

# **Kaupalliset robotit puutarha-alalla**

Arto Paappanen

Tutkimusassistentti

SatoBotti-hanke

25.8.2023

## Sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Robottien hyödyt .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Haasteet robottien käyttöönotossa .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Robottien tulevaisuus .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Tomaatin poimintarobotit.....</b>	<b>6</b>
5.1	GR-100 .....	6
5.2	GRoW .....	8
5.3	Inaho.....	10
5.4	Virgo .....	11
<b>6</b>	<b>Mansikan poimintarobotit .....</b>	<b>12</b>
6.1	Rubion .....	12
6.2	Agrobot E-Series .....	13
6.3	Dogtooth .....	15
6.4	Harvest CROO .....	17
<b>7</b>	<b>Omenan poimintarobotit .....</b>	<b>19</b>
7.1	Abundant Robotics.....	19
7.2	Eve.....	21
7.3	Tevel.....	23
<b>8</b>	<b>Kasvinsuojelurobotit .....</b>	<b>25</b>
8.1	LaserWeeder.....	25
8.2	Lumion .....	26
8.3	Pats-X.....	27
8.4	Thorvald.....	28

8.5	Verdant .....	30
8.6	YV01 Smart Spraying Robot .....	31
<b>9</b>	<b>Tulevaisuuden tutkimussuuntauksia .....</b>	<b>32</b>
<b>10</b>	<b>Yhteenveto .....</b>	<b>32</b>
<b>11</b>	<b>Lähteet.....</b>	<b>33</b>

## 1 Johdanto

SatoBotti-hankkeessa selvitettiin puutarha-alan kaupallisten robotiikkaratkaisujen nykytilaa sekä robotisoinnin haasteita, jotka pidättelevät robottien laajempaa käyttöönottoa viljelmillä. Selvitystyö rajattiin tomaatin, mansikan ja omenan poimintarobotteihin sekä kasvinsuojelurobotteihin. Tietoa kerättiin julkisista lähteistä. Selvityksen ulkopuolelle jätettiin sellaiset robotit, joista ei löytynyt riittävästi tietoa tai joiden kehittäneiden yritysten toiminta vaikutti olevan pysähtynyt.

## 2 Robottien hyödyt

Puutarha-ala vaatii paljon työvoimaa, koska kaikkiin työtehtäviin ei ole vielä olemassa automatisoituja ratkaisuja tai niitä ei ole otettu laajempaan käyttöön. Työ on usein kausiluonteista, fyysisesti raskasta ja huonosti palkattua, joten työntekijöiden löytäminen on osalle yrityksistä haastavaa. Tämän takia osa työstä saattaa jäädä tekemättä, ja esimerkiksi satoa jää keräämättä. Sopivilla robotiikan ja automatisoinnin ratkaisuilla pystyttäisiin paikkaamaan työvoimavajetta joko kokonaan tai osittain.

Yksi tärkeimmistä kausitöistä on sadonkorjuu. Joillakin kasveilla satoaika on melko lyhyt ja työvoimaa voidaan tarvita silloin todella paljon. Monille kasveille, joiden satoa kerätään yhdellä kerralla mahdollisimman paljon, kuten mustaherukalle, on jo olemassa koneellisia poimintaratkaisuja. Konenäöllä ja tekoälyllä varustetut poimintarobotit kykenevät tarkkaan sadonkorjuuseen, jolloin sato voi kypsyä eriaikaisesti. Robotti tunnistaa korjuukypsän hedelmän tai marjan ja poimii ainoastaan sen. Tällä tavoin toimivat kaikki tomaatin-, mansikan- ja omenanpoimintarobotit.

Kasvinsuojelu on tärkeä osa viljelyä. Onnistunut kasvinsuojelu edistää kasvien häiriötöntä kasvua ja sadontuottoa. Kasvinsuojelua on tehty vuosikymmeniä kemiallisilla torjunta-aineilla. Tutkimustiedon lisääntyminen kemiallisen torjunnan haittavaikutuksista, EU-lainsäädännön kiristymisen ja kasvintuhoojien resistenssin lisääntymisen vuoksi kemiallista torjuntaa käytetään yhä vähemmän. Kasvinsuojelua tehdään yhä enenevässä määrin ennakoivasti, biologisesti ja mekaanisesti, mutta nämä menetelmät eivät aina ole yhtä tehokkaita kuin kemiallinen torjunta. Ennakkotorjuntaan kuuluva tarkkailu on työlästä sekä vaatii viljelijältä harjaantunutta silmää, biologista torjuntaa ei kaikkia kasvintuhoojia vastaan ole ja mekaaninen torjunta on yleensä työlästä.

Ennakoivaa torjuntaa varten robotit voidaan konenäön ja tekoälyn avulla opettaa tarkkailemaan ja tunnistamaan kasvintuhoojat jo ennen niiden aiheuttamien vahinkoja ja tehokkaammin kuin viljelijän itse tekemä tarkkailu. Tarkkailu onnistuu lähtökohtaisesti kaikilta konenäöllä varustetuilta roboteilta. On kuitenkin huomioitava, että koneellinen tarkkailu voi viedä prosessointiaikaa pois esimerkiksi poimintarobotin kypsien hedelmien tunnistuksesta hidastaen poimintatehokkuutta.

Robotit pystyvät tuomaan tehokkuutta mekaaniseen torjuntaan ja auttaa vähentämään kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä. Konenäöllä ja tekoälyllä tunnistetaan kasvintuhoojia ja rikkakasveja tehokkaasti ja robottiin yhdistetyillä torjuntavälineillä saadaan torjuttua ne tarkasti. Tällä toimintatavalla toimivat esimerkiksi Pats-X-järjestelmä ja Verdantin rikkakasvientorjuntarobotti. (HortNews, 2023, ss. 17–18; Pats Indoor Drone Systems, n.d.)

Kasvinsuojelussa on viime vuosina yleistynyt UV-C-valon käyttö hämän ja harmaahomeen torjunnassa. UV-C-valo on kuitenkin vaarallista ihmisille, joten UV-C-käsittelyjä varten tarvitaan riittävää suojausta. UV-C-valon käyttö on tehokkaimmillaan yöllä, jolloin ihmiset eivät ole lähtökohtaisesti töissä. Robottien avulla UV-C-käsittelyt voidaan tehdä ilman ihmisten läsnäoloa ja yöaikaan. (Hill, 2020)

Kemiallisessa torjunnassa robottien avulla on mahdollista vähentää torjunta-aineiden käyttömääriä. Nykyisillä menetelmillä ruiskutuksia tehdään laajoilla alueilla, jolloin torjunta-aineiden kulutus on suurta ja voi aiheuttaa ympäristöhaittoja. Robotit pystyvät tunnistamaan torjuttavat kasvintuhoojat ja tarkoilla ruiskuilla torjunta-aineet voidaan levittää ainoastaan torjuttaviin kasvintuhoojiin. (Pedersen ym., 2008)

Maatalous aiheuttaa paljon hiilidioksidipäästöjä eri tavoilla. Yksi päästöjen aiheuttaja on fossiilisia polttoaineita käyttävät koneet ja laitteet. Sähkökäyttöisten robottien arvioidaan vähentävän päästöjä erityisesti silloin, kun niissä käytetään uusiutuvaa energiaa. (Climate Home News, 2016; The Conversation, 2021)

### **3 Haasteet robottien käyttöönotossa**

Robottien käyttöönotossa on vielä lukuisia haasteita. Yksi merkittävimmistä haasteista on robottien hinta. Lähes kaikki robottien valmistajat tai myyjät eivät ole ilmoittaneet hintatietoja julkisesti, mikä saattaa johtua siitä, että teknologia on vielä kehitysvaiheessa ja robotit eivät ole täysin kypsiä kaupalliseen käyttöön. Laskennallisten arvioiden mukaan yksi poimintarobotti voi maksaa 70 000–500 000 €. Yleensä robotteja tarvitaan useampia, jotta

niistä olisi merkittävää hyötyä viljelijälle, jolloin hinta kertaantuu. Tällöin investoinnin koko kasvaa ja kaikilla viljelijöillä ei ole mahdollisuutta tehdä vaadittavia investointeja. Hintaan vaikuttaa myös se, että puutarha-alalle tarkoitettuja robotteja ei valmisteta massoittain, jolloin niiden valmistuskustannuksia ei välttämättä saada laskettua tuotantoa skaalaamalla, kuten muilla tuotannon aloilla. Robottivalmistajien keskinäinen kilpailu voisi mahdollisesti tuoda hintoja alas, mutta sillä saattaa olla kielteisiä vaikutuksia innovointiin ja liiketoiminnan jatkuvuuteen. (Delbridge, 2021; Gil ym., 2023; Käyhkö, 2023; Rose ym., 2023; Treloar, 2021)

Suoran hankinnan vaihtoehtona useat yritykset tarjoavat robottejaan tarjolle palveluina Robots-as-a-Service (RaaS) tai Farming-as-a-service (FaaS) -malleilla. Tällöin viljelijän ei tarvitse investoida rahaa robottiin ja osaavaan henkilöstöön, sillä palveluna ostettaessa robottiyrietykset yleensä hoitavat robottien käytön viljelijän puolesta.

Robottien tekninen kehitys ei ole vielä riittävän pitkälle vietyä tai osa roboteista on jäänyt prototyyppiasteelle. Kehitystyötä tehdään monesti pienissä startup-yrityksissä, joissa resurssit ovat rajalliset ja toiminnan skaalaaminen on haastavaa. Lupaavimmat startup-yritykset päätyvät yleensä suurempien puutarha-alan teknologiayritysten omistukseen, kuten esimerkiksi Root AI:n ja Octinionin kohdalla on käynyt (Johnson, 2022; Octinion, 2021; van Beek, 2022). Osa yrityksistä saattaa myös ajautua lopettamaan toimintansa toimivasta teknologiasta huolimatta, kuten Abundant Roboticsille kävi (Crowe, 2021).

Viljelyalueiden infra ei välttämättä ole roboteille sopiva. Robotit vaativat sähköä ja joissain tapauksissa langattoman verkon toimiakseen. Robottien latauspisteiden tulisi olla mahdollisimman lähellä viljelyaluetta, jolloin robottien käyttöönotto vaatii latauspisteen rakentamisen. Pellot saattavat olla mobiiliverkkojen katvealueella tai kasvihuoneen rakenteet heikentävät signaalia. Tällöin tarvitaan langattoman verkon infran parantamista muun muassa signaalinvahvistimilla. Robottien täytyy kyetä kulkemaan viljelyalueella mahdollisimman esteettömästi, jolloin rivivälien tulee olla riittävän leveitä ja maanpinnan tasaista. (Gil ym., 2023; Rose ym., 2023)

Nykyisin käytettävissä viljelytekniikoissa voidaan nähdä haasteita poimintaroboteille. Esimerkiksi oksat, lehdet tai vaijerit voivat estää robotteja näkemästä tai poimimasta niiden taakse jääviä hedelmiä. Tällöin viljelytekniikkaa tulisi kehittää roboteille paremmin sopiviksi. Omenanviljelyssä yleistävä säleikköviljely on yksi esimerkki, joka sopii hyvin poimintaroboteille, vaikka menetelmää ei ole alun perin kehitetty robotteja varten. Mansikoiden tunneliviljelyssä yleistävä pöytäviljely helpottaa työntekijöitä mansikoiden poiminnassa mansikkakasvuston ollessa käsien tasolla. Pöytäviljely hyödyttää myös poimintarobotteja niin, että mansikat roikkuvat viljelypöydän ulkopuolella ja robotti pääsee

niihin käsiksi helpommin kuin maan tasalla kasvaviin mansikoihin. Mitä helpommin poimintarobotti pääsee poimimaan hedelmää, sitä tehokkaampi ja yksinkertaisempi robotti on, mikä taas voi tuoda robotin hintaa alas.

Luotto teknologiaan on tärkeää. Robotit ovat teknisiä välineitä, jotka voivat hajota tai niissä saattaa ilmetä erilaisia ongelmia käytön aikana. Jatkuvasti hajalla olevat robotit eivät herätä luottamusta robotteihin etenkin, jos robotteja on useita ja viljely on suurelta osin riippuvaista robottien toiminnasta. (Rose ym., 2023)

Robottien käyttäminen saattaa tarvita uudenlaista osaamista viljelmillä. Mikäli robotteja ei saada riittävän helppokäyttöisiksi, tarvitaan joko lisäkouluttamista tai uuden työntekijän palkkaamista. Monilla robotteja jo käytävillä viljelmillä onkin oma työntekijä, jonka työtehtäviin kuuluu ohjata robotteja. (Rose ym., 2023; Smith, 2023)

Suomessa ei tiettävästi ole puutarha-alan robotteja maahantuovia yrityksiä.

Robotiikkayritykset keskittyvät tällä hetkellä suurempiin maihin, joissa myös tuotantoyksiköt ovat suuria. Robottien yleistyminen maailmalla johtanee niiden yleistymiseen Suomessa, mutta ilman Suomessa toimivaa maahantuojaa, on viljelijöiden ainoana vaihtoehtona hankkia robotit ulkomailta. Huoltoihin ja muihin robottien ylläpitoon liittyvät asiat saattavat jäädä silloin viljelijän harteille.

## 4 Robottien tulevaisuus

Erlaisia robotiikan ratkaisuja puutarha-alalle on jo olemassa. Suomessa robottien käyttö on tiettävästi rajoittunut vain muutamiin kokeiluihin ja laajempi kaupallinen käyttö on vasta tuloillaan (Päivinen, 2023). Suuremmissa viljelymaissa, kuten Yhdysvalloissa, Hollannissa ja Australiassa robotteja on jonkin verran jo isoilla viljelmillä kaupallisessa käytössä. (10 Tampa Bay, 2022; Claver, 2021; Smith, 2023) Suuret viljelijät ovat alkaneet tekemään merkittäviä robottien hankintasopimuksia, kuten hollantilainen Redstar oli GRoW-tomaatinpoimintarobotista tehnyt, tavoitteenaan automatisoida tomaattien poimintatyö kokonaisuudessaan (Hortidaily, 2023-a).

Robotiikka- ja puutarha-alan ammattilaiset arvioivat poimintarobottien olevan kaupallisesti kypsiä jo muutaman vuoden päästä ja luultavasti menee vielä 5–10 vuotta, kunnes robotit alkavat yleistymään (Treloar, 2021; Päivinen, 2023). Monia kasvinsuojelurobotteja voidaan pitää jo nyt valmiina kaupallista käyttöä ajatellen, ja ne luultavasti ovat ensimmäisiä robotteja, joita suomalaisilla viljelmillä tullaan näkemään laajemmassa mittakaavassa.

Kasvinsuojelurobotteja käytetään parhaimmillaan koko kasvukauden ajan, mikä tekee niiden hankinnasta houkuttelevaa. Poimintarobotteja sen sijaan tarvitaan vain osan kasvukaudesta, jolloin niiden hankinta saattaa olla korkeamman kynnyksen takana. Joidenkin yritysten jo nytkin tarjoama palvelumalli tulee luultavasti yleistymään.

Robottien käyttöönotto tulee tapahtumaan vaiheissa niin, että ensimmäisessä vaiheessa robotit tulevat olemaan ihmisten työtä tukevaa, hankalia tai vaarallisia työtehtäviä suorittavia ja työvoimavajetta paikkaavia. Seuraavissa vaiheissa robottien tekemän työn osuutta voidaan kasvattaa vaiheittain, kunnes lopulta päästään täysin automatisoituihin viljelmiin.

Taloudellisesti poimintarobottien maailmanlaajuisten markkinoiden arvioitiin olevan noin 11 miljardia euroa vuonna 2020. Markkinoiden ennustetaan kasvavan kolminkertaiseksi vuoteen 2030 mennessä, jolloin markkinan arvo olisi noin 34 miljardia euroa. Ruoan kysynnän lisääntyessä suurille robotiikkayrityksille odotetaan tarjoutuvan taloudellisesti kannattavia mahdollisuuksia. Suurimmiksi haasteiksi markkinoiden kasvulle on arvioitu viljelijöiden matala tekninen osaaminen ja robottien korkeat hinnat. (Amol ym., 2022)

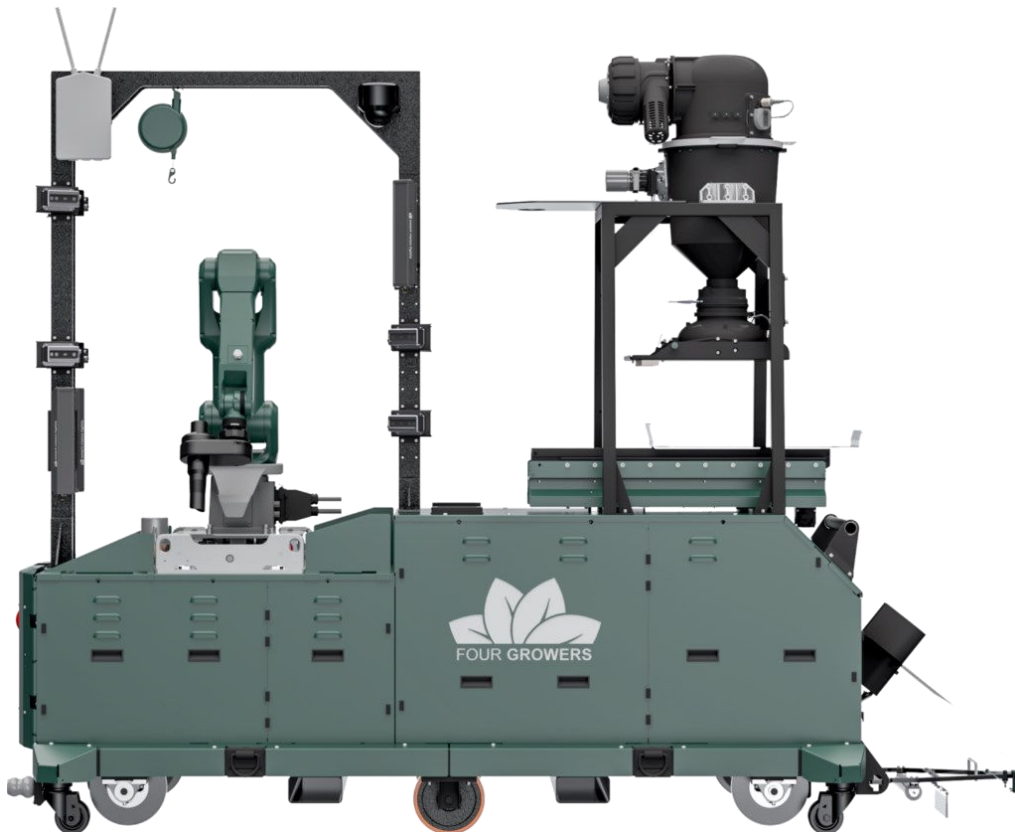


## 5 Tomaatin poimintarobotit

Tomaatti on satomääriltään yksi viljellyimmistä vihanneksista Suomessa ja maailmalla. Suomessa tomaattia kasvatetaan enimmäkseen kasvihuoneissa ja viljelyä tehdään osassa kasvihuoneita ympäri vuoden. Tomaatin poiminta tapahtuu käsityönä ja siihen tarvitaan paljon työvoimaa. Roboteilla olisi mahdollista vähentää työvoiman tarvetta etenkin niissä tilanteissa, joissa työvoimaa on hankala saada poimintatyöhön.

### 5.1 GR-100

Yhdysvaltalainen Four Growers on kehittänyt GR-100 poimintarobotin kirsikkatomaatille kasvihuoneeseen (Kuva 1). Robotti on suunniteltu niin, että kasvihuoneeseen ei tarvitse tehdä muutoksia robottia varten, tai muutokset ovat hyvin vähäisiä. (Four Growers, n.d.)



Kuva 1. GR-100 tomaatinpoimintarobotti. Kuva: Four Growers.

GR-100:ssa on poimintakäsi, jossa on imuri (Kuva 2). Tomaatti imuroidaan tertusta ja tomaatti kulkee putkea pitkin laatikkoon. Robotti tunnistaa kypsät tomaatit käyttämällä neljää stereokameraa. GR-100 pystyy poimimaan 43 kg tomaatteja tunnissa, kun tomaatin paino on

12 g. Robotti kykenee poimimaan 98 % kaikista kypsistä tomaateista. Toiminta-aika robotilla on ympäri vuorokauden. (Four Growers, n.d.)



*Kuva 2. GR-100 poimii tomaatit imuroimalla.*

Four Growers tarjoaa GR-100:n yhteyteen myös robotisoitua kuljetus- ja pakkauskärryä (Kuva 3). Yhdellä kärryllä voidaan kuljettaa 246 kg tomaattia. (Four Growers, n.d.)

Tulevaisuudessa yritys on aikeissa laajentaa poimintatekniologiaa kurkulle ja paprikalle (Marston, 2023). Four Growers on patentoinut valmistamansa poimintarobotin sekä kuljetus- ja pakkauskärryn. Robottien hintaa ei ole ilmoitettu.



*Kuva 3. GR-100 tomaatinpoimintarobotti kuljetuskärryn kanssa. Kuva: Four Growers.*

## 5.2 GRoW

Israelilainen MetoMotion on kehittänyt GRoW-poimintarobotin (Greenhouse Robotics Worker) kirsikkatomaateille. MetoMotion toimii yhteistyössä Hollantilaisen Ridderin kanssa, joka toimii robotin toimittajana ja teknisenä tukena (The Packer, 2021).



*Kuva 4. GRoW-tomaatinpoimintarobotti. Kuva: Ridder/MetoMotion.*

GRoW:ssa on kaksi poimintakouraa ja se poimii tomaatit terttuina tarttumalla tertun varteen ja katkaisemalla sen. Poimittu terttu siirretään robotin keskellä olevalle liukuhihnalle (Kuva 5). Liukuhihna kuljettaa tertut robotin takaosassa oleviin laatikoihin. Poimintanopeus on 157,5 kg tunnissa 700 gramman painoisilla tertuilla. Robotti kykenee poimimaan yhtäjaksoisesti 16 tunnin ajan. Valmistajan mukaan robotti säästää poimintakustannuksia arviolta 50 % ja vähentää poimintatyötä 80 %. GRoW kerää dataa kasvihuoneessa olevista tomaateista ja pystyy ennustamaan satomääriä. (MetoMotion, n.d.; Wrobel, 2023)



*Kuva 5. GRoW-robotin poimintakoura siirtää poimitun tomaatin tertun robotissa olevalle liukuhihnalle. Liukuhihnaa pitkin terttu kuljetetaan laatikkoon. Kuva: Ridder/MetoMotion.*

MetoMotion perustettiin vuonna 2017 ja on kerännyt rahoitusta 10 miljoonaa dollaria. Vuonna 2023 MetoMotion haki 8 miljoonan dollarin rahoitusta tuotannon skaalaamista varten. (Wrobel, 2023) GRoW-robotteja oli käytössä kahdella suurella hollantilaisella tomaatinviljelijällä vuonna 2022 (HortNews, 2022). Hollantilainen Redstar teki vuonna 2023 monivuotisen hankintasopimuksen GRoW-robottien hankkimiseksi kasvihuoneisiinsa tavoitteena automatisoida koko poimintatyö (Hortidaily, 2023-a). Redstar tuottaa 40 miljoonaa tomaattia viikossa (Redstar, n.d.). Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

### 5.3 Inaho

Japanilainen Inaho on kehittänyt poimintarobotin kirsikkatomaatille. Robotin uusin versio esiteltiin kesäkuussa 2023. Inahon robotin uusin versio hyödyntää uudenlaista poimintamenetelmää, joka kykenee poimimaan kerralla useamman tomaatin. Robotin poimintaosa koostuu kahdesta levystä, joiden väliin tomaatin terttu puristetaan ja kypsät tomaatit irtoavat tertusta tärisyttämällä (Kuva 6). Levyjen avauduttua tomaatit putoavat luiskalle, jota pitkin tomaatit kulkevat laatikkoon. Poimintamenetelmä on mahdollistanut kahdeksan kertaa nopeamman poiminnan robotin edelliseen versioon nähden ja robotti kykenee poimimaan yli 12 kg tunnissa. Toiminta-aika robotilla on 14 tuntia yhdellä latauksella. Poimintarobotteja on testauskäytössä kahdella hollantilaisella kasvihuoneella. (Hortidaily, 2023-b; Inaho, n.d.) Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.



Kuva 6. Inahon tomaatinpoimintarobotin poimintaosa. Kuva: Inaho Inc.

## 5.4 Virgo

Virgo on tomaatinpoimintarobotti, jonka on alun perin kehittänyt yhdysvaltalainen Root AI. Maatalousteknologia- ja kerrosviljely-yritys AppHarvest osti Root AI:n 60 miljoonalla dollarilla vuonna 2021 (Shoup, 2021).

Virgolla on kolmikärkinen poimintakoura, joka tarttuu kypsään tomaattiin ja irroittaa tomaatin pyöräyttämällä (Kuva 7). Poimintanopeus on yksi tomaatti neljässä sekunnissa, eli 900 tomaattia tunnissa (Zhou, 2022). Virgon poimintatekniikkaa voidaan käyttää myös mansikoilla ja kurkuilla, jolloin poimintakoura on neli- tai kahdeksankärkinen (Root AI, 2020).



*Kuva 7. Virgo-robotin poimintakoura. Tomaatti poimitaan pyöräyttämällä. Kuva: ROOT AI.*

AppHarvestin ostettua Root AI:n on Virgon suorituskyky saatu valmistajan mukaan tuplattua. Vuonna 2022 AppHarvestin suunnitelmissa oli viimeistellä Virgon teknologiaa ja pyrkiä saamaan robotin hintaa alemmaksi vuoden 2023 aikana. (Johnson, 2022; van Beek, 2022) Robotin hintaa ei ole kuitenkaan ilmoitettu. AppHarvest hakeutui yrityssaneeraukseen kesällä 2023 (McClanahan, 2023).

## 6 Mansikan poimintarobotit

Mansikka on viljellyin marja Suomessa. Vuonna 2022 mansikkasatoa saatiin lähes 16 miljoonaa kiloa, joka oli noin 80 % kaikkien viljeltyjen marjojen sadosta. Viljelyalaa mansikalla oli saman vuotena 4 144 ha, joka oli noin 59 % marjanviljelyn kokonaisalasta. Tunnelleissa mansikkaa viljeltiin 71 hehtaarin alalla. (Luonnonvarakeskus, n.d.) Mansikoiden poiminta vaatii paljon kausityövoimaa, jonka palkkaamisen kanssa marjatilat nykyään painivat Suomessa ja ulkomailla. Osa tiloista ei välttämättä saa tarvittavaa määrää kausityövoimaa töihin, jolloin kaikkea satoa ei saada kerättyä. Robotisoinnin avulla olisi mahdollista paikata työvoimavajetta ainakin osittain, sekä luoda uudenlaisia työpaikkoja.

### 6.1 Rubion

Rubion on mansikanpoimintarobotti (Kuva 7), jonka on kehittänyt belgialainen robotiikkayritys Octiva (ent. Octinion). Robotti on suunniteltu kasvihuonekäyttöön, mutta se toimii myös viljelytunnelissa. Edellytys robotin käytölle on, että mansikka viljellään pöytäviljelynä.



*Kuva 8 Rubion-mansikanpoimintarobotti. Kuva: Octinion.*

Rubion poimii mansikat poimintakädessä olevalla tarttujalla. Yhdessä robotissa on vain yksi poimintakäsi, joka kulkee kasvustoon alakautta. Tartuttuaan mansikkaan käsi kääntyy 90 astetta taaksepäin niin, että mansikka irtoaa vetäisemällä. Poimittu mansikka siirretään lopulta keräysastiaan ja robotti siirtyy seuraavan poimittavan mansikan luokse. Vaikka tarttuja tarttuu suoraan mansikkaan kiinni, väittää Octiva, etteivät mansikat vaurioиду poiminnan yhteydessä.

Poimintanopeudeksi Rubionille on ilmoitettu yksi mansikka kolmen sekunnin välein, eli noin 1200 mansikkaa tunnissa. Kypsistä mansikoista robotti kerää 70 %. Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

Priva osti robotin alun perin kehittäneen Octinionin vuonna 2021 (Octinion, 2021) ja uuden yrityksen nimi on Octica. Vuonna 2021 Octivan liikevaihto oli noin 514 000 € ja se teki liiketappiota noin 891 000 €. Henkilöstöä yrityksessä oli kuusi henkilöä. Vuonna 2019 liikevaihto oli noin 3,5 miljoonaa euroa, josta liikevoittoa oli noin 56 000 €. Henkilöstöä oli tuolloin 34,5 henkilöä. (Companyweb, n.d.)

## 6.2 Agrobot E-Series

Espanjalainen Agrobot on kehittänyt Agrobot E-Series -poimintarobotin, joka pystyy poimimaan mansikoita avomaalla (Kuva 8) ja tunnelissa (Kuva 9).



*Kuva 9 Agrobot E-series avomaalla. Kuva: Agrobot.*





*Kuva 10 Agrobot E-series viljelytunnelissa. Kuva: Agrobot.*

Poimintamenetelmänä robotilla on hedelmävarteen tarttuminen ylhäältä (avomaalla) tai sivusuunnassa (pöytäviljelyssä) ja varren katkaisu. Osa varresta jää mansikkaan kiinni ja varret saatetaan joutua poistamaan jälkikäteen ihmisten toimesta. Poimintakäsiä robotissa on 24 kappaletta ja kussakin kädessä on yksi kamera.

Poimintanopeudeksi E-Series-robotille on ilmoitettu yksi mansikka viiden sekunnin välein, eli noin 720 mansikkaa tunnissa. Robotti kykenee poimimaan kaikista kypsistä mansikoista 50–80 %. (Zhou, 2022) Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

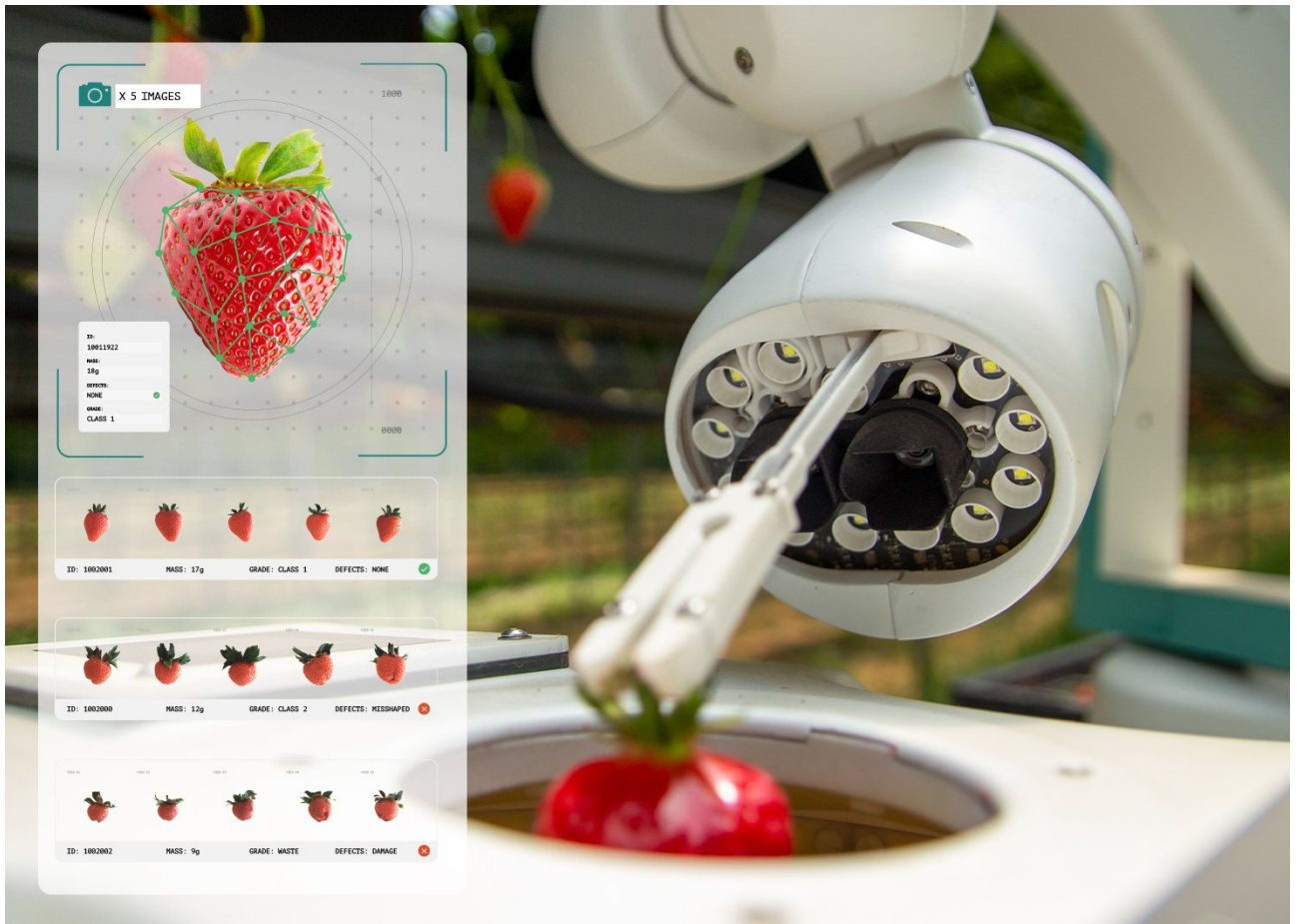
### 6.3 Dogtooth

Iso-britannialainen Dogtooth Technologies on kehittänyt poimintarobotin pöytäviljelyyn (Kuva 10).



*Kuva 11. Dogtoothin valmistama poimintarobotti. Robotin kummassakin päässä on poimintakourat ja keskellä on tarkistuskammio, jossa poimitun mansikan kunto tarkistetaan. Kuva: Dogtooth Technologies.*

Poimintakäsiä yhdessä robotissa on kaksi. Robotti poimii mansikan tarttumalla poimintakäden kouralla hedelmävarteen sivusuunnassa ja katkaisemalla varren. Poiminnan jälkeen robotti tarkistaa mansikan kunnon viemällä sen robotissa olevaan tarkistuskammioon (Kuva 11). Tarkistuskammiossa mansikka kuvataan kolmiulotteisesti ja tekoäly tutkii sen. Mikäli mansikka on kaupakelpoinen, siirretään se keräysastiaan. Huonokuntoiset marjat tai epäselvät tapaukset robotti siirtää erilliseen astiaan työntekijän tarkistettavaksi. Robotti kykenee tunnistamaan 17 erilaista vioitusta. Yhdessä robotissa on kaksi poimintakouraa ja useita kameroita. (Freethink, 2023-a; Smith, 2023)



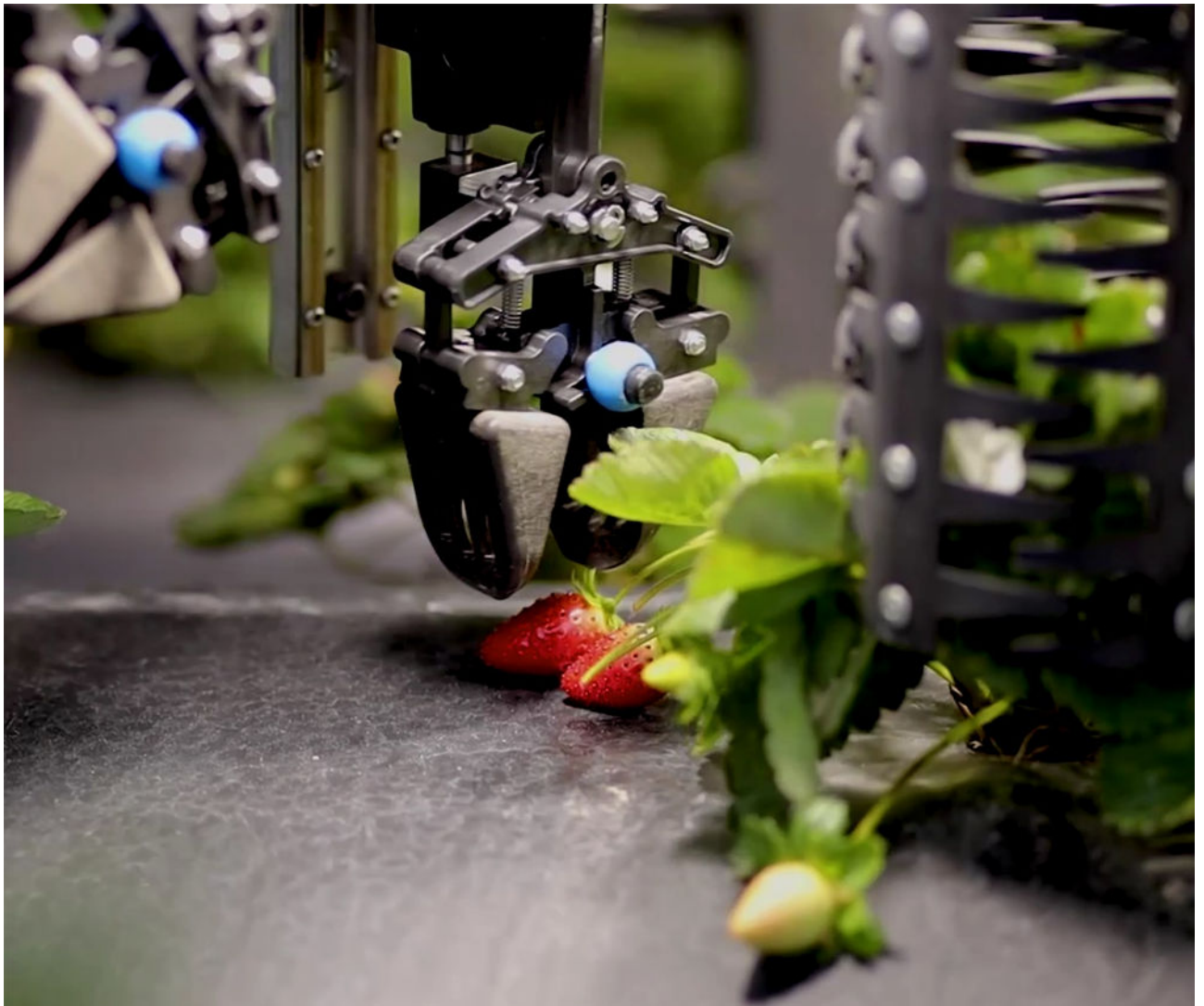
Kuva 12. Dogtoothin mansikanpimintarobotti tarkistaa poimitun mansikan kunnan tarkistuskammiossa. Kuva: Dogtooth Technologies.

Poimintanopeus yhdellä Dogtoothin robotilla on keskimäärin neljä mansikkaa minuutissa, eli noin 240 mansikkaa tunnissa (Smith, 2023). Yritys arvioi poimintanopeuden olevan neljäsosa ihmisen poimintanopeudesta. Kehitystyössä ei kuitenkaan ole keskitytty poimintanopeuteen, vaan poiminnan tarkkuuteen. Tulevaisuudessa poimintaa voidaan nopeuttaa. Pidemmän poiminta-ajan ansiosta robotti saa silti kerättyä yhtä paljon kuin ihminen, vaikka poimintanopeus on hitaampaa. (Freethink, 2023)

Vuonna 2022 Dogtooth oli toimittanut yli 70 robottia viljelmille (Dogtooth Technologies, n.d.). Dogtoothin robotteja oli käytössä ainakin Burlington Berriesillä Australian Tasmaniassa, jossa niitä oli yhteensä 16 robottia (Smith, 2023). Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

## 6.4 Harvest CROO

Yhdysvaltainen Harvest CROO Robotics on kehittänyt avomaalla toimivan mansikanpoimintarobotin. Robotissa on 16 kiekkoista poimintayksikköä, joissa on puristuskoura, poimintakoura sekä konenäköä ja tekoälyä hyödyntävä järjestelmä. Robotti pystyy näin keräämään mansikoita 16 taimesta yhtäaikaaisesti. Poimintayksiköiden liike on ylhäältä alaspäin, koska mansikat kasvavat maan tasalla. Keskellä poimintayksikköä on puristin, joka menee mansikkakasvin ympärille ja kerää sen varret kasaan puristamalla. Poimintayksikön kiekkoista reunaa pitkin liikkuva poimintakoura pystyy silloin näkemään poimittavat mansikat. Kypsän mansikan löydettyään poimintakoura tarttuu mansikkaan ja irrottaa sen vetäisemällä ylös. (Harvest CROO, 2021; Harvest CROO Robotics, n.d.)



Kuva 13. Harvest CROO -robotin poimintayksikkö. Kuva: Harvest CROO Robotics.

Robotti on yhdeksän metriä pitkä ja 5,5 metriä leveä ja se kulkee pellolla renkailla. Robotissa on LIDAR-valotutkajärjestelmä (light detection and ranging), jonka avulla robotti navigoi mansikkapellolla. LIDAR-järjestelmän avulla robotti tunnistaa myös ympärillään olevia esteitä, jolloin se ei törmää esimerkiksi ihmisiin. Robotti kerää dataa mansikkapellosta, minkä avulla voidaan viljelyä kehittää muun muassa seuraamalla mansikoiden kypsymistä ja aikatauluttamalla poimintarobotin toimintaa. (10 Tampa Bay, 2022; Harvest CROO Robotics, n.d.)



*Kuva 14. Harvest CROO -poimintarobotti mansikkapellolla. Kuva: Harvest CROO Robotics.*

Yhden poimintakouran poimintanopeus on noin kolme mansikkaa 10 sekunnin välein, eli noin 1080 mansikkaa tunnissa (Harvest CROO Robotics, n.d.; Zhou, 2022). Robotti pystyy siis poimimaan noin 17 280 mansikkaa tunnissa. Toinen ilmoitettu robotin nopeus on yhden mansikkakasvin poimiminen kahdeksassa sekunnissa ja seuraavaan kasviin siirtyminen 1,5 sekunnissa (Farmcredit, n.d.). On arvioitu, että yksi robotti pystyy poimimaan kolme hehtaaria yhden vuorokauden aikana ja robotti vastaa kuutta työntekijää (10 Tampa Bay, 2022). Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

## 7 Omenan poimintarobotit

Kaikista Suomessa viljellyistä hedelmistä omenan osuus on yli 90 % tehden siitä viljellyimmän hedelmän Suomessa. Vuonna 2022 omenaa viljeltiin 674 hehtaarin alalla ja satoa saatiin noin 7 miljoonaa kiloa. Omenasadosta noin 74 prosenttia tuotetaan Ahvenanmaalla. (Luonnonvarakeskus, n.d.)

### 7.1 Abundant Robotics

Yhdysvaltalainen Abundant Robotics on kehittänyt omenanpoimintarobotin (Kuva 15). Robotti tunnistaa kypsät omenat konenäön avulla ja poimii ne imuroimalla (Kuva 16). Imuroidut omenat kulkevat putkea pitkin keräysastiaan. Poimintanopeudeksi on arvioitu yksi sekunti per hedelmä. Viljelyn tulee tapahtua säleikköviljelyssä, koska robotti ei pysty poimimaan oksien, lehtien tai vaijereiden takana olevia omenoita. (Good Fruit Grower, 2019; Zhou, 2022)



Kuva 15. Abundant Roboticsin kehittämä omenan poimintarobotti. Kuva: Abundant Robotics.



*Kuva 16. Abundant Roboticsin kehittämä omenanpoimintarobotti poimii kypsät omenat imuimalla. Kuva: Good Fruit Grower.*

Abundant Robotics perustettiin vuonna 2016 ja lopetti toimintansa vuoden 2021 kesällä (Crowe, 2021). Yhdysvaltalainen Wavemaker Labs osti Abundant Roboticsin syksyllä 2021 ja vuonna 2022 haki rahoitusta jatkaakseen poimintarobotin kehittämistä (Heater, 2022). Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

## 7.2 Eve

Australialainen Ripe Robotics on kehittänyt Eve-nimisen hedelmänpoimintarobotin (Kuva 17). Robotti kykenee poimimaan omenoita, luumuja, persikoita ja nektariineja. Edellytys robotin toiminnalle on viljeleminen säleikköviljelyssä. (Ripe Robotics, n.d.)



*Kuva 17. Eve-robotti omenoita poimimassa. Kuva: Ripe Robotics.*

Even viimeisin versio poimii hedelmät paineilmakäyttöisen imukupin avulla, joka tarttuu hedelmään vahingoittamatta sitä (Kuva 18). Hedelmä irrotetaan pyörittämällä sitä. Poimittu hedelmä siirretään robotissa olevalle liukuhihnalle ja siitä edelleen keräysastiaan. (Jay, 2023) Aiempi versio poimi hedelmät imuroimalla, jolloin hedelmät kulkivat putkea pitkin keräysastiaan (Future Farming, 2021). Tarkkaa poimintanopeutta ei ole ilmoitettu, mutta tavoitteena on, että robotti poimisi ihmistä nopeammin. Poiminnan yhteydessä Eve kerää dataa hedelmistä, jota voidaan hyödyntää kasvun seuraamisessa. (McGregor, 2023)





*Kuva 18. Eve-robotti poimii omenat imukupin avulla. Kuva: Ripe Robotics.*

Ripe Robotics tarjoaa Eve-robottia leasingina ja viljelijöitä laskutetaan poimittujen omenoiden mukaan. Robotti on ollut koekäytössä australialaisilla tiloilla, mutta tulevaisuudessa on tarkoitus laajentaa toimintaa Yhdysvaltoihin, Euroopan Unioniin ja Iso-Britanniaan. Ripe Robotics aikoo hakea sijoittajilta lisärahoitusta tuotekehityksen lisäämiseksi. Tarkoituksena on lisätä tuotantoa vuosien 2023 ja 2024 aikana. Tavoitteena on myös saada robotin käyttökustannuksia alas. Ripe Robotics perustettiin vuonna 2019 ja se työllisti vuonna 2023 neljä henkilöä. Robotin tuotekehitykseen käytettiin vuosina 2021 ja 2022 yhteensä noin 610 000 €. (Brown, 2023; McGregor, 2023; Ripe Robotics, n.d.) Robotin leasing-hintaa ei ole ilmoitettu.

### 7.3 Tevel

Israelilainen Tevel Aerobotics Technologies on kehittänyt droneilla toimivan omenanpimintarobottin (Kuva 19). Omenoiden lisäksi robotilla voidaan poimia muun muassa päärynöitä ja luumuja. Robotti koostuu renkailla kulkevasta robottialustasta, johon on kytketty neljä dronea. Dronet on varustettu kameroilla, jotka tunnistavat kypsät hedelmät, ja poimintakourilla, joilla hedelmät poimitaan. Tevelin mukaan robotti pystyy poimimaan myös oksien takana ja muissa hankalissa paikoissa kasvavat hedelmät. Kourassa on kolmisorminen tarttuja ja hedelmään tartuttuaan hedelmä irtoaa kouraa pyörittämällä. Poimittu hedelmä pudotetaan robottialustan päälle liukuhihnalle, jota pitkin hedelmä kuljetetaan laatikkoon. Robottialustassa on QR-koodit, joiden avulla dronet osaavat pudottaa hedelmät oikeaan kohtaan alustaa. Virran dronet saavat robottialustasta, johon ne ovat kytkettyinä virtajohdolla. Robotti kykenee poimimaan ympäri vuorokauden. (Liszewski, 2022; Tevel Aerobotics Technologies, 2023; Tevel Aerobotics Technologies, n.d.; Tharwani, 2022)



Kuva 19. Tevel-omenanpimintarobotti. Kuva: Tevel Aerobotics Technologies.



*Kuva 20. Tevel-robotin omenoita poimiva drone. Kuva: Tevel Aerobotics Technologies.*

Tevelin robotti on vielä pilottivaiheessa. Pilotteja on toteutettu Yhdysvalloissa, Italiassa ja Chilessä. Poiminnan lisäksi robotti kerää dataa poimituista hedelmistä laatikon tarkkuudella. Kerätty data koostuu poimintamääristä, hedelmien koosta, painosta, poiminta-ajasta, kypsyysasteesta ja kasvintuhoojista. (Tevel Aerobotics Technologies, n.d.) Robotin poimintanopeutta, tehokkuutta ja hintaa ei ole ilmoitettu.

## 8 Kasvinsuojelurobotit

Kasvinsuojelu on tärkeä osa viljelyä. Kasvinsuojelumenetelmiä ovat ennakoiva, biologinen, kemiallinen ja mekaaninen torjunta. Kaikkiin näihin menetelmiin on olemassa robotisoituja ratkaisuja, joista osa on esitelty tässä selvityksessä. Roboteilla on mahdollista kohdentaa kasvinsuojelutoimia vain sellaisiin kohteisiin, missä niitä tarvitaan. Roboteilla on myös mahdollista tehdä sellaista kasvinsuojelutyötä, joka on vaarallista ihmisille ja vaatisi työn suorittamiseen paljon suojarusteita, esimerkiksi UV-C-valokäsittelyt.

### 8.1 LaserWeeder

LaserWeeder on yhdysvaltalaisen Carbon Roboticsin kehittämä rikkakasvientorjuntarobotti, joka polttaa rikkakasvit laserin avulla (Kuva 21). Robotti on kuusi metriä leveä ja siinä on 42 kameraa sekä 30 kappaletta 150 watin tehoista hiilidioksidilaseria. Tekoälyn avulla LaserWeeder tunnistaa rikkakasvit ja päättää mitkä kasvit poltetaan laserilla. (Carbon Robotics, n.d.-b) LaserWeeder pystyy eri arvioiden mukaan polttamaan 100 000–200 000 rikkakasvia tunnissa (Berkley, 2023; Kelp4Less, 2023).



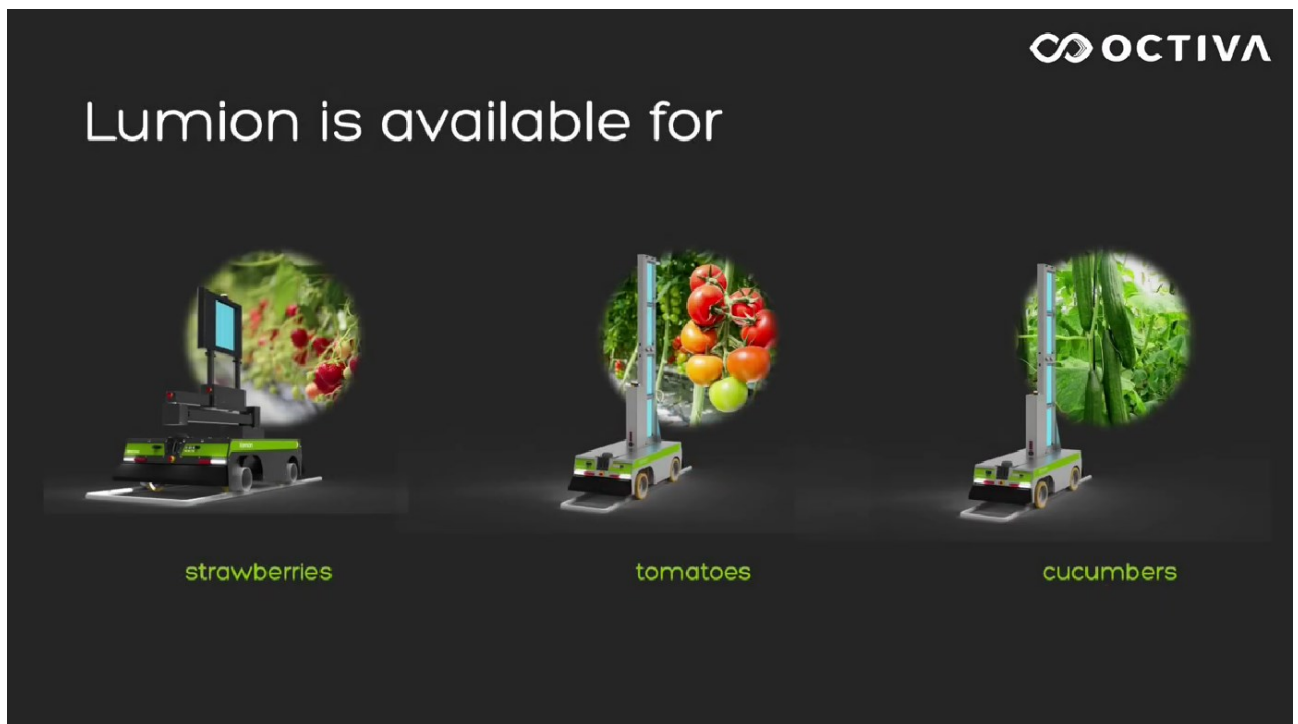
*Kuva 21. LaserWeeder pellolla. Kuva: Carbon Robotics.*

Laserin käytön etuna on, että kemiallisia torjunta-aineita ei tarvita ja maaperä ei häiriinny rikkakasvien mekaanisen poiston yhteydessä. Robotti tunnistaa rikkakasvit jo niiden kasvun

varhaisessa vaiheessa. LaserWeederia vedetään pellolla traktorin perässä noin 0,2 metrin sekuntivauhdilla. Hitaasta vauhdista huolimatta rikkakasveja poistetaan arviolta 80 kertaa nopeammin kuin käsityönä tehtynä. (FreeThink, 2023-b) Esittelytarkoituksia varten Carbon Roboticsilla on itsenäisesti kulkeva moottoroitu versio robotista (Carbon Robotics, n.d.-a). Hinta-arvio LaserWeederille on 22 000–45 000 € välillä (Kelp4Less, 2023).

## 8.2 Lumion

Octivan (ent. Octinion) kehittämä Lumion-robotti on UV-C-valoa hyödyntävä kasvinsuojelurobotti (Kuva 20). UV-C-valoa käytetään härmän torjuntaan mansikalla, tomaatilla ja kurkulla. Robotti toimii itsenäisesti ilman ihmisen läsnäoloa ja sitä voidaan käyttää yöllä, jolloin UV-C-valon vaikutus on tehokkainta. (Octiva, n.d.)



Kuva 22. Lumion-kasvinsuojelurobotit mansikalle, tomaatille ja kurkulle. Kuva: Octiva.

Lumion kulkee kasviritien välissä ja siinä on UV-C-valoyksikkö. Valoyksikön koko määräytyy käsiteltävän kasvin mukaan. Robotin käyttöaika ja valituksen määrä määritellään etukäteen robottiin yhteydessä olevalla sovelluksella. Robotilla voidaan Octivan mukaan vähentää härmän määrää 51 prosentilla ja se voi vaikuttaa muihinkin kasvintuhoojiin. (Octiva, n.d.) Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

### 8.3 Pats-X

Hollantilainen Pats Indoor Drone Systems on kehittänyt kasvihuoneissa toimivan Pats-X-järjestelmän, johon kuuluu hyönteisiä tuhoava drone (Kuva 21). Järjestelmän infrapunakamera tunnistaa hyönteiset ja lähettää tiedon niiden sijainneista dronelle. Tämän jälkeen drone lentää hyönteisten luokse ja tuhoaa ne ilmassa propelleillaan. (Pats Indoor Drone Systems, n.d.)



*Kuva 23. Pats-X:n drooni, joka tuhoaa lentäviä kasvintuhoojia propelleillaan. Kuva: Pats Indoor Drone Systems.*

Järjestelmä toimii ympäri vuorokauden ja se pystyy tunnistamaan 50 erilaista tuhoojaa, jotka voivat olla pienimmillään 4 mm kokoisia. Yksi drone painaa n. 30 g ja sen tehokas toiminta-alue on 1 ha. Pats-X tuli myyntiin vuonna 2023 ja Hollannissa hinta yhdelle kameralle ja dronelle on 499 €. (HortNews, 2023, ss. 17–18)

## 8.4 Thorvald

Thorvald on norjalaisen Saga Roboticsin kehittämä UV-C-valoa käyttävä kasvinsuojelurobotti härmän torjuntaan (Kuvat 22 ja 23). Robotin käyttökohteet ovat mansikat tunnelissa ja avomaalla, sekä viiniköynnökset. Yksi Thorvald-robotti pystyy käsittelemään 1,5 hehtaaria yhden yön aikana. UV-C-käsittelyllä torjunta on ennakoivaa, joten käsittelyjä täytyy tehdä viikoittain, vaikka härmää ei vielä esiinnykään. (Saga Robotics, n.d.-a)



Kuva 24. Thorvald-kasvinsuojelurobotti. Kuva: Saga Robotics.



*Kuva 25. Thorvald-kasvinsuojelurobotti tekemässä UV-C-käsittelyä. Kuva: Saga Robotics.*

Thorvald on ollut käytössä Norjassa, Iso-Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Saga Robotics tarjoaa robotteja käyttöön farming-as-a-service-mallilla (FaaS), eli viljelijän ei tarvitse ostaa robotteja omakseen. Hinnoittelu tapahtuu pinta-alan mukaan. Hintaa ei ole kuitenkaan ilmoitettu. Thorvald on modulaarinen ja siihen voidaan tulevaisuudessa lisätä muitakin toimintoja, kuten mansikan rönsyjen leikkaamista, torjuntaeliöiden levittämistä ja ruohonleikkaamista. (Claver, 2021; Saga Robotics, n.d.-a, Saga Robotics, n.d.-b)



## 8.5 Verdant

Yhdysvaltalainen Verdant Robotics on kehittänyt ruiskutusrobotin, jolla voidaan levittää kemiallisia torjunta-aineita ja nestemäisiä lannoitteita (Kuva 24). Robotti kytketään traktorin perään ja sitä kuljetetaan pellolla. Konenäön avulla robotti tunnistaa pellolla olevat kasvit ja tekee sille tarvittavat toimenpiteet: rikkakasveille levittää torjunta-ainetta ja viljelykasveille lannoitetta. Aineiden levitys tehdään tarkkuussuuttimien avulla, jolloin aineiden annostus saadaan juuri oikeaksi. Torjunta-aineita Verdant arvioi kuluvan 95 prosenttia vähemmän kuin perinteisellä kemiallisella torjunnalla. (Freethink, 2022; Verdant Robotics, n.d.)



Kuva 26. Verdant Roboticsin ruiskutusrobotti traktorin perässä. Kuva: Verdant Robotics.

Robotti myös indeksoi pellon kuvaamalla kaikki kasvit, joiden yli se kulkee, ja luo tarkan kartan pellon kasveista. Robotti kykenee kartan avulla löytämään kaikki pellolla kasvavat kasvit ja tekoälyn avulla tekemään tarvittavia viljelytoimenpiteitä. Tämä tuo tarkkuutta viljelyyn. (Freethink, 2022) Robotti pystyy toimimaan tarvittaessa ilman GPS:ää. Robottia on saatavilla kuuden ja kahdentoista viljelyrivin levyisenä. Robotti kykenee käsittelemään peltoalaa noin 1,7 hehtaaria tunnissa. (Edwards, 2022) Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

## 8.6 YV01 Smart Spraying Robot

YV01 on japanilaisen Yanmarin kehittämä ruiskutusrobotti viiniköynnöksille (Kuva 25). Robotin kohderyhmänä ovat viinintuottajat Ranskassa ja muissa Euroopan maissa. (Yanmar, 2023)



*Kuva 27. YV01-ruiskutusrobotti ruiskuttamassa viiniköynnöksiä. Kuva: Yanmar.*

Robotin ruiskutustekniikan luvataan olevan tarkkaa ja minimoivan ympäristöhaittoja. Ruiskutussäiliön tilavuus on 200 litraa. Robotti on bensakäyttöinen ja kykenee kulkemaan rinteitä enintään 45 prosentin kaltevuudessa. Robotti on verrattain kevyt, painaen ainoastaan yhden tonnin. Robotin vaikutus maan tiivistymiseen on valmistajan mukaan vähäinen. (Asscheman, 2023; Yanmar, 2023) YV01 julkaistiin vuonna 2023 ja robotteja oli saman vuoden huhtikuuhun mennessä myyty 14 kappaletta. (Yanmar, 2023) Robotin hintaa ei ole ilmoitettu.

## 9 Tulevaisuuden tutkimussuuntauksia

Poimintaroboteilla on useita erilaisia poimintamenetelmiä, kuten hedelmän kiertäminen, vetäminen, imu ja varren leikkaus. Robotit erottautuvatkin eniten toisistaan poimintamenetelmillään. Samalle kasville voi soveltua useampi eri menetelmä ja poimintamenetelmän valinnan tulisi perustua siihen millä menetelmällä poiminta on tehokkainta mahdollisimman pienellä hävikillä. Ei ole kuitenkaan tutkittu mikä poimintamenetelmistä olisi optimaalisin millekin kasville.

Kasvit kasvavat lajilleen ominaisilla tavoilla. Kasvua voidaan kuitenkin ohjata eri tavoilla. Kasvun ohjaamista tehdään jo nykyään muun muassa kasvun tehostamiseksi, sadontuoton lisäämiseksi ja työergonomian parantamiseksi. Robotiikka ei aina taivu nykyisiin viljelymenetelmiin ja tutkimusta tarvittaisiin selvittämään parhaita käytänteitä viljelyn ja robotiikan yhdistämiseksi.

Robottien arvioidaan vähentävän hiilidioksidipäästöjä monilla aloilla, myös puutarha- ja maatalousaloilla. Arviot pohjautuvat pitkälti fossiilisia polttoaineita käyttävien koneiden korvaamiseen sähkökäyttöisillä roboteilla. Robotisoitujen viljelmien hiilijalanjäljen selvittäminen antaisi lisätietoa siitä kuinka paljon robotiikka voisi todellisuudessa pienentää hiilidioksidipäästöjä puutarha- ja maatalousaloilla.

## 10 Yhteenveto

Erilaisia kaupallisia robotteja puutarha-alalle on kehitetty viime vuosien aikana. Tässä selvityksessä keskityttiin tomaattien, mansikoiden ja omenien poimintarobotteihin sekä kasvinsuojelurobotteihin. Vaikka robottien tuomat hyödyt tunnustetaan, ei puutarha-alalla käyttö ole vielä yleistynyt. Työvoimapulan kanssa painivalla alalla roboteilla voitaisiin paikata työvoimavajetta. Viljelijät ovat roboteista kiinnostuneita, mutta teknologia on vielä liian varhaisessa vaiheessa laajempaa kaupallistamista varten. Viljelijöiden kannattaa seurata teknologian kehittymistä aktiivisesti ja tutustua jo olemassa oleviin ratkaisuihin. Robottien hankinta ja käyttöönotto on luultavasti silloin helpompaa. Muita esteitä robottien käyttöönotossa ovat robottien hinta ja joidenkin robottien heikompi työteho ihmistyöhön verrattuna.

## 11 Lähteet

10 Tampa Bay (13.4.2022). *Growers say automated strawberry-picking robot is ready to roll* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=mi5zNWuX1ds>

Amol, P. & Onkar, S. (2022). *Smart Harvest Market By Component (Harvesting robots, GPS, Sensors, RFID, Others), By Technology (Hardware, Software), By Crop type (Vegetables, Fruits): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020-2030*. Allied Market Research. <https://www.alliedmarketresearch.com/smart-harvest-market-A09960>

Asscheman, E. (19.5.2023). *Yanmar starts in France with autonomous spraying robot YV01*. Future Farming. <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/field-robots/yanmar-starts-in-france-with-autonomous-vineyard-spraying-robot-yv01/>

Berkley, B. (12.4.2023). *Why pull weeds when you can zap them with AI-powered lasers?* The Hustle. <https://thehustle.co/04132023-ai-powered-lasers/>

Brown, A. (18.5.2023). *Fruit-picking robot Eve ready to harvest apples commercially, as shortage of workers persists*. ABC News. <https://www.abc.net.au/news/2023-05-19/fruit-picking-robot-eve-commercial-apple-harvest-worker-shortage/102355690>

Carbon Robotics (n.d.-a). *Autonomous LaserWeeder Demo Unit*. Haettu 20.7.2023 osoitteesta <https://carbonrobotics.com/autonomous-weeder>

Carbon Robotics (n.d.-b). *LaserWeeder Implement*. Haettu 20.7.2023 osoitteesta <https://carbonrobotics.com/laserweeder>

Claver, H. (22.12.2021). *Robot combats powdery mildew in strawberries using UV-C treatment*. Future Farming. <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/field-robots/robot-combats-powdery-mildew-in-strawberries-using-uv-c-treatment/>

Climate Home News (20.6.2016). *Can robots cut farming's carbon footprint?* <https://www.climatechangenews.com/2016/06/20/can-robots-cut-farmings-carbon-footprint/>

Companyweb (n.d.). *Octiva Belgium*. Haettu 7.7.2023 osoitteesta <https://www.companyweb.be/en/0811437464/octiva-belgium>

Crowe, S. (6.7.2021). *Abundant Robotics shuts down fruit harvesting business*. The Robot Report. <https://www.therobotreport.com/abundant-robotics-shuts-down-fruit-harvesting-business/>

Delbridge, T. (2021). *Robotic strawberry harvest is promising but will need improved technology and higher wages to be economically viable.*

<https://doi.org/10.3733/ca.2021a0009>

Dogtooth Technologies (n.d.). *Dogtooth Technologies.* <https://dogtooth.tech/>

Edwards, D. (23.2.2022). *Verdant Robotics launches multi-action agricultural robot for 'superhuman farming'.* Robotics & Automation News.

<https://roboticsandautomationnews.com/2022/02/23/verdant-robotics-launches-multi-action-agricultural-robot-for-superhuman-farming/49471/>

Four Growers (n.d.). *Robotics & Technology.* Haettu 13.7.2023 osoitteesta

<https://fourgrowers.com/products/robotic-harvesting-technology/>

Freethink (27.10.2022). *Sniper robot treats 500k plants per hour with 95% less chemicals | Challengers* [video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=sV0cR\\_Nhac0](https://www.youtube.com/watch?v=sV0cR_Nhac0)

Freethink (17.2.2023-a). *The farming robots that will feed the world | Hard Reset* [video].

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=hBkhUClyJvs>

Freethink (29.6.2023-b). *Laser "death ray" kills weeds 80x faster than humans | Hard Reset* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=72ol-5SOGqY>

Future Farming (1.6.2021). *Ripe Robotics starts trials with fruit harvesting robot Eve* [video].

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fDO0qMNQKc>

Gil, G., Casagrande, D. E., Cortés, L. P., Verschae, R. (2023). *Why the low adoption of robotics in the farms? Challenges for the establishment of commercial agricultural robots.*

<https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100069>

Good Fruit Grower (28.3.2019). *Robotic harvester debuts in New Zealand orchard* [video].

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XwpUxEY8D10>

Harvest CROO (2.8.2021). *Harvest CROO Summer 2021 Overview Video* [video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=AO1mZrB5XK8>

Harvest CROO Robotics (n.d.). *Technology.* Haettu 29.6.2023 osoitteesta

<https://www.harvestcroorobotics.com/technology>

Heater, B. (2.2.2022). *Abundant's new owner looks to revive the apple-picking robot through equity crowdfunding.* Tech Crunch. <https://techcrunch.com/2022/02/02/abundants-new-owner-looks-to-revive-the-apple-picking-robot-through-equity-crowdfunding/>

Hill, P. (20.7.2020). *Ultra violet lamp robots tackle grape powdery mildew*. Future Farming. <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/ultra-violet-lamp-robots-tackle-grape-powdery-mildew/>

Hortidaily (27.2.2023-a). *Dutch grower signed multi-year agreement to deploy robotic workers*. <https://www.hortidaily.com/article/9507053/dutch-grower-signed-multi-year-agreement-to-deploy-robotic-workers/>

Hortidaily (12.6.2023-b). *Newly updated harvesting robot runs 8 times faster than previous version*. <https://www.hortidaily.com/article/9537134/newly-updated-harvesting-robot-runs-8-times-faster-than-previous-version/>

HortNews (6.6.2022). *Tomato robot wins Robot Challenge*. <https://hortnews.com/tomato-robot-wins-robot-challenge/>

HortNews (2023). *The Commercial Greenhouse Grower, April 2023*.

Jay, H. (3.5.2023). *Autonomous apple picking tests with Eve, April 2023* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=QFFzomKPa4A>

inaho (n.d.). *inaho Inc*. <https://en.inaho.co/>

Johnson, K. (16.2.2022). *The Elusive Hunt for a Robot That Can Pick a Ripe Strawberry*. Wired. <https://www.wired.com/story/elusive-hunt-robot-pick-ripe-strawberry/>

Kelp4Less (11.4.2023). *Laser Weeder – New Frontier in Crop Protection*. <https://www.kelp4less.com/laser-weeder-new-frontier-in-crop-protection/>

Käyhkö, L. (2023). *Robotiikka mansikan sadonkorjuussa: sadon logistiikka tarttujasta kylmiöön* [opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202302252823>

Liszewski, A. (28.1.2022). *The Apple Drone Is Finally Here*. Gizmodo. <https://gizmodo.com/the-apple-drone-is-finally-here-1848441547>

Luonnonvarakeskus (n.d.). *Puutarhatilastot 2022*. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/puutarhatilastot/puutarhatilastot-2022>

Marston, J. (26.5.2023). *Meet the founder: Four Growers on what it takes to build ag robots that harvest faster than humans*. AgFunderNews. <https://agfundernews.com/four-growers-on-what-it-takes-to-build-an-ag-robot-that-harvests-faster-than-humans>

McClanahan, G. (3.8.2023). *AppHarvest files for Chapter 11 Bankruptcy protection*. Sinclair. <https://wchstv.com/news/local/appharvest-files-for-chapter-11-bankruptcy-protection>

McGregor, N. (5.5.2023) *Hunter Jay, Ripe Robotics: "We are making good advances on speed, we have increased the speed by 30% in the last two months"*. Hortidaily.

<https://www.hortidaily.com/article/9526086/we-are-making-good-advances-on-speed-we-have-increased-the-speed-by-30-in-the-last-two-months/>

MetoMotion (n.d.). *GRoW Product Specifications*. Haettu 7.7.2023 osoitteesta

<https://metomotion.com/wp-content/uploads/2023/03/GRoW-Datasheet.pdf>

Octinion (24.9.2021). *PRESS RELEASE: Priva and Octinion combine robotic activities in Kompano*. <http://octinion.com/news/press-release-priva-and-octinion-combine-robotic-activities-kompano>

Octiva (n.d.). *Lumion for Strawberries*. Haettu 14.7.2023 osoitteesta

<https://octiva.tech/products/lumion-strawberries/>

Pats Indoor Drone Systems (n.d.). *PATS-X*. Haettu 10.7.2023 osoitteesta <https://www.pats-drones.com/pats-x>

Pedersen S. M., Fountas S. and Blackmore S. (2008). *Agricultural Robots — Applications and Economic Perspectives*. <https://www.intechopen.com/chapters/5324>

Päivinen, S. (25.6.2023). *Poimintarobotit mönkimässä mansikkapeltojen kesätyöläisiksi – puutarha-alan konkari arvioi muutoksen nopeuden yllättävän*. Yle. <https://yle.fi/a/74-20037504>

Redstar (n.d.). *Redstar: Produce*. Haettu 10.7.2023 osoitteesta <https://redstar.nl/produce/>

Ripe Robotics (n.d.). *Ripe Robotics*. Haettu 12.7.2023 osoitteesta

<https://www.riperobotics.com/>

Root AI (13.8.2020). *Root AI - Going Cross-crop* [video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=Lh7NO7h7hAM>

Rose, D. C. & Bhattacharya, M. (2023). *Adoption of autonomous robots in the soft fruit sector: Grower perspectives in the UK*. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100118>

Saga Robotics (n.d.-a). *Effective Powdery Mildew Control Without Fungicides Using Thorvald Light Treatment*. Haettu 6.7.2023 osoitteesta <https://sagarobotics.com/wp-content/uploads/Strawberry-Polytunnel-Light-Treatment-2021-8-pages.pdf>

Saga Robotics (n.d.-b). *Strawberries - Thorvald*. Haettu 6.7.2023 osoitteesta

<https://sagarobotics.com/crops/strawberries/>

Shoup, M. E. (8.4.2021). *AppHarvest acquires Root AI and its 'game-changing' robotic harvester*. FoodNavigator USA. <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2021/04/08/AppHarvest-acquires-Root-AI-and-its-game-changing-robotic-harvester>

Smith, L. (21.2.2023). *Strawberry-picking robots ease worker shortage during harvest at Tasmanian fruit farm*. ABC News. <https://www.abc.net.au/news/2023-02-21/fruit-picking-robots-labour-shortage-strawberry-harvest-tasmania/101971490>

Tevel Aerobotics Technologies (29.5.2023). *Unifrutti & Tevel Partner To Bring Autonomous Harvesting to Chile* [video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=nYI\\_1TMVwjw](https://www.youtube.com/watch?v=nYI_1TMVwjw)

Tevel Aerobotics Technologies (n.d.). *Tevel*. Haettu 20.7.2023 osoitteesta <https://www.tevel-tech.com/>

Tharwani, K. (12.2.2022). *The Apple Drone is Finally Here*. OpenGrowth. <https://www.opengrowth.com/resources/the-apple-drone-is-finally-here>

The Conversation (23.6.2021). *Robot farmers could improve jobs and help fight climate change – if they're developed responsibly*. <https://theconversation.com/robot-farmers-could-improve-jobs-and-help-fight-climate-change-if-theyre-developed-responsibly-162718>

The Packer (27.9.2021). *Ridder adds robotics to its portfolio with partnership with MetoMotion GRoW harvesting robot*. <https://www.thepacker.com/news/packer-tech/ridder-adds-robotics-its-portfolio-partnership-metomotion-grow-harvesting-robot>

Treloar, A. (3.5.2021). *Fruit-picking robot technology will be efficient and affordable for farmers within years*. ABC News. <https://www.abc.net.au/news/2021-05-03/robots-almost-ready-to-help-pick-fruit/100107796>

Van Beek, B. (24.3.2022). *HOW F&A NEXT LED TO THE ACQUISITION OF ROOT BY APPHARVEST*. F&A Next. <https://www.fanext.com/how-fa-next-led-to-the-acquisition-of-root-by-appharvest/>

Verdant Robotics (n.d.). *Technology – Verdant Robotics*. Haettu 12.7.2023 osoitteesta <https://www.verdantrobotics.com/technology>

Wrobel, S. (2.2.2023). *Israeli startup develops first AI robot for picking tomatoes*. The Times of Israel. <https://www.timesofisrael.com/israeli-startup-develops-first-ai-robot-for-picking-tomatoes/>



Yanmar (21.4.2023). *Yanmar Delivers YV01 Smart Spraying Robot to France.*

<https://www.yanmar.com/eu/agri/yanmar-delivers-yv01-smart-spraying-robot-to-france/>

Zhou, H., Wang, X., Au, W., Kang, H. & Chen, C. (2022). *Intelligent robots for fruit harvesting: recent developments and future challenges.* <https://doi.org/10.1007/s11119-022-09913-3>

## 12 Liite 1: Puutarha-alan kaupallisia robotteja kehittävät yritykset

Yritys	Perustettu	Sijainti	Robotti	Käyttökohde	Verkkosivut
Abundant Robotics	2016	Yhdysvallat	Abundant Robotics	Omenan poiminta	-
Agrobot	2009	Espanja	Agrobot E-Series	Mansikan poiminta	<a href="https://www.agrobot.com/">https://www.agrobot.com/</a>
AppHarvest	2017	Yhdysvallat	Virgo	Tomaatin poiminta	<a href="https://www.appharvest.com/">https://www.appharvest.com/</a>
Carbon Robotics	2018	Yhdysvallat	LaserWeeder	Rikkakasvien torjunta	<a href="https://carbonrobotics.com/">https://carbonrobotics.com/</a>
Dogtooth Technologies	2014	Iso-Britannia	Dogtooth	Mansikan poiminta	<a href="https://dogtooth.tech/">https://dogtooth.tech/</a>
Four Growers	2017	Yhdysvallat	GR-100	Tomaatin poiminta	<a href="https://fourgrowers.com/">https://fourgrowers.com/</a>
Harvest CROO Robotics	2013	Yhdysvallat	Harvest CROO	Mansikan poiminta	<a href="https://www.harvestcroorobotics.com/">https://www.harvestcroorobotics.com/</a>
Inaho	2017	Japani	Inaho	Tomaatin poiminta	<a href="https://inaho.co/">https://inaho.co/</a>
MetoMotion	2017	Israel	GRoW	Tomaatin poiminta	<a href="https://metomotion.com/">https://metomotion.com/</a>
Octiva	2021	Belgia	Rubion ja Lumion	Rubion mansikan poimintaan ja Lumion	<a href="https://octiva.tech/">https://octiva.tech/</a>

Yritys	Perustettu	Sijainti	Robotti	Käyttökohde	Verkkosivut
				härnätorjunta	
Pats Indoor Drone Systems	2018	Hollanti	Pats-X	Lentävien hyönteisten torjunta	<a href="https://www.pats-drones.com/">https://www.pats-drones.com/</a>
Ripe Robotics	2019	Australia	Eve	Omenan poiminta	<a href="https://www.riperobotics.com/">https://www.riperobotics.com/</a>
Saga Robotics	2016	Norja	Thorvald	Härmän torjunta	<a href="https://sagarobotics.com/">https://sagarobotics.com/</a>
Verdant Robotics	2018	Yhdysvallat	Verdant	Ruiskutus- ja lannoitus	<a href="https://www.verdantrobotics.com/">https://www.verdantrobotics.com/</a>
Yanmar	1912	Japani	YV01	Ruiskutus	<a href="https://yanmar.com/">https://yanmar.com/</a>