvien tarvitseman ravinteiden ruukkukohtainen optimointi tarkoittaisi lannoitteiden kasvikohtaista käyttöä järjestelmässä. Tämä kysymys korostuu kasvutavaltaan suuresti toisistaan eroavia kasveja viljeltäessä.
- Maatiaislajikkeiden hyödyntämisen hyödyt ja haitat verrattuna moderneihin kauppalajikkeisiin. Lehtori Värren esityksen mukaan esimerkiksi mansikan maatiaislajit tuottavat hieman vähemmän satoa kuin pitkälle jalostetut, modernit kauppalajik-

keet, mutta samalla ne kykenevät huomattavasti pitkäjänteisempään sadonmuodostukseen ja kestävät paremmin olosuhdemuutoksia.

- Viherseinän jatkuvalla kastelukierrolla voitaisiin periaatteessa mahdollistaa ilmaviljely. Kastelukiertoa olisi todennäköisesti hieman ”kuristettava” teholtaan heikommaksi esimerkiksi säätämällä pumpun tehoa pienemmäksi, jottei veden virtaus vahingoittaisi seinän sisätilassa ruukkujen ulkopuolella vapaana roikkuvia kasvien juuria. Viljelymenetelmä edellyttää ravinneliuoksen tarkistamista viljelytekniikkaan soveltuvaksi ja jonkinlaista huoltoluukua, jonka kautta mahdollisesti katkeava juuri-massa voidaan poistaa nestesäiliöstä.

LÄHTEET

Botkin, Daniel B. & Keller, Edward A. 2012. Environmental Science. Earth as a Living Planet. International student version. 7 p. Asia: John Wiley & sons.

Hydroponic food production. Toim. H. M. Resh. 2002. For the professional and commercial grower and the advanced home hydroponics gardener. 6. p. California: Woodbridge Publishing Company.

Kallinen, Minna. 2011. LED-valaistuksen kustannustehokas käyttö salaatinviljelyssä. Opinnäytetyö. Viitattu 18.12.2012.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28181/Kallinen_Minna.pdf?sequence=1

Kasvit helpottavat työstressiä. 2012. Uutinen Talouselämä-lehdessä. Viitattu 22.10.2012.

<http://www.talouselama.fi/uutiset/kasvit+helpottavat+tyostressia+ihmislaji+on+tarvinnut+paikkoja+joissa+voi+syoda+tulematta+syodyksi/a2143412>

Kehdi, Noucetta. 2004. Artikkelin GHE:n sivustolla akvaponisesta viljelystä. Viitattu 20.11.2012. http://www.eurohydro.com/pdf/articles/gb_aquaponics.pdf

Kekki, Tomi. 2012. Tuoteturvallisuusyksikön ylitarkastaja. Evira. Haastateltu 10.10.2012.

Pöyhtäri, Annika. 2012. Fresh Effect Oy:n kasvi- ja viljelyasiantuntija. Haastateltu 20.06.2012.

Tehokkaasti kasvihuoneesta. Toim. T. Koivunen. 2003. 3. korjattu painos. Jyväskylä: Opetushallitus.

Tekniikka ja talous. 2012. Sulljetun kierron ruuantuotanto alkoi uudessa kaupungissa. Viitattu 20.09.2012

<http://www.tekniikkatalous.fi/energia/yle+suljetun+kierron+ruoantuotanto+alkoi+uudessakaupungissa/a840034>

The history of living walls. 2011. Living walls and Vertical Gardens. Viherseinien historia. Viitattu 22.10.2012. <http://www.livingwallart.com/vertical-garden-installations/the-history-of-living-walls/>

Yle Uutiset 2012. Tyrnävän ilmaperunat tuottavat huippusatoja. Viitattu 20.11.2012. http://yle.fi/uutiset/tyrnavan_ilmaperunat_tuottavat_huippusatoja/6272982

Vuorikari, M. 2011. LED-valotus mullistaa kasvihuonetuotannon. Artikkelit maaseudun tulevaisuus-lehdessä 07.12.2011. Viitattu 13.12.2012.

<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/led-valotus-mullistaa-kasvihuonetuotannon-1.7596>