

**TURPEELLE VAIHTOEHTOISEN KASVUALUSTAN KEHITTÄMINEN  
AMERIKANKARPALON TUNNELIVILJELYYN**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, puutarhatalous

Kevät, 2022

Enni Taskinen

Tämä opinnäytetyö on tehty osana Helsingin yliopiston tutkimushanketta, jossa kehitetään pohjoisille leveyspiireille soveltuvaa tuotantomenetelmää amerikankarpalolle hyödyntäen ekologisesti kestäviä kasvualustoja, sekä tarvittaessa LED-valotusta ja biologista kasvinsuojelua. Koe toteutettiin Helsingin yliopiston kasvihuone- ja koekenttäalueella Viikissä kesällä 2021. Kokeen tarkoituksena oli tutkia ja kehittää amerikankarpalon (*Vaccinium macrocarpon*) tunneliviljelyyn soveltuvia kasvualustoja. Tarkoituksena oli löytää karpalon vaatimuksiin sopiva kasvualusta, joka olisi ekologisesti kestävämpi kuin nykyisin käytössä oleva turvepohjainen kasvualusta. Kasvualustaseoksiin valittiin mukaan sammalta, koska se uusiutuu turvetta nopeammin ja on parempi vaihtoehto ilmastonäkökulmasta katsottuna. Valintaan vaikutti myös materiaalin kotimaisuus ja hyvä saatavuus. Kokeeseen otettiin kontrollikäsittelyksi aiemmin karpalolla käytössä ollut Kekkilän metsätaimiturve (T), tämän lisäksi mukaan otettiin Kekkilän *Vaccinium*-seos (V), joka on suunniteltu pensasmustikan viljelyyn. Lisäksi koetta varten tilattiin Kekkilältä kaksi koe-erä seosta, joista toinen sisälsi sammalta ja puukuitua (S) ja toinen sammalta ja turvetta (F).

Kasvualustoista mitattiin kasvukauden aikana kosteutta, johtokykyä sekä lämpötilaa. Tämän lisäksi käsittelyistä otettiin kolme kertaa kasvukauden aikana puristenestenäytteet, jotka lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi. Kasvukauden lopuksi kasveista mitattiin kuivapainot sekä tarkasteltiin juurten määrää ja laatua. Kasvukauden lopuksi kuivatusta biomassasta teetettiin myös kasvianalyysi.

Kokeen perusteella voitiin todeta, että kasvualustalla oli vaikutusta amerikankarpalon kasvuun. Kuivapainon perusteella käsittelyssä S kasvit kasvoivat heikoiten ja käsittelyssä T parhaiten. Käsittelyssä S pH oli korkein koko kasvukauden ajan, mikä on voinut heikentää kasvua. Käsittelyssä F oli korkein kosteustaso, ja se kasvoi toiseksi heikoiten, vaikkakin kyseisessä käsittelyssä oli runsain juuristo. Käsittely V kasvoi toiseksi parhaiten ja sen kosteustasot olivat matalimmat. Mitään selkeää syytä kasvualustojen eroihin ei löytynyt, mutta esimerkiksi liian korkea pH, liika kastelu ja matala lannoitustaso saattoi vaikuttaa kasvuun. Aiheesta tulisi tehdä jatkokokeita ja niihin tulisi ottaa mukaan erilaisia kastelu- ja lannoitustasoja. Kastelun määrää tulisi sääolosuhteiden salliessa vähentää.

This thesis is part of a research project at the University of Helsinki that develops a production method for american cranberries that is suitable for northern latitudes, utilizing ecologically sustainable growing media and, if necessary, LED lighting and biological plant protection. This study was accomplished in faculty of Agriculture and Forestry campus in Viikki, Helsinki in summer of 2021. The aim of this study was to discover ecologically sustainable substrate for cranberry's (*Vaccinium macrocarpon*) tunnel farming. The chosen substrates had to be suitable for cranberry's requirements and ecologically sustainable. Sphagnum moss was chosen for the substrate mixtures, because it renews faster than peat and has lower carbon footprint. The choice was also influenced by domesticity and good availability of sphagnum moss. For the control substrate was chosen Kekkilä's peat developed for forest nurseries (T). The second substrate was Kekkilä's Vaccinium-mix (V) developed for northern highbush blueberry cultivation. The last two were ordered from Kekkilä for this particular study. The other one was mixture of sphagnum moss and heat treated wood fibers (S) and the other was mixture of sphagnum moss and peat (F).

During growing season substrate's were measured for moisture, electric conductivity and temperature. In addition, press water samples were taken three times during the growing season. At the end of the growing season dry weight was measured and the amount and quality of the roots was analyzed. Tissue analyses were also taken from dried biomass.

This study showed that the substrate affected the growth of the american cranberries. According to dry weight substrate S had the lowest biomass and substrate T had the highest. Substrate S had the highest pH-levels during the growing season, which probably decreased plant growth. In substrate F moisture levels were highest, and it had the second lowest growth, although it had the biggest root biomass. Substrate V had the second best growth and also the lowest moisture levels. There wasn't any clear reason for the differences between the substrates, but too high pH-levels, high water content or poor nutrition levels may have affected plant growth. Further research is necessary on the topic and different irrigation and fertilization levels should be included. The amount of irrigation should also be reduced according to the weather circumstances.

Keywords *Vaccinium macrocarpon*, Substrate study, Sphagnum moss substrate, Tunnel farming

Pages 39 pages and appendices 4 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Amerikankarpalo .....	2
2.1	Amerikankarpalon perinteinen viljelytekniikka .....	3
2.2	Amerikankarpalon viljelymahdollisuudet Suomessa .....	3
3	Sammal kasvualustana .....	4
3.1	Sammalen korjuu .....	5
3.2	Sammalen korjuun ilmasto- ja ympäristövaikutukset .....	6
4	Aineisto ja tutkimusmenetelmät .....	7
4.1	Koekäsittelyt ja kasviaineisto .....	7
4.2	Koeasetelma .....	9
4.3	Mittauslaitteiden ja kasvutunnelin tekniset tiedot .....	9
4.4	Mittaaminen WET-sensorilla .....	10
4.5	Hoitotoimenpiteet ja lannoitus .....	10
4.6	Puristenestenäytteiden otto .....	11
4.7	Biomassamittaukset .....	11
4.8	Juuriston analysointi .....	12
4.9	Tulosten tilastollinen käsittely .....	12
5	Tulokset .....	12
5.1	Kasvualustan johtokyky .....	12
5.2	Kasvualustan lämpötila .....	14
5.3	Kasvualustan kosteus .....	16
5.4	Kuivapainot .....	17
5.5	Puristenesteanalyysi .....	18
5.6	Kasvianalyysi .....	19
5.7	Juuriston kehitys .....	20
6	Tulosten tarkastelu .....	21
6.1	Kasvualustan johtokyky .....	22
6.2	Kasvualustan lämpötila .....	22
6.3	Kasvualustan kosteus .....	23
6.4	Kuivapainot .....	23

6.5	Puristeneste- ja kasvianalyysit .....	24
6.6	Juuriston kehitys .....	25
7	Johtopäätökset .....	25
	Lähteet.....	27

## **Liitteet**

Liite 1	Pohjakuva kasvutunnelin koeasetelmasta
Liite 2	Kasvukauden sääolot kokeen aikana, lämpötila
Liite 3	Kasvukauden sääolot kokeen aikana, kosteus
Liite 4	Kasvukauden sääolot kokeen aikana, kastepiste

## 1 Johdanto

Turpeen käyttö energiatuotannossa on ollut viime aikoina otsikoissa sen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen vuoksi. Nykyinen Sanna Marinin hallitus on linjannut, että Suomi olisi hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi kivihiilen ja turpeen poltosta on luovuttava seuraavan vuosikymmenen aikana. (Leinonen ym., 2020) Turveteollisuus on murrosvaiheessa, mikä luo paineita myös puutarhatalouden puolelle, jossa turve on yleisin käytetty kasvualustamateriaali. Turpeen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ovat hyvin otolliset rajoitetussa kasvualustassa viljelyyn ja siksi sitä käytetään laajalti erilaisiin viljelytarkoituksiin. Turpeen noston tulevaisuus on kuitenkin epävarmaa siihen liittyvien ympäristöongelmien vuoksi, joten korvaavia materiaaleja kasvualustakäyttöön on otettava kokeiluun.

Opinnäytetyöni tarkoitus oli tutkia amerikankarpalon (*Vaccinium macrocarpon*) ruukkuviljelyyn kasvutunnelissa soveltuvia kasvualustoja. Koe oli osa Helsingin yliopiston tutkimushanketta, jossa kehitetään pohjoisille leveyspiireille soveltuvaa tuotantomenetelmää amerikankarpalolle hyödyntäen ekologisesti kestäviä kasvualustoja, sekä tarvittaessa, LED-valotusta ja biologista kasvinsuojelua. Hankkeessa tutkitaan myös erilaisia talvettamismenetelmiä ja ruukuissa kasvatettavien karpalokasvustojen kasvualustojen vaikutusta talvenkestävyyteen.

Karpalo vaatii melko alhaisen pH:n (4,5–5,5), joka asetti tutkittavien kasvualustojen valintaan haasteita, koska kaupallisesta valikoimasta ei tällä hetkellä löydy montaa tarpeeksi hapanta kasvualustaseosta. Kasvualustojen valinnassa tuli ottaa huomioon myös ekologisen kestävyuden näkökulma. Pelkän turpeen sijaan käsittelyihin valittiin myös esimerkiksi kasvusammalta sisältäviä seoksia, koska sammalen uusiutuminen on nopeampaa ja hiilijalanjälki pienempi verrattuna turpeeseen (Tahvonen, 2020). Materiaalin kotimaisuus ja sen saatavuus oli myös hyvä verrattuna muihin turpeelle vaihtoehtoisiin kasvualustamateriaaleihin.

Karpalolajikkeeksi valittiin Pilgrim, koska se on osoittautunut aikaisemmissa viljelykokeissa Viikissä satoisammaksi verrattuna muihin tutkittaviin lajikkeisiin. Pilgrim tuottaa myös satoa

jo toisella kasvukaudella pistokaslisäyksen jälkeen. Karpalo viihtyy kosteassa kasvualustassa, mutta tarvitsee toimivan vesitalouden (Roper, 2007, s. 6). Kokeiden avulla pyrittiin siis löytämään ominaisuuksiltaan ilmava, mutta hyvin vettä pidättävä kasvualusta, joka soveltuu amerikankarpalon ruokkuviljelyyn. Koe toteutettiin Helsingin yliopiston kasvihuone- ja koekenttäalueella Viikissä kesällä 2021.

## 2 Amerikankarpalo

Amerikankarpalo kuuluu puolukoiden sukuun (*Vaccinium*) ja kanervakasvien (*Ericaceae*) heimoon. Karpaloiden lisäksi puolukoiden suku käsittää varsinaiset puolukat, mustikat ja juolukat (Laji.fi, n.d.). Amerikankarpalo on ainavihanta, varpumainen kasvi, joka tekee maanmyötäisiä suikertavia rönsyjä (Roper, 2007, s. 1). Rönsyistä amerikankarpalo kasvattaa pystyversoja, jotka ovat joko vegetatiivisia tai generatiivisia. Rönsyt voivat kasvaa useiden metrien mittaisiksi. Amerikankarpalon lehdet ovat noin 6–18 millimetrin pituisia, tylppäkärkisiä ja noin 2–8 millimetriä leveitä. Se kukkii kesäkuun puolivälistä heinäkuun alkuun vaaleanpunaisin, läpimitaltaan noin 6–10 millimetrin kokoisin kukin. (Ylikoski & Pirinen, 2008, ss. 11, 15) Amerikankarpalo on yksikotinen, eli kukka pystyy pölyttämään itse itsensä, eikä siihen tarvita toista kasviyksilöä. Sen marjat ovat aluksi vihreitä, mutta väriyty kehittyä hiljalleen kasvukauden aikana ja noin 75–100 päivää kukinnan alkamisesta marjat ovat muuttuneet tumman punaisiksi. (Roper, 2007, s. 2) Sadonkorjuu ajoittuu Pohjois-Amerikassa syyskuun puolivälistä lokakuun alkuun (Massachusetts cranberries, n.d).

Amerikankarpalo on koitosin Pohjois-Amerikan koillisosista ja viljely keskittyy Wisconsin, Massachusettsin, New Jersey, Oregonin ja Washingtonin osavaltoiden alueelle. Kanadassa karpaloa viljellään idässä, muun muassa Quebecin ja Nova Scotian alueilla, ja lännessä Brittiläisessä Kolumbiassa. Yhdysvallat ja Kanada tuottavat 94 % maailman karpalosadosta. Vuonna 2012 amerikankarpaloa tuotettiin Yhdysvalloissa yhteensä 364 915 tonnia ja Kanadassa 126 963 tonnia. (Alston ym, 2014, ss. 1, 4)

## 2.1 Amerikankarpalon perinteinen viljelytekniikka

Amerikankarpaloa on hyödynnetty Pohjois-Amerikassa jo vuosituhansia, mutta sen viljely alkoi yleistyä vasta 1800-luvun alkupuolella. Amerikankarpalot kasvavat soilla, joiden maaperä koostuu hiekasta, turpeesta, sorasta ja savesta. Nämä suoalueet (eng. bog tai marsh) ovat alunperin muodostuneet jääkauden aikana. (Massachusetts cranberries n.d) Hiekkaiset, tai multavat maat, joilla on luonnollisesti matala pH, sopivat parhaiten karpaloviljelmän perustamiseen (Roper, 2007, s. 2). Menestyäkseen karpalot vaativat happaman maaperän lisäksi toimivan vesitalouden ja pitkän, huhtikuusta lokakuuhun, kestävän kasvukauden. (Massachusetts cranberries n.d)

Karpalot istutetaan hiekkapetiin, johon lisätään hiekkaa aina muutamien vuosien välein kasvuston perustamisen jälkeen. Lisäämällä hiekkaa kasvustojen päälle, voidaan muun muassa ehkäistä rikkakasvien kasvua, sekä tauteja ja tuholaisia. Karpalokasvustoja kastellaan sadettimien avulla ja niitä käytetään myös hallantorjunnassa. Viljelmän perustamisen alkuvaiheessa karpalot kasvavat melko hitaasti ja alkavat tuottaa kunnollista satoa vasta neljän vuoden jälkeen istutuksesta. Karpaloiden sadonkorjuutapa riippuu siitä minkälaiseen käyttötarkoitukseen karpalot ovat menossa. Jos karpalot myydään tuoreina, sadonkorjuu tehdään kuivamenetelmällä, mutta prosessoitavaksi menevät marjat korjataan märkämenetelmällä, jossa marjat erotellaan varsista mekaanisesti ja pellot tulvitetaan niin, että karpalot nousevat pintaan. Karpalot korjataan veden avulla kasaan, jonka jälkeen ne kuljetetaan liukuhihnan tai pumpun avulla suoraan kuorma-auton lavalle. (Roper, 2007, ss. 2-3, 5-7; Massachusetts cranberries n.d)

## 2.2 Amerikankarpalon viljelymahdollisuudet Suomessa

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta Suomen ilmasto lämpenee, ja olosuhteet uusien viljelykasvien kasvattamiselle muuttuvat otollisemmiksi (Backman ym., 2021 s. 10). Suomen keskilämpötila on noussut hieman alle yhden asteen viimeisen sadan vuoden aikana (Ruosteenoja ym., 2013, s. 14). Suomen talvet leudontuvat ja muuttuvat pilvisemmiksi ja vähälumisemmiksi. Sateiden määrä lisääntyy ja auringonpaisteen määrä vähenee. Kesät lämpenevät ja hellepäivien määrä lisääntyy. (Ruosteenoja ym., 2013, s. 67)



Karpalon viljelymahdollisuuksia Suomessa on tutkittu 40- ja 50-luvuilla (Kieksi & Salo, 1996). Kieksin ja Salon (1996) mukaan Ervi (1956) selvitti väitöskirjassaan pikku-, iso-, ja amerikankarpalon talvettumista, hallantorjuntaa, lannoitusta, rikkakasvien torjuntaa sekä hiekoituksen vaikutusta kasvuominaisuuksiin. Ervin mukaan pensaskarpalon menestyminen Suomessa on heikkoa, koska sato ei ehdi joka vuosi kypsyään ja versojen talvehtiminen kylminä talvina on epävarmaa (Lehmushovi, 1982, s. 44). Amerikankarpalon menestymistä Suomessa on tutkittu tämän jälkeenkin, mutta tutkimustuloksia on julkaistu vain vähän.

Kasvukauden ennustetaan pidentyvän Suomessa lähivuosikymmeninä yhteensä noin kolme viikkoa (Ruosteenoja ym. 2016, s. 9). Ilmastonmuutoksen myötä karpalon menestymisen mahdollisuudet Suomessa voivatkin parantua ilmaston muuttuessa lauhemmaksi. Talvien vähälumisuus toisaalta heikentää karpalon talvehtimismahdollisuuksia. Helsingin yliopiston käynnissä olevaa tutkimusta lukuun ottamatta, karpalon tunneliviljelyn mahdollisuuksia ei ole tiettävästi aiemmin tutkittu.

### **3 Sammal kasvualustana**

Rahkasammalen (*Sphagnum*) soveltuvuutta kasvualustakäyttöön on tutkittu vuosituhatien alkupuolelta saakka, mutta kaupallisessa mielessä tutkimusta on tehty vasta muutamia vuosia (Backman ym. 2021, s. 37). Sammalella on hyvä vedenpidätyskyky, se on tasalaatuista ja sillä on sieni- ja homebakteereja ehkäisevä vaikutus. Siksi se on tällä hetkellä paras vaihtoehtoinen kasvualustamateriaali turpeen rinnalle (Tahvonen, 2020). Jotta sammalta voidaan hyödyntää kasvualustamateriaalina, sen tulee vastata laadultaan vaaleaa rahkaturvetta. Sammalkasvualustan tulee olla myös tarpeeksi edullista, sekä uusiutuvaa (Backman ym., 2021, s. 39). Rahkasammalen tuotanto ja käyttö kasvihuonekasvien kasvualustana -loppuraportin mukaan sammalkasvualustoilla saatiin kurkun ja ruukkusalaatin viljelykokeissa samankokoiset satomäärät kuin turvekasvualustasta. Sammalella on pienempi vedenpidätyskyky kuin turpeella, joten se hyötyy lyhyistä ja usein annetuista kasteluista. Sammalkasvualustassa tulisi olla kuivainetta noin 50 g/l, jotta kasvualustan vesitalous olisi riittävä kasville. (Näkkilä ym., 2015, ss. 9, 16)

Turpeen hyvät fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ovat tehneet siitä eniten käytetyn kasvualustamateriaalin, mutta sen tuotantoon liittyy kuitenkin suuria ympäristöongelmia. Turpeen poltto, tuotanto ja kasvu-, kuivike- ja ympäristöturpeen hajoaminen aiheuttaa vuosittain mittavia päästöjä. Turpeen nosto vaikuttaa myös suoluontotyyppien häviämiseen. (Soimakallio ym., 2020)

Turve on hyvin kallis materiaali sellaisissa maissa, joissa ei ole omaa turvetuotantoa (Heiskanen, 2015). Sekä esimerkiksi Iso-Britannian hallitus on tehnyt linjauksia turpeen käytön lopettamisesta. Englannissa, tavoitteena oli lopettaa turpeen käyttö kotipuutarhureille suunnatuissa tuotteissa vuoteen 2020 mennessä ja ammattiviljelyn osalta vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteissa ei olla kuitenkaan pysytty, koska korvaavien materiaalien löytäminen ja kehittäminen kaupallisiksi tuotteiksi on ollut arvioitua hitaampaa. Myös korona-pandemia on lisännyt ihmisten puutarhaharrastusta, joten turpeen käyttö nousi 9 % vuonna 2020. (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2021, s. 8)

### 3.1 Sammalen korjuu

Vuotuiset sammalen korjuumäärät ovat olleen noin 30 000 m<sup>3</sup>, joten verraten turpeen tuotantoon (1–2 milj. m<sup>3</sup>), toiminta on vielä hyvin pienimuotoista. Parhaiten kasvualustakäyttöön sopivat mätästävät lajit, kuten esimerkiksi ruskorahkasammal (*Sphagnum fuscum*), rusorahkasammal (*S.rubellum*) ja punarahkasammal (*S.medium*). (Backman ym., 2021, s. 37–39) Jotta korjuussa poistetun suon pintakerroksen uudistuminen voidaan varmistaa paremmin, korjuu tulee tehdä korkeintaan 30 senttimetrin syvyydestä (Näkkilä ym., 2015, s. 1). Sammal kuoritaan suon pinnalta niin, että sen alle jää vielä rahkasammalkasvustoa, josta alue pystyy uudistumaan paremmin (Silvan ym., 2019, s. 42). Sammalen nostoon voidaan käyttää niin kutsuttuja kitusoita, jotka on aikanaan ojitettu epäonnistuneesti talousmetsien kasvattamiseen. Kitusuo pinta-alaa on Suomessa noin 900 000 hehtaaria, josta 280 000 hehtaaria soveltuu sammalen korjuuseen (Tahvonen, 2020).

### 3.2 Sammalen korjuun ilmasto- ja ympäristövaikutukset

Rahkasammalen korjuun ilmastovaikutuksista ei ole vielä pitkäaikaista näyttöä, koska korjuuta on tehty kaupallisessa mittakaavassa vasta muutamien vuosien ajan. Lyhyellä aikavälillä tehdyt havainnot osoittavat kuitenkin, että korjuupaikan kasvillisuus ennallistuu melko nopeasti, kunhan korjuu tehdään oikeasta syvyydestä. Korjattavan suoalueen hiilivarasto ei tule kuitenkaan olemaan kovin pitkäaikainen, jos samalta alueelta korjataan sammalta säännöllisesti. Hiilen sidonnan näkökulmasta suoalueen kasvava sammal sitoo hiiltä ilmakehästä niin kauan kunnes se korjataan. (Silvan ym. 2019, ss. 48–49)

Rahkasammalen keruun ilmastovaikutukset -Pro gradu tutkielman lyhyen aikavälin tuloksien perusteella havaittiin, että sammalen nostolla oli pienempi vaikutus ilmastonäkökulmasta kuin turpeella. Pitkään maatuneella turpeella oli suuremmat päästöt, verrattuna elävään sammaleen, joka uusiutuu verraten nopeasti korjuun jälkeen. (Punkka, 2019, ss. 27–28, 34)

Rahkasammalen tuotanto ja käyttö kasvihuonekasvien kasvualustana -tutkimuksen loppuraportissa todetaan, että korjuusyvyys vaikuttaa huomattavan paljon korjuualueen palautumiseen ja hiilidynamiikkaan. Kyseisen kokeen korjuualoilla kevyesti korjatut alueet olivat kolmen vuoden jälkeen korjuusta palautuneet luonnontilaisiksi hiilinieluiksi. Myös syvemmältä korjatut alueet olivat palautuneet osittain, mutta erot kevyesti korjattuihin alueisiin olivat suuria. (Näkkilä ym. 2015, ss. 10–11)

Rahkasammalen korjuun ympäristövaikutukset -loppuraportin mukaan, korjuun suunnittelussa tulee ensiksi selvittää korjuualueen luonnonarvot, ja korjuu tulee ohjata alueille, joissa vaikutukset ympäröivälle luonnolle ovat mahdollisimman rajatut. Sammalen korjuussa tulisi ottaa huomioon hyvin tarkasti korjuualueen valinta, rahkasammalen uusiutuminen ja uusiutumisen varmistamisen seuranta. Korjuualueen valinta vaikuttaa hyvin keskeisesti korjuutoiminnan kestävyys. Korjuu tulisi ohjata suoalueille, jotka ovat jo aiemmin muuttuneet ihmisen toiminnan seurauksena ja joissa suoveden pinta on kokonaisvaltaisesti alentunut. (Ympäristöministeriö, 2022, ss. 10, 12-13)

Sammalen korjuun ympäristövaikutuksista ja etenkin korjuualueen uusiutumisesta ei ole vielä kovin pitkäaikaista näyttöä ja tutkimustulokset ovat hieman ristiriitaisia. Aiemmin on

arvioitu, että korjuualueen uusiutumisessa menisi noin 30 vuotta. Suomen ympäristökeskuksen Rahkasammalen korjuun ympäristövaikutukset -hankkeen alustavat tulokset antavat kuitenkin uutta tietoa rahkasammalen korjuualueiden hitaasta uusiutumisesta. Kyseisen hankkeen tutkimuksessa uusiutuminen oli huomattavan heikkoa kaikilla tutkimusalueilla viiden vuoden jälkeen korjuusta. Raportin mukaan juuri korjuutavalla- ja syvyydellä, sekä alueen hydrologialla on keskeinen vaikutus alueen uusiutumiseen. Raportissa todetaan, että tämänhetkisten tulosten perusteella ei voida puhua kestävästä toiminnasta sammalen uusiutumisen osalta. Korjuun ympäristövaikutuksista saadaan jatkotutkimuksien avulla kuitenkin lisätietoa ja täydennystä, jolloin käsitys toiminnan ympäristövaikutuksista ja kestävydestä tulee tarkentumaan. (Ympäristöministeriö, 2022, ss. 15, 18)

## **4 Aineisto ja tutkimusmenetelmät**

### **4.1 Koekäsittelyt ja kasviaineisto**

Hankkeessa on toistaiseksi käytetty kasvualustana ainoastaan Kekkilän metsätaimiturvetta, joka on todettu toimivaksi ruokkuviljelyssä. Metsätaimiturve on hapan (pH 4,3) ja koostumukseltaan keskikarkeaa. Kokeeseen pyrittiin löytämään kaupallisia tuotteita, joita mahdolliset viljelijät voisivat tulevaisuudessa käyttää. Kasvualustojen täytyi myös sopia karpalon vaatimuksiin ja kyseiseen viljelytapaan. Kokeeseen otettiin mukaan neljä (kontrollikäsittely mukaan lukien) koostumukseltaan erilaista kasvualustaa, joiden soveltuvuutta viljelyyn tunnelissa rajoitetussa kasvualustassa haluttiin tutkia.

Metsätaimiturpeen (T) lisäksi, käsittelyiksi valittiin Kekkilän Vaccinum-seos (V), joka on suunniteltu pensasmustikan viljelyyn. Kyseisessä kasvualustassa oli tarpeeksi matala pH, ja se oli koostumukseltaan ilmavaa. Kaksi muuta käsittelyä olivat Kekkilältä tätä kyseistä koetta varten tilattuja koe-erä seoksia. Toinen seos koostui sammalesta ja puukuidusta (S) ja toinen sammalesta ja turpeesta (F). Sammal-puukuitu -seos valittiin kokeeseen, koska haluttiin ottaa mukaan yksi kasvualusta, joka ei sisällä ollenkaan turvetta. Puukuitu valittiin seokseen tuomaan ilmavuutta. Sammal-turve -seos valittiin kokeeseen, koska haluttiin selvittää miten

turpeen osittainen korvaaminen sammalella vaikuttaa karpalon kasvuun. Alla olevassa taulukossa on esitetty käsittelyjen tarkemmat tuote- ja koostumustiedot (Taulukko 1).

Taulukko 1. Kasvualustojen koostumus-, lannoitus- ja kalkitustiedot sekä lyhenteet, joita käytetään tekstissä ja kuvissa.

Lyhenne	Tuotenimi	Koostumus	Starttilannoitus kg/m <sup>3</sup>	Kalkitus kg/m <sup>3</sup>
T	FPM 420 W F6 R8039	Keskikarkea turve 100 %	1,0  (NPK 16-4-17)	1,0
V	FBM 640 P Low pH AIRBOOST R8481	Karkea turve 50 %, keskikarkea sammal 20 %, perliitti 20 %, tupasvilla 10 %	0,6  (NPK 15-5-24)	1,0
F	Koe-erä	Hieno turve 30 %, kova turve 25 %, hieno sammal 45 %	0,8  (NPK 16-4-17)	1,5
S	Koe-erä	Keskikarkea sammal 75 %, lämpökäsitelty puukuitu 25 %	0,8  (NPK 16-4-17)	1,5

Kasviaineisto esikasvatettiin huhtikuussa 2021 Helsingin yliopiston koekentän kasvihuoneessa. Karpalon pistokkaat pistettiin ensiksi kennostoon (valmistaja Vefi), joka oli täytetty Kekkilän metsätaimiturpeella. Kennoston yhden kartion tilavuus oli noin 20 millilitraa. Kun pistokkaat olivat juurtuneet kennoston pohjan reiästä läpi, ne ruukutettiin 10x10 kokoiisiin potteihin (valmistaja Vefi) varsinaisiin kasvualustakäsittelyihin. Ennen ruukuttamista kasvualustat kostutettiin vedellä, jonka jälkeen kosteuden annettiin tasaantua muutaman päivän. Kostutuksen jälkeen jokaista neljää kasvualustaa ruukutettiin 135 pottia.

Yhteensä aineistossa potteja oli siis 540. Ennen kasvutunneliin siirtämistä, potit laitettiin Vefi:n reiällisille pottialustoille, joille leikattiin altakastelumaton pala. Koeaineisto vietiin kasvutunneliin kesäkuun alussa, viikolla 22.

## **4.2 Koeasetelma**

Tunnelissa koeaineisto sijoiteltiin kolmeen seitsemän metrin pituiseen riviin (Liite 1). Koeaineisto jaettiin yhdeksään lohkoon, joissa jokaisessa oli satunnaisessa järjestyksessä yksi pottialusta jokaista käsittelyä. Yksi pottialusta oli yksi ruutu, eli pienin koeasetelman mukainen yksikkö, josta saatiin mittaustulokset. Tunnelissa pistokkaat saivat kastelun Netafim-kastelujärjestelmän kautta puoliautomaattisesti tippusuuttimien kautta altakasteltuna. Puoliautomaattikastelua säädeltiin ajastimella toimivalla magneettiventtiilillä. Taimipotit voitiin kastella korkeintaan kuusi kertaa vuorokaudessa ajastimen avulla kahden kastelulinjan kautta. Kastelua säädettiin tarpeen mukaan, vähentämällä tai lisäämällä kasteluaikaa.

## **4.3 Mittauslaitteiden ja kasvutunnelin tekniset tiedot**

Kaikki kasvualustamittaukset tehtiin Delta-T devices Ltd kosteusmittarilla (Moisture meter, type HH2). Kostetusmittariin liitettiin saman valmistajan WET-sensor (type WET-2) sensori, jolla arvot mitattiin suoraan kasvualustasta. Kyseisellä mittarilla mitattiin myös kastelulannoksen johtokykyä ennen lannoituksen aloittamista. Lannoiteveden johtokyvyn mittaamiseen käytettiin satunnaisesti myös Hanna instruments GroLine H198331 johtokykymittaria.

Kasvutunneli oli englantilaisen Haygroven valmistama. Tunnelin teräskaaret olivat pyöreän malliset ja kooltaan tunneli oli 8 metriä leveä ja 35 metriä pitkä. Kasvutunnelin molemmissa päädyissä olevilla verho-ovilla säädettiin tuuletusta, ja siten myös lämpötilaa. Tunnelin muovikalvo oli polyteenia ja paksuudeltaan 0,2 millimetriä.

#### 4.4 Mittaaminen WET-sensorilla

Käsittelyistä mitattiin kosteutta, johtokykyä sekä lämpötilaa neljän viikon välein yhteensä kuusi kertaa kasvukauden aikana. Näiden mittausten lisäksi käsittelyille tehtiin myös viikoittaisia seurantamittauksia, joilla tarkistettiin lannoituksen tarvetta. Viikoittaiset seurantamittaukset otettiin käyttöön heinäkuussa lannoittamisen aloittamisen myötä. Jokaisella mittauskerralla arvot mitattiin tietyistä merkityistä potteista. Yhdellä pottialustalla oli kolme merkittyä pottia, joista laskettiin tuloksien keskiarvo (= yksi toisto). Potteja oli yhteensä 108. Viikoittaisissa seurantamittauksissa ei mitattu koko aineistoa, vaan kolmea tiettyä lohkoa.

#### 4.5 Hoitotoimenpiteet ja lannoitus

Koeaineistolta tarkistettiin päivittäin kastelu, ja veden määrää lisättiin tai vähennettiin tarpeen mukaan. Tunnelin lämpötilaa säädettiin mahdollisuuksien mukaan päädyissä olevien verho-ovien avulla. Lämpötila- ja kosteusdataa kerättiin talteen koko kasvukauden ajan dataloggerilla, joka oli sijoitettu koeaineiston keskelle, kasvustojen korkeudelle.

Lannoitteena käytettiin Kekkilän vesiliukoista Marja-Superex -seoslannoitetta. Lannoitteen NPK-suhteet olivat 14-4-27. Lannoitteesta valmistettiin 10 % emoliuos, josta sekoitettiin 2 % kastelulannos. Kastelulannoksesta mitattiin johtokyky Delta-T Devices WET-sensorilla ja/tai Hanna Instrumentsin johtokykymittarilla ennen lannoittamisen aloittamista. Lannoitevettä annosteltiin koko aineistolle mittakannulla mahdollisimman tasaisesti kaksi litraa per alusta.

Kasvustot lannoitettiin yhteensä kuusi kertaa kasvukauden aikana heinäkuun alusta alkaen. Ensimmäinen lannoitus annettiin viikolla 28. Se tehtiin hieman miedommalla liuoksella, jonka johtokyky oli noin 2 mS/cm. Seuraavat neljä lannoitusta tehtiin vahvemalla liuoksella, jonka johtokyky oli 3,0–3,7. Viimeisin lannoitus annettiin viikolla 35, ja sekin tehtiin miedommalla lannoksella, kuten ensimmäinenkin.

#### **4.6 Puristenestenäytteiden otto**

Käsittelyistä teetettiin puristenesteanalyysit Eurofins viljavuuspalvelun kautta. Näytteet otettiin kolme kertaa: kasvukauden alussa, keskivaiheilla ja kokeen loppuun. Näytteiden ottoon valittiin satunnaisesti kolme pottia jokaisesta käsittelystä. Ensimmäisellä näytteenottokerralla pistokkaita ei oltu vielä ruukutettu, joten jokaista kasvualustaa ruukutettiin kolme pottia näytteenottoa varten. Toisella ja kolmannella näytteenottokerralla näytteet otettiin eri lohkoista ja eri puolilta koeasetelmaa. Jokaisesta käsittelystä otettiin kokoomanäyte niin, että jokaisen käsittelyn kolmesta edustajasta puristettiin osanäyte samaan astiaan. Jokaisesta käsittelystä puristettiin noin 200 millilitraa nestettä. Näytteet lähetettiin Hollantiin analysoitavaksi. Puristenestenäytteistä saatiin tiedot käsittelyiden pH:sta, johtokyvystä sekä mikro- ja makroravinteiden pitoisuudet.

#### **4.7 Biomassamittaukset**

Kokeen loppumittaukset tehtiin samoista poteista, joista tehtiin kasvukauden aikana WET -mittauksia tunnelilla. Biomassamittauksiin valittiin kaksi pottia jokaiselta pottialustalta. Yksi potti pottialustan keskeltä ja toinen reunasta.

Kasvien varret irrotettiin pistokkaasta, jonka jälkeen lehdet irrotettiin varsista. Lehdet ja varret kuivattiin erikseen 70 °C kuivurissa. Kun näytteet olivat täysin kuivuneet, niistä punnittiin kuivapainot tarkkuusva'alla. Saman käsittelyn kaikki biomassa yhdistettiin kokoomanäytteeksi punnitsemisen jälkeen.

Jokaisesta käsittelystä lähetettiin yksi kokoomanäyte kasvianalyysiin. Analyysia varten tarvittiin noin 50 grammaa kuivattua biomassaa. Myös kasvianalyysi teetettiin Eurofins Viljavuuspalvelun kautta. Analyysin avulla määriteltiin kasvustoon kertyneiden mikro- ja makroravinteiden määrät.



## 4.8 Juuriston analysointi

Juuriston kehitystä arvioitiin silmämääräisesti sen runsauden perusteella. Tilastoanalyysia varten juuriston kehitystä arvioitiin jokaisesta potista erikseen ja annettiin pottikohtaisesti arvosana juuriston runsauden mukaan asteikolla: 1 = heikosti juuria, 2 = tavanomaisesti juuria, 3 = runsaasti juuria. Tämän lisäksi käsittelyjen välisiä juuriston kehityksen eroja havainnollistettiin valitsemalla jokaisesta käsittelystä satunnaisesti neljä pottia eri lohkoista. Näistä neljästä potista valittiin käsittelyitä parhaiten edustavat yksilöt, jotka dokumentoitiin kuvan muodossa (Kuva 6).

## 4.9 Tulosten tilastollinen käsittely

Tilastoanalyysit tehtiin juuriston runsaudesta, biomassan kuivapainoista sekä kosteus-, johtokyky- ja lämpötilamittauksista saadusta datasta. Puristeneste- ja kasvianalyysien tuloksista ei voitu tehdä tilastoanalyysseja, koska niistä ei saatu tarpeeksi toistoja ja ne oli tehty kokoomanäytteistä. Data käsiteltiin JMP pro 15 -ohjelmalla. WET-mittausten tuloksista, sekä kuivapainojen datasta tehtiin kaksisuuntaiset varianssianalyysit sekä käsittelyjen väliset parivertailut studentin t-testillä. Juuriston runsautta analysoitiin ristiintaulukoinnin avulla.

# 5 Tulokset

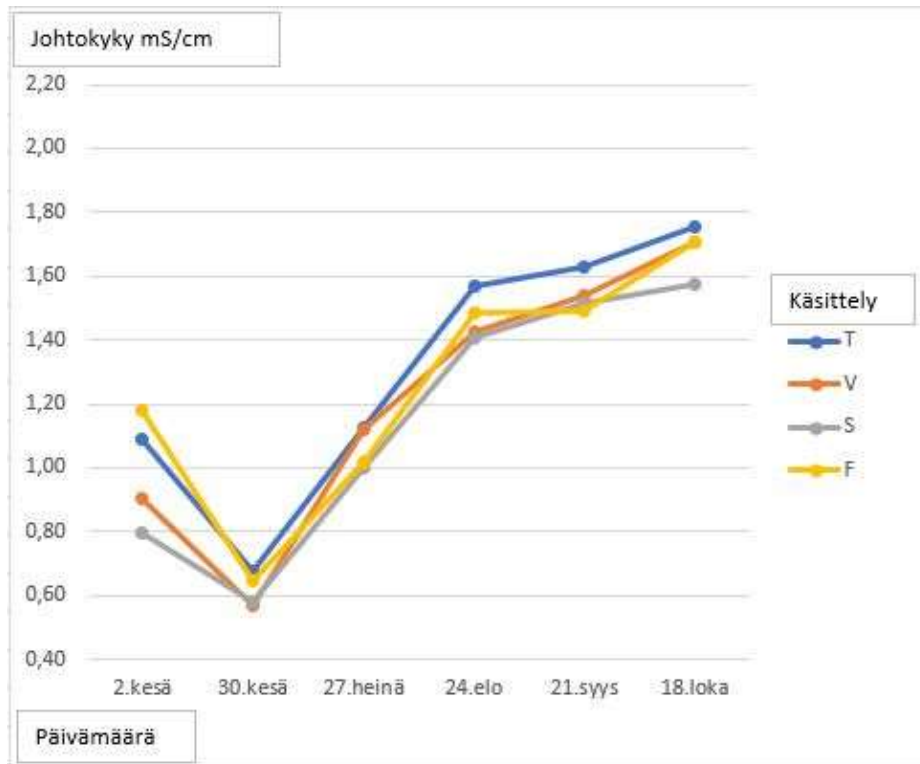
## 5.1 Kasvualustan johtokyky

Ennen kasvualustojen ruukuttamista johtokykyjen keskiarvot olivat käsittelyssä T 1,37 mS/cm, käsittelyssä V 1,55 mS/cm, käsittelyssä S 1,39 mS/cm ja käsittelyssä F 1,45 mS/cm. Kesäkuun lopulla, ennen lannoittamisen aloittamista, johtokyky oli laskenut alimmillaan 0,57 mS/cm käsittelyssä V. Johtokyky lähti lannoituksen myötä kaikilla käsittelyillä melko tasaiseen nousuun ja kohosi kasvukauden loppupuolella korkeimmillaan 1,75 mS/cm käsittelyssä T (Kuva 1)

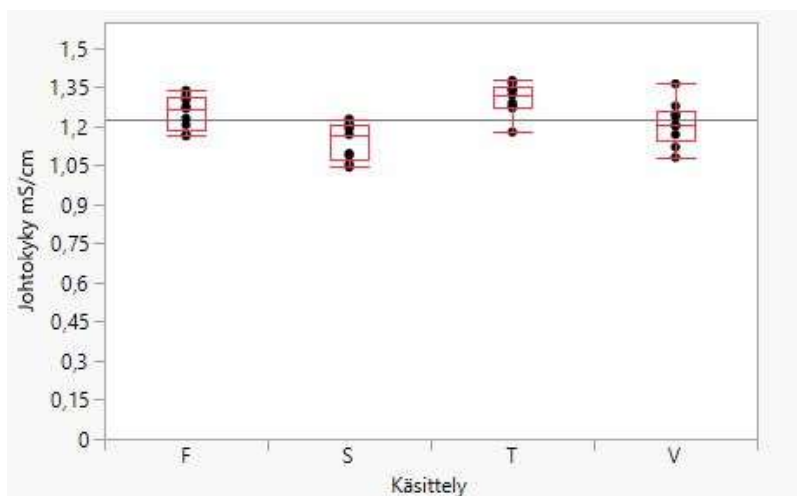
Kaksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella voitiin todeta, että kasvualustakäsittelyjen johtokykyjen keskiarvot poikkesivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Taulukko 2). T:ssä

johtokykyjen keskiarvo oli 1,30 mS/cm ja S:ssä 1,14 mS/cm (Kuva 2). Parivertailun avulla tilastollisesti merkitsevä ero löytyi myös käsittelyjen F ja S väliltä ja melkein merkitsevästi toisistaan erosivat käsittelyt T ja V (Taulukko 3).

Kuva 1. Kaavio johtokyvyn vaihtelusta kasvukauden aikana. Kaavioon on otettu mukaan neljän viikon välein tehdyistä WET-mittauksista saadut toistot.



Kuva 2. Kasvualustakäsittelyjen johtokykyjen keskiarvot Boxplot-kaaviona.



Taulukko 2. Kasvualustakäsittelyjen johtokykyjen keskiarvojen ANOVA-taulukko.

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Substrate	3	0,12976389	0,043255	6,4837	0,0023*
Block	8	0,08160000	0,010200	1,5289	0,1994
Error	24	0,16011111	0,006671		
C. Total	35	0,37147500			

Taulukko 3. Kasvualustakäsittelyjen johtokykyjen keskiarvojen parivertailun tulokset.

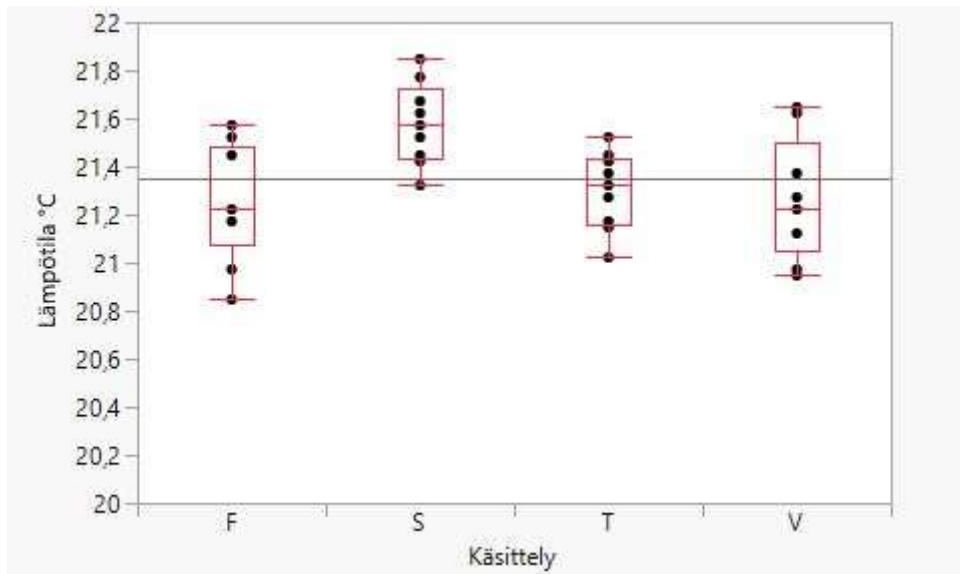
Ordered Differences Report						
Level	- Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value
T	S	0,1644444	0,0385034	0,084977	0,2439115	0,0003*
F	S	0,1100000	0,0385034	0,030533	0,1894671	0,0087*
T	V	0,0955556	0,0385034	0,016088	0,1750226	0,0205*
V	S	0,0688889	0,0385034	-0,010578	0,1483560	0,0862
T	F	0,0544444	0,0385034	-0,025023	0,1339115	0,1702
F	V	0,0411111	0,0385034	-0,038356	0,1205782	0,2963

## 5.2 Kasvualustan lämpötila

Kokeen aikana mitatut kasvualustakäsittelyjen lämpötilojen keskiarvot poikkesivat toisistaan tilastollisesti melkein merkitsevästi P-arvon ollessa 0,0249 (Taulukko 4). Eniten toisistaan erosivat käsittelyt S ja F. Käsittelyn S lämpötilojen keskiarvo oli 21,57 °C ja käsittelyn F 21,24 °C (Kuva 3). Parivertailun avulla tilastollisesti melkein merkitsevä ero löytyi myös käsittelyjen S ja V, sekä S ja T väliltä (Taulukko 5). Vaikkakin käsittelyjen välisiä eroja löytyi, ne olivat melko pieniä.

Lohkojen osalta, lämpötilojen keskiarvot erosivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi P-arvon ollessa <,0001 (Taulukko 4). Lohko 1 lämpötilojen keskiarvo oli 21,9 °C ja lohko 9 20,4 °C.

Kuva 3. Kasvualustakäsittelyjen lämpötilojen keskiarvot Boxplot-kaaviona. Kuvasta nähdään, että S erosi selvästi muista käsittelyistä, mutta käsittelyjen väliset erot olivat kuitenkin melko pieniä.



Taulukko 4. Kasvualustakäsittelyjen lämpötilojen keskiarvojen ANOVA-taulukko. Käsittelyjen väliset lämpötilaerot olivat tilastollisesti melkein merkitseviä ja lohkojen osalta erot olivat erittäin merkitseviä.

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Substrate	3	0,6519444	0,217315	3,7239	0,0249*
Block	8	7,0372222	0,879653	15,0738	<,0001*
Error	24	1,4005556	0,058356		
C. Total	35	9,0897222			

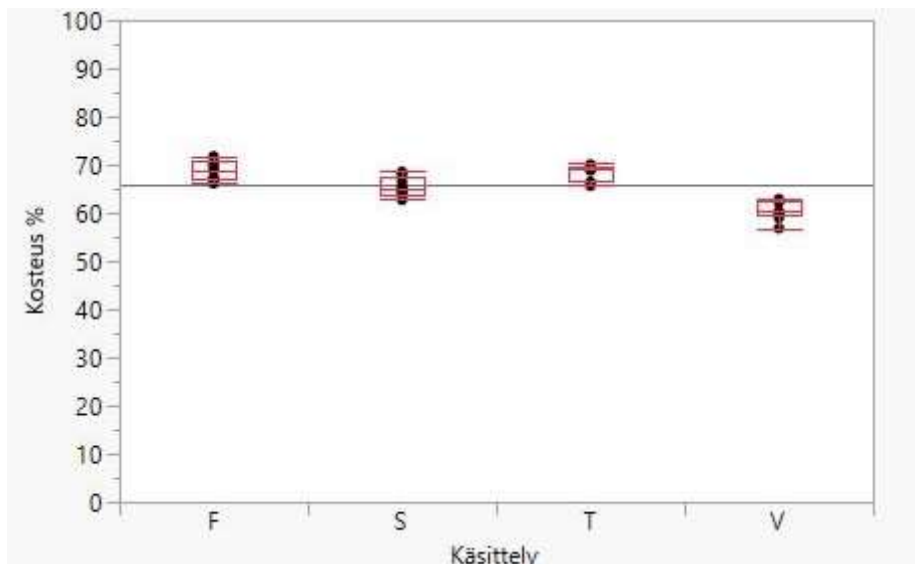
Taulukko 5. Kasvualustakäsittelyjen lämpötilojen keskiarvojen parivertailun tulokset.

Ordered Differences Report						
Level	- Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value
S	F	0,3333333	0,1138776	0,098302	0,5683651	0,0074*
S	V	0,3111111	0,1138776	0,076079	0,5461429	0,0116*
S	T	0,2777778	0,1138776	0,042746	0,5128096	0,0225*
T	F	0,0555556	0,1138776	-0,179476	0,2905874	0,6301
T	V	0,0333333	0,1138776	-0,201698	0,2683651	0,7723
V	F	0,0222222	0,1138776	-0,212810	0,2572540	0,8469

### 5.3 Kasvualustan kosteus

Kasvualustakäsittelyjen kosteuden keskiarvot poikkesivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi P-arvon ollessa  $<,0001$  (Taulukko 6). Eniten toisistaan erosivat käsittelyt V ja F. Käsittelyn V keskiarvo oli 60,47 % ja käsittelyn F 69 % (Kuva 4). Parivertailussa tilastollisesti erittäin merkitsevästi toisistaan erosivat myös käsittelyt T ja V sekä S ja V (Taulukko 7). Tilastollisesti merkitsevä ero löytyi myös käsittelyjen F ja S sekä T ja S väliltä (Taulukko 7).

Kuva 4. Kasvualustakäsittelyjen kosteuden keskiarvot Boxplot-kaaviona. Kuvasta nähdään, että käsittelyn V keskiarvot erosivat selkeästi muista käsittelyistä. Käsittelyiden sisäinen hajonta oli melko pientä.



Taulukko 6. Kasvualustakäsittelyjen kosteuden keskiarvojen ANOVA-taulukko.

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Substrate	3	409,72012	136,573	29,3387	<,0001*
Block	8	98,50705	12,313	2,6452	0,0311*
Error	24	111,72153	4,655		
C. Total	35	619,94870			

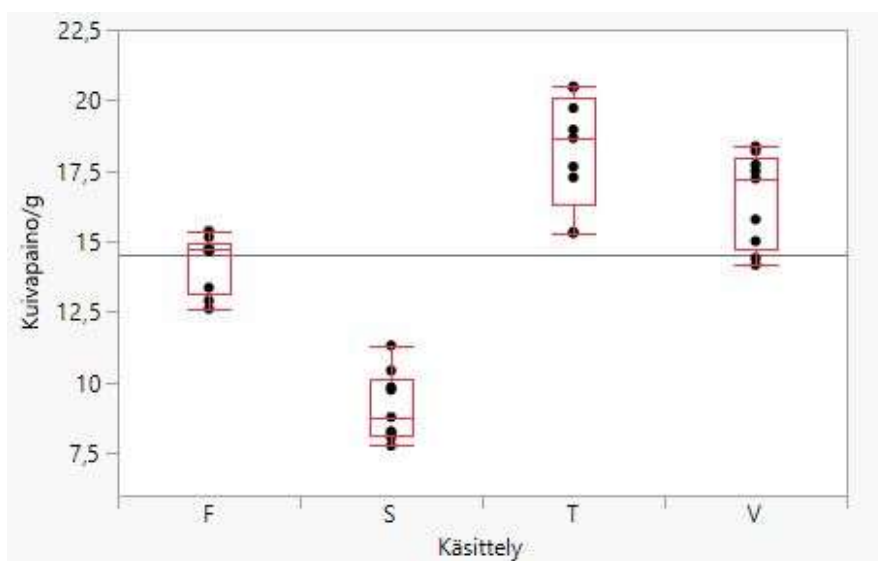
Taulukko 7. Kasvualustakäsittelyjen kosteuden keskiarvojen parivertailun tulokset.

Ordered Differences Report						
Level	- Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value
F	V	8,562222	1,017083	6,46307	10,66138	<.0001*
T	V	7,877778	1,017083	5,77862	9,97693	<.0001*
S	V	4,908889	1,017083	2,80973	7,00805	<.0001*
F	S	3,653333	1,017083	1,55418	5,75249	0,0015*
T	S	2,968889	1,017083	0,86973	5,06805	0,0075*
F	T	0,684444	1,017083	-1,41471	2,78360	0,5074

## 5.4 Kuivapainot

Varianssianalysista nähtiin, että kasvualustakäsittelyiden kuivapainojen keskiarvot poikkesivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi P-arvon ollessa <.0001 (Taulukko 8). Käsittelyn S keskiarvo oli 9,1589 grammaa ja käsittelyn T 18,2052 grammaa (Kuva 5). Parivertailun avulla havaittiin, että toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi erosivat myös käsittelyt V ja S, F ja S sekä T ja F (Taulukko 9). Merkitsevästi toisistaan erosivat käsittelyt V ja F ja melkein merkitsevästi käsittelyt T ja V (Taulukko 9).

Kuva 5. Kasvualustakäsittelyjen kuivapainojen keskiarvot Boxplot-kaaviona. Kuvasta voidaan nähdä, että käsittelyssä S kasvia oli keskimäärin vähemmän. Toiseksi vähiten kasvia oli käsittelyssä F.



Taulukko 8. Kasvualustakäsittelyjen kuivapainojen keskiarvojen ANOVA-taulukko.

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Substrate	3	416,42424	138,808	45,4011	<,0001*
Block	8	38,59256	4,824	1,5778	0,1839
Error	24	73,37700	3,057		
C. Total	35	528,39380			

Taulukko 9. Kasvualustakäsittelyjen kuivapainojen keskiarvojen parivertailun tulokset.

Ordered Differences Report						
Level	- Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value
T	S	9,046222	0,8242673	7,345018	10,74743	<,0001*
V	S	7,329722	0,8242673	5,628518	9,03093	<,0001*
F	S	5,091833	0,8242673	3,390629	6,79304	<,0001*
T	F	3,954389	0,8242673	2,253185	5,65559	<,0001*
V	F	2,237889	0,8242673	0,536685	3,93909	0,0121*
T	V	1,716500	0,8242673	0,015296	3,41770	0,0481*

## 5.5 Puristenesteanalyysi

Puristenesteanalyysien tuloksista nähdään (Taulukko 11), että typpipitoisuudet olivat koko kasvukauden ajan hyvin matalalla. Nitraattitypen määrä oli korkeimmillaan kasvukauden alussa 126 mg/l käsittelyssä V ja alimmillaan kasvukauden loppupuolella 1,4 mg/l käsittelyssä S ja F. Ensimmäisestä puristenesteanalyysistä nähdään, että ammoniumtyppi oli korkeimmillaan 59 mg/l käsittelyssä V. Kasvukauden loppupuolella kaikkien käsittelyjen ammoniumtyppipitoisuudet olivat laskeneet < 1,5 mg/l. Etenkin käsittelyssä V typpipitoisuudet laskivat ensimmäisen näytteenoton jälkeen rajusti.

Kaliumin määrä oli alimmillaan kasvukauden alussa 133 mg/l käsittelyssä T ja korkeimmillaan kasvukauden keskivaiheella 278 mg/l käsittelyssä T. Natriumin määrä lisääntyi tasaisesti kasvukauden aikana ja oli korkeimmillaan 85 mg/l käsittelyssä T. Myös kloorin määrä alkoi kertyä kasvualustaan ja loppuajasta se oli korkeimmillaan 89 mg/l käsittelyssä T. Käsittelyjen pH-arvot saatiin myös puristenesteanalyysien tuloksista. Matalin pH koko kasvukauden ajan oli käsittelyssä T ja korkein käsittelyssä S (Taulukko 10).

Taulukko 10. Kasvualustojen puristenestenäytteistä saadut pH-arvot kasvukauden aikana.

Käsittely/pH	31.5.2021	30.7.2021	29.10.2021
T	4,3	5,4	4,7
V	4,9	6,2	5,8
S	5,5	6,6	6,4
F	4,5	5,6	5,0

Taulukko 11. Puristenesteanalyysien tuloksia. Arvot annettu yksikössä mg/l.

Käsittely	Päivämäärä	Ammoniumtyppi	Nitraattityppi	Kalium	Fosfori	Natrium	Kloori	Mangaani
T	31.5.2021	50	66	133	69	21	18	0,82
V	31.5.2021	59	126	196	64	28	11	0,42
S	31.5.2021	43	60	180	68	11	7	0,52
F	31.5.2021	42	59	141	59	14	11	0,55
T	30.7.2021	1,4	41	278	83	62	57	0,06
V	30.7.2021	1,4	3	180	37	48	46	0,04
S	30.7.2021	2,8	11	246	50	32	32	0,13
F	30.7.2021	< 1,5	11	192	45	37	43	0,12
T	29.10.2021	< 1,5	2,8	258	45	85	89	0,06
V	29.10.2021	< 1,5	2,8	246	35	67	67	0,06
S	29.10.2021	< 1,5	1,4	223	41	44	35	0,14
F	29.10.2021	< 1,5	1,4	235	34	62	78	0,04

## 5.6 Kasvianalyysi

Kasvianalyysin tuloksista nähdään (Taulukko 12), että käsittelyjen väliset erot olivat melko pieniä lähes jokaisen ravinteen kohdalla. Kokonaistypen määrä oli kaikissa käsittelyissä matala. Kokonaistypen määrä oli korkein käsittelyissä T ja V 9,2 g/kg ja matalin käsittelyssä S 8,9 g/kg. Fosforipitoisuus oli käsittelyissä T ja F 1,6 g/kg ja käsittelyissä S ja V 1,5 g/kg. Kaliumin määrä oli korkein käsittelyissä S 12 g/kg ja matalin käsittelyssä F 9,1 g/kg. Kalsiumin määrä oli korkein käsittelyssä F 4,2 g/kg ja matalin käsittelyssä S 2,8 g/kg. Mangaanin määrä oli korkein käsittelyssä F 240 mg/kg ja matalin käsittelyssä V 140 mg/kg.



Taulukko 12. Kasvianalyysin tuloksia.

Käsittely	Kokonaistyyppi g/kg	Fosfori g/kg	Kalium g/kg	Kalsium g/kg	Mangaani mg/kg
T	9,2	1,6	10	4,2	180
V	9,2	1,5	10	3,7	140
S	8,9	1,5	12	2,8	170
F	9	1,6	9,1	3,2	240

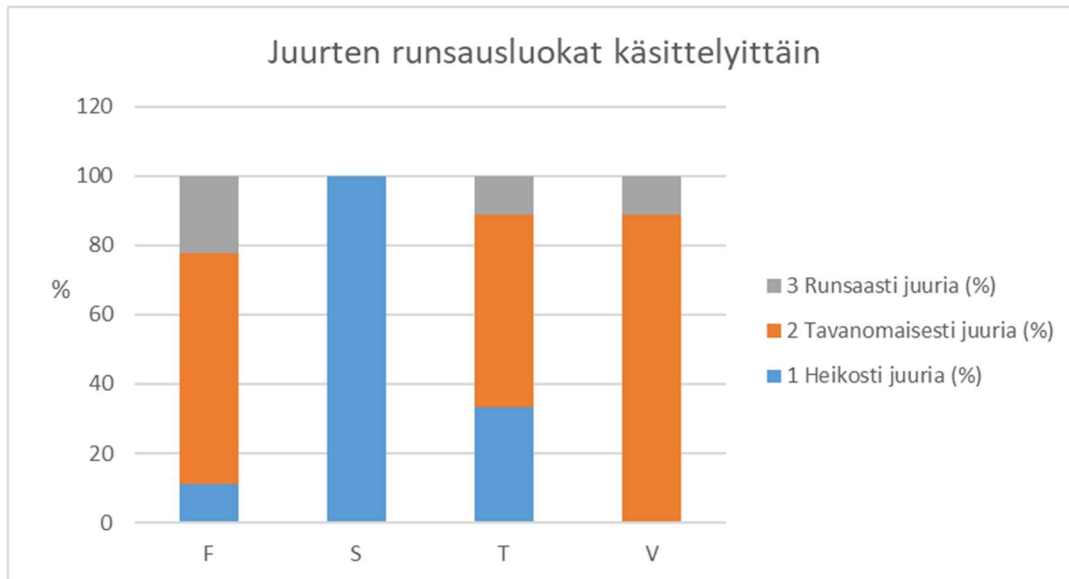
## 5.7 Juuriston kehitys

Juuriston runsautta mitattiin silmämääräisesti asteikolla 1–3. Arvioinnin tuloksista tehtiin tilastoanalyysiohjelmalla ristiintaulukointi (Kuva 7), jonka avulla nähtiin, että käsittelyssä S juurten kasvu oli heikointa. Ristiintaulukoinnin ja sen analysoinnin perusteella käsittelyjen välillä havaittiin juurten runsaudessa tilastollisesti erittäin merkitsevä ero Khiin neliö -testin ( $\chi^2$ ) P-arvon ollessa alle 0,001. Kuvassa 6 on tyypillinen esimerkki jokaisen käsittelyn juuripaakusta ja kuva havainnollistaa, että eri käsittelyjen välillä oli selkeitä eroja juurten kasvussa ja runsaudessa.

Kuva 6. Kuvassa on tyypillinen esimerkki jokaisen käsittelyn juuripaakusta oikealta vasemmalle: S, V, T ja F. Kuvasta voidaan nähdä, että käsittelyssä S juuristo oli selvästi heikompikasvuisempi verrattuna muihin käsittelyihin. Käsittelyssä F juuriston runsaus oli suurinta. Käsittelyt V ja T olivat melko samankaltaisia. Käsittelyssä V näkyvät valkoiset rakeet ovat perliittiä. (Kuva: Enni Taskinen)



Kuva 7. Juurten runsausluokat käsittelyittäin. Ristiintaulukoinnin avulla voidaan havaita, että käsittelyssä S juurten kasvu oli heikointa verrattuna muihin, koska se oli saanut pelkästään arvosanoja 1 (=heikosti juuria).



## 6 Tulosten tarkastelu

Käsittelyjen peruslannoitus- ja kalkitustasot poikkesivat jo lähtökohtaisesti toisistaan, mikä pitää ottaa huomioon ravinnetasoa ja pH-arvoja tarkastellessa. Kokeen alussa johtokyky laski hyvin matalaksi, mutta hoitolannoituksen aloittamisen jälkeen lähti jokaisessa käsittelyssä tasaiseen nousuun. Kaikkien käsittelyjen ravinnetasot kuitenkin pysyivät melko matalalla koko kasvukauden ajan tasaisesta lannoittamisesta huolimatta. Tähän on voinut vaikuttaa muun muassa se, että kasvustoja jouduttiin kastelemaan hyvin runsaasti helteiden vuoksi. Suurella päivittäisellä veden määrällä oli luultavasti ravinteita huuhtova vaikutus, vaikka kastelu annettiin altpäin. Kasvukauden aikana kerätty säädata on esitetty liitteissä 2, 3 ja 4.

## 6.1 Kasvualustan johtokyky

Käsittelyssä S johtokyky oli alusta asti matalalla. Käsittelyn S peruslannoitustaso oli toiseksi matalin verrattuna muihin käsittelyihin. Matalaa johtokykyä voisi myös selittää käsittelyn ilmava koostumus, jolloin lannoittaessa suurin osa vedestä pääsi valumaan kasvualustan läpi. Tämän oletuksen kumoo kuitenkin kosteusmittausten tulokset, joista nähdään että käsittelyssä S kosteustaso oli koko kasvukauden melko korkealla. Rahkasammalen tuotanto ja käyttö kasvihuonekasvien kasvualustana -loppuraportin tuloksissa todetaan, että kyseisessä kokeessa käytetyt sammalkasvualustat sisälsivät vähemmän ravinteita verrattuna turpeeseen ja niillä oli heikompi kationinvaihtokapasiteetti (Näkkilä ym., 2015 s. 7). Käsittely S sisälsi 75 % sammalta ja 25 % lämpökäsiteltyä puukuitua, joten heikko kationinvaihtokapasiteetti voisi selittää käsittelyn huonoa kasvua, sekä johtokyvyn mataluutta.

Myös kasvualustan sisältämä lämpökäsitelty puukuitu saattoi heikentää kasvua, koska puukuidun hajotessa typpi immobilisoituu, eli muuttuu kasville vaikeasti saatavaksi ja kasvin typen saanti heikentyy (Jackson ym., 2009; Harris ym., 2019). Kaikkien käsittelyiden tyyppitasot olivat kuitenkin hyvin matalalla, joten suoraa johtopäätöstä puukuidun vaikutuksesta typen hajottamiseen ei voida tehdä. Kontrollikäsittelyssä T johtokyky oli koko kasvukauden ajan korkeimmalla ja kasvit kasvoivat kuivapainon perusteella parhaiten. Kyseisen käsittelyn peruslannoitustaso oli korkein verrattuna muihin, mikä on saattanut parantaa kasvua.

## 6.2 Kasvualustan lämpötila

Käsittelyjen lämpötilojen keskiarvojen erot olivat eri lohkojen välillä tilastollisesti erittäin merkitseviä. Yksi mahdollinen syy saattoi olla se, että helteellä aurinko porotti tunneliin mittausten aluksi hyvin voimakkaasti, jonka takia alkupään mittaustulokset ovat korkeampia. Mittaaminen tehtiin illalla, ja oli melko hidasta, jolloin lämpötilat viimeisten lohkojen kasvualustoissa kerkesivät laskea. Mittaukset tehtiin jokaisella kerralla aloittaen lohkoista 1 ja edettiin järjestyksessä lohkoon 9, joten ei voida sanoa varmasti, onko tunnelin lämpötilan laskulla ollut oikeasti vaikutusta. Jos kuitenkin lohkojen väliset lämpötilaerot olisivat

vaikuttaneet kasvien kasvuun, se nähtäisiin muista tuloksista. Mitään viitteitä tähän ei kuitenkaan löydetty, joten luultavasti lohkojen lämpötilaeroilla ei ollut vaikutusta kasvuun.

### 6.3 Kasvualustan kosteus

Käsittelyssä V kosteustaso oli huomattavasti alhaisempi kuin muilla käsittelyillä koko kasvukauden ajan. Tämä johtuu luultavasti käsittelyn sisältämästä perliitistä, joka tekee kasvualustasta hyvin ilmavan. Alhainen kosteustaso ei kuitenkaan laskenut kuivapainon määrää ja tuloksista nähdään, että käsittelyssä V kuivapainon keskiarvo oli toiseksi korkein. Korkein kosteustaso oli käsittelyssä F, joka kasvoi toiseksi heikoiten kuivapainomittausten perusteella.

Risto Rikalan (1985, s. 7) mukaan Viljo Puustjärvi (1973, 1975) määrittelee turpeen optimikosteuspitoisuudeksi 46 %. Kaikilla käsittelyillä kosteusmittausten keskiarvot olivat koko kasvukauden ajan kuitenkin tätä korkeammalla. Korkea kosteustaso on voinut heikentää kasvua, jos kasvualusta on ollut liian tiivis ja vähähappinen. Käsittelyjä ruukuttaessa käsittelyn F poteista tuli epähuomiossa kaikista painavimpia ja sen takia tiiviimpiä. Tämäkin on voinut vaikuttaa jo lähtökohtaisesti kasvuun. Liiallisella kosteudella on voinut olla heikentävää vaikutusta kasvuun, sillä karpalon ravinteiden otto vaikeutuu vähähappisissa olosuhteissa (Hart ym., 2015, s. 4). Kastelu tehtiin turvekasvualustan mukaan, jolloin hyvin vettäpidättävät sammalalustat saivat luultavasti tarpeisiinsa nähden liikaa vettä.

### 6.4 Kuivapainot

Käsittelyjen väliltä löytyi selkeitä eroja kuivapainojen keskiarvoissa, mutta kaiken kaikkiaan kasvit kasvoivat todella elinvoimaisesti ja rehevästi kuumasta kesästä huolimatta. Kuivapainon perusteella kasvu oli voimakkainta kontrollikäsittelyssä T, joka oli 100 % vaaleaa rahkaturvetta. Toiseksi parhaiten kasvit kasvoivat käsittelyssä V, joka on suunniteltu pensasmustikan viljelyyn, ja on ollut aiemmin käytössä karpalon viljelykokeissa. Kahdessa tätä koetta varten tehdyssä seoksessa kasvu oli heikointa. Käsittelyssä F oli 45 % sammalta ja käsittelyssä S 75 %. Käsittely S ei sisältänyt ollenkaan turvetta, joten voidaan todeta että

tämän kokeen asetelmassa yli puolet sammalta sisältävässä kasvualustassa amerikankarpalon kasvu oli heikkoa.

Kasvukauden aikana tehdyssä silmämääräisessä tarkastelussa käsittelyt T, V ja F kasvoivat hyvin tasavertaisesti ja voimakkaasti. Käsittely S erosi näistä kolmesta selvimmin jo kasvukauden aikana.

## 6.5 Puristeneste- ja kasvianalyysit

Käsittelyssä T pH oli matalin koko kasvukauden ajan, mikä on voinut vaikuttaa positiivisesti kasvien ravinteiden ottoon. Kyseisen käsittelyn peruskalkituksen taso oli matalampi verrattuna käsittelyihin S ja F ja tämä on vaikuttanut jo lähtökohtaisesti pH-tasoon. Matala pH voi olla osasy siihen, miksi käsittelyssä T kasvit kasvoivat niin hyvin verrattuna muihin käsittelyihin. Korkeampi pH on voinut heikentää kasvua, mikä nähdään käsittelystä S, jossa kasvu oli heikointa ja pH korkein. Puristenesteanalyyseista nähdään, että pH oli korkeimmillaan jokaisessa käsittelyssä kasvukauden keskivaiheilla. Kasvualustoja kasteltiin paljon alkukesästä, jolloin kasteluveden vaikutus nosti pH:ta. Viimeisestä, kasvukauden loppupuolella tehdystä puristenesteanalyysistä nähdään, että pH oli laskenut jokaisessa käsittelyssä. Laskua selittää kastelun määrään vähentäminen kasvukauden loppua kohden, sekä lannoittamisen happamoittava vaikutuksen näkyminen.

Kaliumin määrä nousi kasvukauden aikana tasaisesti jokaisessa käsittelyssä, joka johtuu luultavasti siitä, että käsittelyille annettussa lannoitteessa oli eniten kaliumia suhteessa typpeen ja fosforiin (NPK 14-4-27). Kaliumin kertymistä kasvualustaan selittää se, että kasvien kaliumin tarve oli vähäinen, koska ensimmäisen vuoden taimet olivat voimakkaassa vegetatiivisen kasvun vaiheessa.

Amerikankarpalot ottavat typpeä suurimmaksi osaksi ammonium muodossa. Maaperän mikrobit muuttavat ammoniumtyppeä nitraattitypeksi, mutta happamassa maassa niiden toiminta hidastuu, jolloin kasvin käytettäväksi jää enemmän helpommin otettavaa ammoniumtyppeä. (Hart ym., 2015, ss. 4–5) Taimet käyttivät vegetatiiviseen kasvuun paljon ammoniumtyppeä, ja siksi sen pitoisuudet luultavasti pysyivät matalalla lannoittamisesta

huolimatta. Myös nitraattityypen määrät olivat jokaisessa käsittelyssä hyvin matalat, mikä voi johtua sen osittaisesta haihtumisesta sekä huuhtoutumisesta voimakkaan kastelun seurauksena.

Käsittelyssä F mangaanipitoisuudet olivat melko korkealla. Mangaani alkaa kertymään karpaloihin, jos maaperä on liian märkä ja vähähappinen. Tämä vaikuttaa kasvuun heikentävästi. (Hart ym., 2015, s. 4) Kasvianalyysin tuloksista nähdään, että juuri käsittelyssä F kosteustasot olivat kaikista korkeimmalla ja kuivapainon mukaan kasvu toiseksi heikointa.

## 6.6 Juuriston kehitys

Kaikki kasvit olivat juurtuneet pottien pohjista läpi, ja monet olivat kiinnittyneet altakastelumattoon. Usein heikko juuristo mielletään yhteen heikon kasvun kanssa, joten on mahdollista, että käsittelyssä S heikko juuristo vaikutti siihen, että kasvu oli huonompaa. Käsittelyssä F oli kuitenkin runsain juuristo, mutta kuivapainon perusteella kyseisessä käsittelyssä kasvit kasvoivat toiseksi heikoimmin.

## 7 Johtopäätökset

Kokeen perusteella voidaan todeta, että eri kasvualustoilla oli vaikutusta kasvien kasvuun. Sammalpohjaiset koe-eräseokset osoittautuivat tässä kokeessa heikompi kasvuisiksi verrattuna kaupallisiin seoksiin. Heikkoon kasvuun ei löytynyt mitään selkeää syytä, mutta esimerkiksi liika kastelu, peruslannoitustasojen erot, kalkitustasojen erot, korkea pH, tiivistyminen ja kasvualustojen matala ravinnetaso ovat voineet vaikuttaa kasvuun. Lisäksi käsittelyn S sisältämä puukuitu saattoi vaikuttaa kyseisen kasvualustan kasvuun heikentävästi. Parhaimmat tulokset saatiin käsittelystä T, joka oli 100 % rahkaturvetta. Käsittelyn peruslannoitustaso oli myös korkeampi verrattuna muihin ja sitä oli kalkittu vähiten verrattuna käsittelyihin S ja F.

Seuraavissa kokeissa tulisi huomioida kasvualustojen lähtökohtaisesti samanlainen lannoitus- ja kalkitustaso. Kastelun määrää tulisi sääolosuhteista riippuen vähentää niin, että

kosteustasot pysyisivät lähempänä optimiarvoa. Jatkokokeissa aihetta voitaisiin syventää ottamalla tutkimukseen mukaan myös erilaisia kastelu- ja lannoitustasoja.

## Lähteet

- Alston, J. M., Medellín-Azuara, J., & Saitone, T.L. (2014). *Economic Impact of the North American Cranberry Industry*. USA: Cranberry Marketing Commission. Haettu osoitteesta: [https://www.uscranberries.com/wp-content/uploads/2018/09/Economic\\_Impact\\_of\\_the\\_NA\\_Cranberry\\_Industry\\_August2014-1.pdf](https://www.uscranberries.com/wp-content/uploads/2018/09/Economic_Impact_of_the_NA_Cranberry_Industry_August2014-1.pdf)
- Backman, J., Enroth, B., Stjernberg, J., Hakala, K., Hakojärvi, M., Hiltunen, S., Himanen, S., Hunsu, I., Jalli, H., Jalli, M., Kaivosoja, J., Kanninen, T., Kari, M., Keskitalo, M., Konttinen, M., Kuoppala, K., Laine, A., Larmo, S., Leppäranta, N., ... Yli-Hemminki, P. (2021) *Uudistuva kasvintuotanto*. ProAgria Keskusten Liitto. Ajasto Paperproducts Oy.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs (2021). *Ending the retail sale of peat in horticulture in England and Wales*. Haettu osoitteesta: [https://consult.defra.gov.uk/soils-andpeatlands/endingtheretailsaleofpeatinhorticulture/supporting\\_documents/Consultation%20Ending%20the%20retail%20sale%20of%20peat%20in%20horticulture%20in%20England%20and%20Wales.pdf](https://consult.defra.gov.uk/soils-andpeatlands/endingtheretailsaleofpeatinhorticulture/supporting_documents/Consultation%20Ending%20the%20retail%20sale%20of%20peat%20in%20horticulture%20in%20England%20and%20Wales.pdf)
- Harris, C., Dickson, R., Fisher, P., Jackson, B. & Poleatewich, A. (2019) *Evaluating Peat Substrates Amended with Pine Wood Fiber for Nitrogen Immobilization and Effects on Plant Performance with Container-grown Petunia*. American Society for Horticultural Science. Haettu osoitteesta: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/30/1/article-p107.xml#B21>
- Hart, J., Strik, B., Demoranville, C., Davenport, J. & Roper, T. (2015) *Cranberries: A Nutrient Management Guide for South Coastal Oregon*. Oregon State University. (Alkuperäinen teos julkaistu 1996) Haettu osoitteesta: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8672.pdf>
- Heiskanen, J. (2015) *Onko kasviturpeella tulevaisuutta taimikasvualustana?* Luonnonvarakeskus. Haettu osoitteesta: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/518942/Kasviturve.pdf?sequence=1>



Jackson, B., Wright, R. & Alley, M. (2009) *Comparison of Fertilizer Nitrogen Availability, Nitrogen Immobilization, Substrate Carbon Dioxide Efflux, and Nutrient Leaching in Peat-lite, Pine Bark, and Pine Tree Substrates*. American Society for Horticultural Science. Haettu osoitteesta: <https://journals.ashs.org/hortsci/abstract/journals/hortsci/44/3/article-p781.xml?ArticleBodyColorStyles=fullText>

Kieksi, J. & Salo, K. (1996) *Pensaskarpalon viljely, rikkakasvisukcessio ja rikkakasvillisuuden torjunta turvetuotannosta vapautuneella suolla*. Folia Forestalia -tutkimusartikkeli. Haettu osoitteesta: <https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article6285.pdf>

Laji.fi (n.d) *Puolukat–Vaccinum*. Haettu osoitteesta: <https://laji.fi/taxon/MX.38617>

Lehmushovi, A. (1982) *Karpalo viljelykasvina*. Puutarhatutkimuslaitoksen tiedote N:o 29. Maatalouden tutkimuskeskus. Haettu osoitteesta: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/486317>

Leinonen, T., Haanperä, O., Kohl, A., Landström, M., Hietaniemi, T. & Tynkkynen, O. (2020) *Turpeen käytöstä luopuminen–Keinoja Suomelle reilun siirtymän tukemiseen*. Sitra. Haettu osoitteesta: <https://www.sitra.fi/julkaisut/turpeen-kaytosta-luopuminen/>

Massachusetts cranberries. (n.d) *How cranberries grow*. Cape Cod Granberry Growers' Association. Haettu osoitteesta: <https://www.cranberries.org/how-cranberries-grow>

Massachusetts cranberries. (n.d) *What is the process for wet harvesting a cranberry bog?* Cape cod Granberry Growers' Association. Haettu osoitteesta: <https://www.cranberries.org/faq/what-process-wet-harvesting-cranberry-bog>

Näkkilä, J., Silvan, N., Jokinen, K., Särkkä, L. & Tahvonen, R. (2015) Loppuraportti: *Rahkasammalen tuotanto ja käyttö kasvihuonekasvien kasvualustana*. Luonnonvarakeskus. Haettu osoitteesta: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/486213/rahkasammal.pdf?sequence=1>

Punkka, E. (2019). *Rahkasammalen keruun ilmastovaikutukset* [pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto] Haettu osoitteesta: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/310109>

- Rikala, R. (1985). *Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella*. Metsätutkimuslaitos. Haettu osoitteesta: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/522210>
- Roper, T.R (2007). *Cranberry production in Wisconsin*. Haettu osoitteesta: <http://www.wiscran.org/media/1347/cranproduction08.pdf>
- Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Jylhä, K., Mäkelä, H., Lehtonen, I., Simola, H., Luomaranta, A. & Weiher, S. (2013) *Maailmanlaajuisiin CMIP3- malleihin perustuvia arvioita Suomen tulevasta ilmastosta*. Ilmatieteenlaitos ja Helsingin yliopisto. Haettu osoitteesta: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42362/2013nro4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Kämäräinen, M. & Pirinen, P. *Terminen kasvukausi lämpenevässä ilmastossa*. (2016) Ilmatieteen laitos ja Helsingin yliopiston Fysiikan laitos. Haettu osoitteesta: <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/documents/31422/83635880/Ruosteenoja+Terminen+kasvukausi+%C3%A4mpenev%C3%A4ss%C3%A4%20ilmastossa+2016/5cd98a30-cab8-421d-970b-432ceb67fefd>
- Silvan, N., Sarkkola, S. & Laiho, R. (2019) *Rahkasammalbiomassa ja sen korjuuseen soveltuvat suot Suomessa*. Suoseura – Finnish Peatland Society. Haettu osoitteesta: <http://www.suo.fi/pdf/article10319.pdf>
- Soimakallio, S., Sankelo, P., Kopsakangas-Savolainen, M., Sederholm, C., Auvinen, K., Heinonen, T., Johansson, A., Judl, J., Karhinen, S., Lehtoranta, S., Räsänen, S. & Savolainen, H. (2020) *Turpeen rooli ja sen käytöstä luopumisen vaikutukset Suomessa*. Sitra. Haettu osoitteesta <https://www.sitra.fi/julkaisut/turpeen-rooli-ja-sen-kaytosta-luopumisen-vaikutukset-suomessa/>
- Tahvonen, R. (2020). *Korvaamaton kasvuturve*. Puutarha & Kauppa, 15/2020. Haettu osoitteesta: <https://kauppapuutarhaliitto.fi/wp-content/uploads/2021/02/Korvaamaton-kasvuturve.pdf>
- Ylikoski, R. & Pirinen, H. (2008), *Karpalon viljely*. Kajaanin Offset-paino.

Ympäristöministeriö (2/2022) *Rahkasammalen korjuun ympäristövaikutukset* –  
yhteistyöryhmän loppuraportti. Haettu osoitteesta:

[https://ym.fi/documents/1410903/0/Rahkasammalen+korjuun+ymp%C3%A4rist%C3%B6vai  
kutukset+loppuraportti.pdf/b4c64f40-64e8-a647-0ee2-9ba5e29dcf84?t=1643976584948](https://ym.fi/documents/1410903/0/Rahkasammalen+korjuun+ymp%C3%A4rist%C3%B6vai<br/>kutukset+loppuraportti.pdf/b4c64f40-64e8-a647-0ee2-9ba5e29dcf84?t=1643976584948)

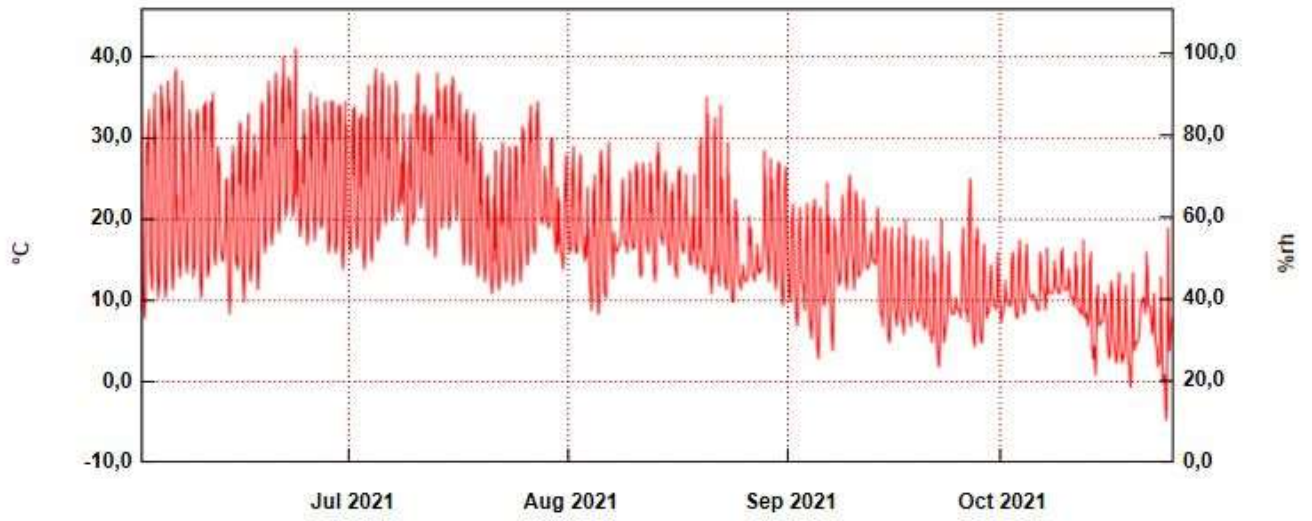
**Liite 1: Pohjakuva tunnelin koeasetelmasta**

Koeaineisto oli jaettu yhdeksään eri lohkokoon ja jokaisessa lohkokossa oli yksi pottialusta yhtä käsittelyä. Mustat pisteet merkitsevät tolppia. 'X' kuvaa karpalon taimia, jotka eivät olleet kokeessa mukana. Lohkojen numerointi aloitettiin ylhäältä vasemmalta (keltainen) ja jatkettiin ylhäältä alas niin että 9. lohko on alhaalla oikealla (tumman violetti).

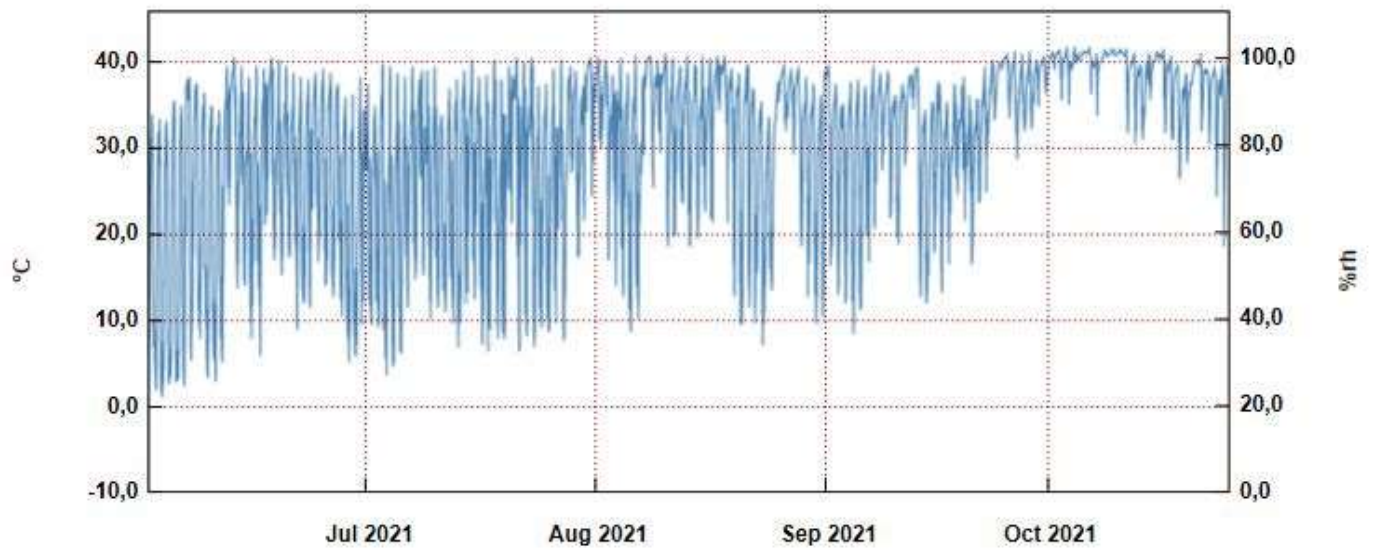
**Koeasetelma**

●	●	●
V	F	V
T	T	T
F	S	F
S	V	S
V	S	F
S	V	T
T	F	S
F	T	V
X	X	X
●	●	●
S	T	T
F	V	S
V	S	V
T	F	F
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
●	●	●

## Liite 2: Kasvukauden sääolot kokeen aikana, lämpötila



## Liite 3: Kasvukauden sääolot kokeen aikana, kosteus



## Liite 4: Kasvukauden sääolot kokeen aikana, kastepiste

