



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Leo Seppälä

Kylvölannoituksen logistiikan tehostaminen

Opinnäytetyö
Kevät 2024
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Tekijä: Leo Seppälä

Työn nimi: Kylvölannoituksen logistiikan tehostaminen

Ohjaaja: Jori Lahti

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 30

Tämän opinnäytetyön taustalla oli kahden maatalousyrityksen tarve tehostaa kylvölannoituksen logistiikkaa. Logistiikan tehostamisen tarve kohdistuu kylvölannoittimen täyttämiseen ja kylvettävien panosten kuljettamiseen kylvösijaintiin. Tarkoituksena työssä oli tarkastella nykyistä toimintatapaa ja verrata sitä vaihtoehtoisiin menetelmiin toimia. Tavoitteena oli kartoittaa toimivampia ratkaisuita kylvölannoituksen logistiikkaan.

Nykyistä ja vaihtoehtoista toimintatapaa vertailtiin työmenekin näkökulmasta. Lisäksi tarkastelussa oli näiden työturvallisuus. Työmenekkien laskennassa hyödynnettiin TTS-Manager-ohjelmaa, jolla saa selvitettyä maataloustöiden eri työmenekkejä. Teoriapohjana työssä käytettiin eri täyttömenetelmiin, kylvölannoituksen logistiikkaan ja työturvallisuuteen liittyvää aineistoa.

Työn tulokseksi saatiin arviot vertailtavien täyttömenetelmien työmenekkeistä ja päästiin selville näiden keskeisistä vahvuuksista ja heikkouksista. Lisäksi saatiin arvio siitä, kuinka kauas kannattaa kylvää varastolta täyttäen ja tehtiin suunnitelma panosten kuljetuksista.

¹ Asiasanat: kylvö, logistiikka, tehostaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Natural Resources, Agriculture and Rural Enterprises

Author: Leo Seppälä

Title of thesis: Intensification of logistics in seeding

Supervisor: Jori Lahti

Year: 2024

Number of pages: 30

The background of this thesis was the need of two agricultural companies to make seeding more efficient in terms of logistics. The need to improve logistics was aimed at seeder filling and components transportation to the seeding location. The purpose of the thesis was to examine the current method of operation and compare it with alternative methods. The goal was to survey more functional solutions for the logistics of seeding.

As a result of the thesis study, estimates of the working methods of the comparable filling methods were obtained and the key strengths and weaknesses of them were identified. In addition, an estimate was obtained for how far to sow from the storage filling and a plan was made for the logistics of the seeding components.

¹ Keywords: seeding, logistics, intensification

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tausta	6
1.2 Työn tavoite.....	6
1.3 Maatalousyritykset.....	7
2 TEORIA.....	8
2.1 Kylvölannoittimen täyttövaihtoehdot.....	8
2.1.1 Panosten käsittely säkeissä	8
2.1.2 Panosten käsittely irtotavarana	9
2.2 Kylvölannoituksen logistiikka	10
2.3 Kylvölannoituksen logistiikan työturvallisuus	11
3 TÄYTTÖMENETELMIEN VERTAILU	13
3.1 Nykyinen menetelmä	16
3.2 Täyttövaunu.....	18
3.3 Menetelmän vertailu	19
4 LOGISTIIKAN SUUNNITTELU	21
4.1 Peltolohkot ja niiden etäisyydet	21
4.2 Logistiikan suunnittelu	22
4.2.1 Täyttäminen varastopaikalla	22
4.2.2 Täyttäminen pellolla	24
5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	27
LÄHTEET	30

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kylvölannoitin kylvöasennossa.	13
Kuva 2. Kylvölannoitin kuljetusasennossa.	14
Kuva 3. Nykyinen panosten kuljetusyhdistelmä.	16
Kuva 4. Pellot kartalla.	21
Kuvio 1. Säkeissä käsittelyn logistiikkaketju.	9
Kuvio 2. Irtotavarana käsittelyn logistiikkaketju.	9
Kuvio 3. Panosmäärien tilavuussuhde.	15
Kuvio 4. Varastopaikalta kylväminen.	23
Kuvio 5. Varastopaikalta kylväminen koneentäyttöajat huomioiden.	24
Kuvio 6. Suursäkeistä täyttö.	27
Kuvio 7. Täyttövaunulla täyttö.	28
Taulukko 1. Nykyisen menetelmän työmenekki.	18
Taulukko 2. Työmenekki täyttövaunulle.	19
Taulukko 3. Täyttöajat.	20
Taulukko 4. Lannoitteiden kuljetus ennakkoon.	26

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyössä on taustalla kahden maatalousyrityksen tarve tehostaa kylvölannoitusketjun logistiikkaa. Tämä kattaa siementen ja lannoitteiden kuljetukset kylvösijaintiin sekä kylvölannoittimen täytön. Koska vuosittainen kylvölannoitettava määrä on kohtuullisen suuri ja peltojen hajanaisuus lisää logistisia haasteita, on tärkeää, että kylvölannoitusketju on suunniteltu ja toteutettu tehokkaasti, jotta kylvöt voidaan suorittaa sujuvasti.

Maatalousyritysten panostaminen logistiikan tehostamiseen kylvölannoitusketjussa perustuu useisiin tekijöihin. Tehokas logistiikka vähentää työvoiman tarvetta ja parantaa työajan hyötykäyttöä, mikä johtaa kustannussäästöihin ja parempaan tuottavuuteen. Logistiikkaan käytetävän työajan vähentäminen mahdollistaa jossain määrin myös sen, että kylvöajankohta voidaan määrittää paremmin olosuhteiden mukaan, kun on enemmän aikaa. Paremmalla kylvöajankohdalla voi olla vaikutuksia sadon kehitykseen, mikä lisääisi tuottoja. Tehokkaalla logistiikalla voidaan myös vähentää konekustannuksia ja polttoainekuluja, jos ajomääriä saadaan vähennettyä.

1.2 Työn tavoite

Työssä pohditaan panosten kuljetusten optimaalisuutta ja verrataan kylvölannoittimen täytön eri vaihtoehtoja. Maatalousyrityksissä on tavoitteena saada kylvölannoitus tehokkaammaksi ja sen tehoa rajoittavat koneiden siirtoajat, panosten kuljetukset ja koneen täytöt, joten työssä paneudutaan näiden tekijöiden optimoimiseen.

Tavoitteeseen päästään valitsemalla maatalousyritysten tarpeiden mukainen kalusto kylvötöiden logistiikkaan. Valinnassa tulee huomioida myös eri menetelmien työturvallisuus, jolla saadaan varmistettua tehokkuutta, eli mahdolliset työtapaturmien aiheuttamat keskeytykset jäisivät mahdollisimman vähäisiksi. Panosten kuljetusten optimoinnissa huomioidaan peltojen etäisyydet, olosuhteet ja viljelykierto.

1.3 Maatalousyritykset

Työssä tarkastelussa olevat maatalousyritykset sijaitsevat Asikkalassa Päijät-Hämeessä. Toisella tilalla on pelkästään kasvinviljelyä ja toisella on lisäksi lypsykarjaa. Viljelyssä on tällä hetkellä vain kevätkylvöisiä kasveja, joten kylvöt ovat suuri työhuippu keväisin. Viljelyssä on ollut viime vuosina vehnää, ohraa, rapsia ja nurmia. Tiloilla on yhteensä viljelykäytössä noin 500 hehtaaria maata. Pellot ovat kohtuullisen pieniä keskipeltolohkokoon ollessa noin 2,9 hehtaaria ja niiden sijainti on hajanainen. Täten kylvöketjun logistiikan tehokkuus korostuu, kun siirtymiä tulee paljon. Kevätyöt tehdään maatalousyrityksissä samalla konekalustolla ja samalla työvoimalla, joten siksi työssä on päädytty tarkastelemaan näitä yhtenä kokonaisuutena.

2 TEORIA

2.1 Kylvölannoittimen täyttövaihtoehdot

Kylvölannoittimien täyttöön liittyy käytännössä kaksi pääasiallista ratkaisua, joilla kullakin on omat variaationsa. Nämä ratkaisut ovat panosten käsittely säkeissä ja niistä koneen täyttö ja panosten täyttäminen irrallisena suoraan koneeseen.

Molemmilla menetelmillä on omat etunsa ja haittansa, ja optimaalisen menetelmän valinta riippuu monista tekijöistä, kuten maatalousyrityksen käytössä olevasta konekalustosta ja tarpeista. Panosten käsittely säkeissä ja niistä koneen täyttö tarjoaa järjestelmällisen tavan käsitellä siemeniä tai lannoitteita etenkin, kun ostosiemenet ja -lannoitteet toimitetaan yleensä säkeissä. Irtotavarana täyttö suoraan koneeseen mahdollistaa helpommin tarkemmat täyttömäärät ja täyttöprosessi on muutenkin erilainen.

2.1.1 Panosten käsittely säkeissä

Maatalousyrityksen ostamat siemenet ja lannoitteet toimitetaan tilalle tyypillisesti säkitettynä. Viljan siemensäkit voivat olla esimerkiksi kooltaan 500, 600 tai 800 kilogramman painoisia (Hankkija, i.a.). Lannoitesäkit ovat vastaavasti 650 tai 700 kg painoisia esimerkiksi Yaran valikoimassa (Yara, i.a.). Jos tilalla käytetään omaa siementä, siemenet tulee säkittää, joten siinä tulee yksi työvaihe lisää.

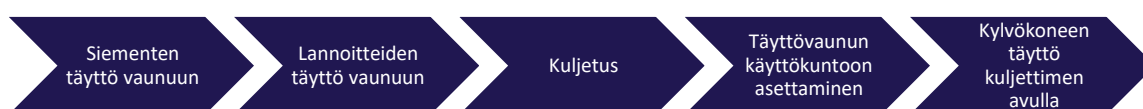
Säkkien käsittelyyn on monta vaihtoehtoa. Tyypillisimmin kuormaus tehdään säkkinostimella varustetulla kuormaajalla, kuten etukuormaajalla varustetulla traktorilla, kurottajalla tai kauha-kuormaajalla. Säkkejä täytyy usein myös kuljettaa varastointipaikalta etäpelloille, joten tähän tarkoitukseen edellä mainituista käytännöllisin ratkaisu on traktori vetomahdollisuuksiensa takia. Kuljetukseen soveltuvat esimerkiksi monenlaiset yleisperävaunut ja lavetit. Vaihtoehtona käsittelylle ovat myös erilaiset kappaletavaranostimet. Tällöin täytyy esimerkiksi perävaunun tai kuorma-auton olla varustettuna sellaisella. Markkinoilla on myös saatavilla nostureita, jotka asennetaan kylvöyhdistelmään joko traktoriin tai kylvökoneen aisaan. Nosturin etuna kuormaajaan verrattuna on kauko-ohjausmahdollisuus. Kuviosta 1 nähdään tyypillinen logistiikkaketju, kun panoksia käsitellään säkitettynä.



Kuvio 1. Säkeissä käsittelyn logistiikkaketju.

2.1.2 Panosten käsittely irtotavarana

Kylvölannoittimen täyttöön soveltuu hyvin täyttövaunu, kun käytetään irtosiementä ja -lannoitetta (Tiainen, 2005, s. 24). Irtotavaraa käytettäessä on myös vaihtoehtona täyttää kylvölannoitin suoraan siilosta. Kuvio 2 nähdään irtotavarana käsittelyn tyypillinen logistiikkaketju, kun käytössä on täyttövaunu. Logistiikkaketju on hieman yksinkertaisempi irtotavarana käsiteltäessä, mutta täyttövaunun käyttökuntoon ja tieajoasentoon asettaminen voi olla työläs vaihe.



Kuvio 2. Irtotavarana käsittelyn logistiikkaketju.

Ensimmäiset täyttövaunut olivat tyypillisesti tavallisen yleisperävaunun näköisiä, mutta niissä sai nostettua lavan kippauskorkeutta, jolloin kylvölannoitin saatiin täytettyä perälaudassa olevien luukkujen kautta (Tiainen, 2005, s. 24–25). Täyttövaunuissa pitää olla myös väliseinä, jos samassa vaunussa kuljetetaan eri komponentteja. Kippauskorkeutta nostavien vaunujen yleisyys on kuitenkin vähentynyt kylvökoneiden koon ja täyttökorkeuden kasvamisen sekä vaihtoehtoisten täyttöratkaisuiden takia.

Täyttövaunun kippauskorkeutta ei tarvitse nostaa, kun irtotavara siirretään toisella tavalla kylvölannoittimen täyttökorkeuteen. Tähän tyypillisesti käytetään ruuvikuljettimia. Ruuvikuljettimia on saatavilla joihinkin kylvölannoitinmalleihin integroidusti, jolloin täyttövaunun perälaudan luukusta saadaan valutettua komponentit täyttöruuvien suppiloon. Vaihtoehtona on myös kiinnittää ruuvikuljetin kiinteästi täyttövaunuun. Kuljettimien käyttövoimana on tyypillisesti hydraulikka.

Suoria kaupallisia ratkaisuja on hyvin maltillisesti tarjolla Suomessa panosten irtotavarana käsittelemiseen kylvölannoittimen täyttöä varten. Kylvölannoittimeen integroitua täyttöratkaisuja on saatavilla lisävarusteena tiettyihin ulkomaalaisvalmisteisiin kylvölannoitinmalleihin. Perävaunun varustamiseen ruuvikuljettimella on tarjolla ratkaisuja esimerkiksi Jussi-Tuote Oy:llä (Jussi-Tuote, i.a.). Tarjolla on esimerkiksi 200 mm ruuvikuljetin, jonka täyttötehon arvio on noin 700 kg/min. Lisäksi saatavilla on myös väliseiniä vaunuihin.

Pelkästään täyttövaunutarkoitukseen tehtyä ratkaisua on saatavilla esimerkiksi Horschilta, joka valmistaa muun muassa kylvökoneita, muokkauskoneita ja kasvinsuojeluruiskuja. Horsch Shuttle on säiliö, joka on tarkoitettu kuorma-auton alustalle (Horsch, i.a.). Sen säiliö-koko on 10 m³ ja ruuvikuljettimen sijaan siinä on käytetty komponenttien siirtoon hihnaku-
ljettinta. Hihnaku-
ljettimen tehoksi on arvioitu noin 2000 kg/min, mikä on huomattavasti suurempi, kun verrataan Jussi-Tuotteen ruuvikuljettimen tehoon. Täyttövaunutarkoitukseen tehdyt laitteet voidaan myös jakaa sellaisiin, jotka pitää kipata tyhjennystä varten ja sellaisiin, joita ei tarvitse. Tasokuljetin hoitaa komponenttien kulkeutumisen täyttökuljettimelle, jos painovoimaa ei hyödynnetä.

2.2 Kylvölannoituksen logistiikka

Kevättyöt tulee olla hyvin organisoitu, jotta toiminta on tehokasta ja kylvökapasiteetti saadaan hyödynnettyä täysin (Laine, 1996, s. 59–62). Kevättöihin liittyy myös sääriski, joten tästä syystä kylvöketjun tulisi olla kunnossa, ja näin voidaan välttää riskin tuomaa ajallisuuskustannusta.

Tässä työssä pyritään tehostamaan kylvölannoituksen panosten, kuten siementen ja lannoitteiden, logistiikkaa. Kylvötyötä saadaan tehostettua, kun logistiikka saadaan optimoitua ja täyttöihin kuluva aikaa saadaan vähennettyä. Logistiikalla tarkoitetaan materiaalien hyödykkeiden toimittamiseen liittyviä koordinoitavia toimintoja (Karrus, 1998, s. 12–13).

Maataloudessa logistiikkaan kuuluu tuotannon ohjaus, sisäiset ja ulkoiset kuljetukset, varastointi, markkinoinnin logistiikka sekä näiden informaatiovirrat (Tiainen, 2005, s. 21–22). Materiaalien kuljetukset ovat logistiikan ydinalue. Ne voidaan jakaa maatalousyrityksen ulkoisiin ja sisäisiin kuljetuksiin. Ulkoiset kuljetukset ovat yrityksen sisään ja ulos tapahtuvia kuljetuksia ja sisäiset ovat yrityksen sisällä tapahtuvia kuljetuksia tuotantoon liittyen. Tässä työssä perehdytään enimmäkseen yrityksen sisäisiin kuljetuksiin, mutta ulkoisilla kuljetuksilla on myös vaikutusta sisäisiin kuljetuksiin, joten niitäkin on syytä pohtia, jotta sisäiset kuljetukset saadaan optimoitua. Näin voidaan toimia esimerkiksi apulannan kohdalla, kun ne toimitetaan suoraan parhaaseen mahdolliseen paikkaan.

Maatalousyrityksen sisäiset kuljetukset aiheuttavat kustannuksia, joita ovat esimerkiksi ajallinen kustannus sekä polttoaine- ja konekustannukset (Tiainen, 2005, s. 22–23). Nämä eivät useimmiten tuota lopputuotteelle lisäarvoa, joten ne olisi syytä minimoida. Näitä kustannuksia kertyy herkästi, kun peltolohkot ovat pieniä ja etäisyydet niille ovat suuria.

Esimerkiksi teho–aika–suhteella voidaan kuvata työn tehokkuutta (Tiainen, 2005, s. 23). Tehoaikasuhteella kuvataan ei-tehollisen työn suhdetta teholliseen työhön. Ei-tehollisiin töihin kuuluvat muun muassa kuljetukset, valmistelutyöt ja päistekäännökset. Kohtuullisena tavoitteena tehoaikasuhteelle on se, että se olisi alle 0,3. Näin ollen kylvöketjussa tulisi siis pyrkiä mahdollisimman pieniin tieajomääriin ja nopeaan kylvölannoittimen täyttöön.

2.3 Kylvölannoituksen logistiikan työturvallisuus

Kylvölannoituksen logistiikassa työturvallisuus muodostaa keskeisen näkökulman. Kylvöaikana maatalousyrittäjät työskentelevät usein pitkiä päiviä hyödyntääkseen parhaita mahdollisia kylvöolosuhteita (Rautiainen, 1992, s. 40–41). Tämä tarkoittaa sitä, että siemeniä ja lannoitteita käsitellään kylvöpäivinä suuria määriä. Pitkien työpäivien ja riittämättömän levon seurauksena reaktioaika voi pidentyä ja työtapaturma-alttius kasvaa. Jatkuva altistuminen fyysiselle rasitukselle ja väsymykselle voi heikentää suorituskykyä ja lisätä loukkaantumisriskiä. Siksi on tärkeää, että kylvölannoituksen logistiikassa huomioitaisiin myös työskentelyn ergonomiaa, jotta voidaan välttää ylimääräistä rasitusta ja loukkaantumisia kylvötoimien aikana.

Suursäkkejä käsiteltäessä on tärkeää, että nostotyökalut ovat sellaisia, että ne eivät vaurioita säkin nostolenkkiä (Rautiainen, 1992, s.41–42). Suursäkin putoamisaluetta tulisi karttaa

mahdollisimman hyvin, jos säkki putoaa yllättävien tekijöiden takia. Tästä syystä pitkävärtinen leikkuri olisi hyvä säkin aukaisuun esimerkiksi puukon sijasta. Siemensäkkien kohdalla samanlaista varovaisuutta ei pystytä toteuttamaan, jos ne halutaan avata ehjänä niiden uudelleenkäyttömahdollisuuden takia. Kipattavan täyttövaunun osalta tulee olla tarkkana, että maasto kippauskohdassa on riittävän kantavaa ja tasaista, jotta vältetään sen kaatumisen vaara.

Töiden suunnittelulla ja valmistelulla saadaan vähennettyä kevättöiden rasittavuutta, joten panosten logistiikan suunnittelulla saadaan lisättyä työturvallisuutta. Täyttömenetelmän valinnassa tarkastellaan myös menetelmien eroja työturvallisuuden näkökulmasta. Työturvallisuus on myös osa tehokkuutta, sillä sen avulla saadaan varmistettua tehokkuus.

3 TÄYTTÖMENETELMIEN VERTAILU

Täyttömenetelmän valinnassa täytyy huomioida se, millaista kylvökonetta sillä täytetään. Eri-
laiset kylvökoneet aiheuttavat omat rajoitteensa täyttömenetelmille, joten se tulee huomioida
valintaa tehdessä. Täyttömenetelmään keskeisesti vaikuttavia tekijöitä ovat koneen täyttökor-
keus, säiliötilavuus ja säiliön sijainti. Maatalousyrityksissä koneena toimii Horsch Pronto 6DC
-kylvölannoitin (Kuva 1). Sen täyttökorkeus on 2,9 metriä ja säiliötilavuus 5000 litraa. Siemen-
säiliön osuus on 2000 l ja lannoitesäiliön 3000 l (40:60). Täyttömahdollisuuksiin vaikuttaa
myös koneen asento. Kuvassa 1 nähdään kone kylvöasennossa ja Kuvassa 2 kuljetusasen-
nossa. Kuljetusasennossa koneen siivekkeet eivät ole tiellä, joten sitä pääsee täyttämään lä-
hempää. Tämä tarkoittaa sitä, että koneen varsinaista täyttämiseen tarkoitettuja portaita tai
astintasoa ei voida hyödyntää täytön yhteydessä.



Kuva 1. Kylvölannoitin kylvöasennossa.



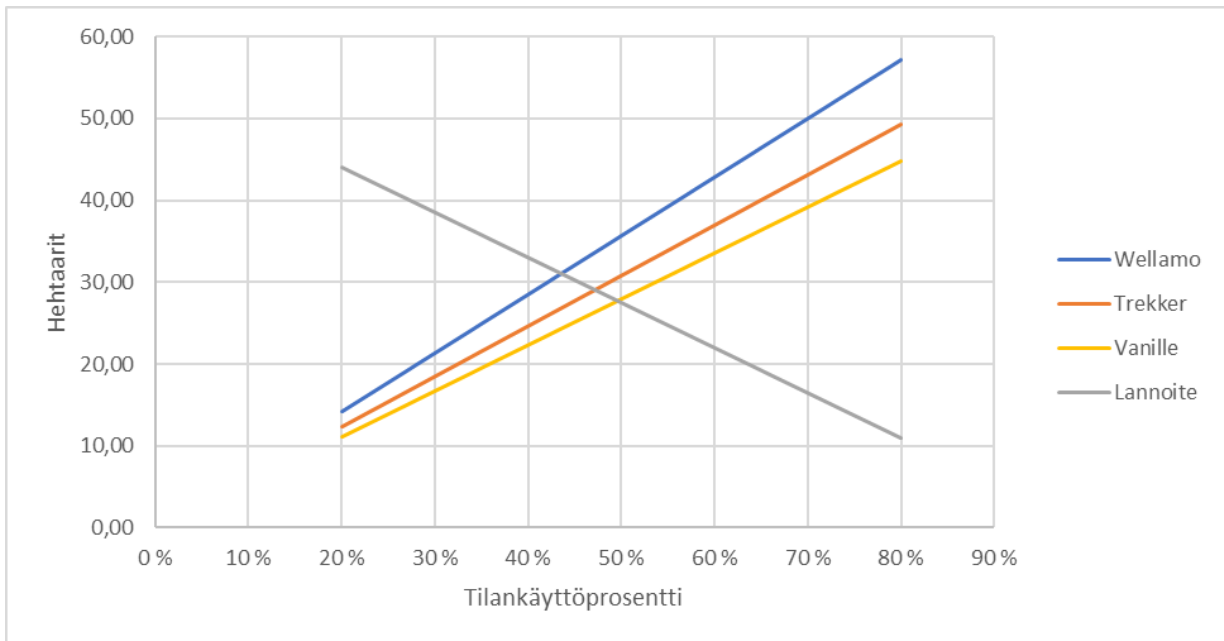
Kuva 2. Kylvölannoitin kuljetusasennossa.

Kuljetusasennossa täyttäminen lisää työn kuormittavuutta, kun koneen päälle täytyy kiivetä vasemmanpuoleista ylös taitettua siipeä pitkin. Lisäksi tämä luo huomattavan työturvallisuusriskin, kun koneen päältä putoamisen riski kasvaa, sillä silloin ei ole hyödynnettävissä minikäänlaisia varsinaisia portaita tai kaiteita.

Menetelmien vertailussa tarkastellaan kunkin vaihtoehdon heikkouksia ja vahvuuksia. Niiden työmenekki arvioidaan ja arvioimisessa hyödynnetään TTS-Managerin antamia arvoja näille. TTS-Manager on Työtehoseuran suunnitteluohjelma maataloustöiden suunnitteluun, jolla saa laskettua muun muassa työaikoja (Työtehoseura, i.a.-a).

Optimaalisen menetelmän valinnassa ja varsinkin sen mitoituksessa kannattaa huomioida, millainen on tyypillisesti kylvettävien panosten suhde keskenään maatalousyrityksessä. Tällöin saadaan mitoitettua oikea tilan tarve kullekin panokselle kuljetukseen. Kuviossa 3 on havainnollistettu panosten optimaalista tilavuussuhdetta. Kuvion tekemiseksi on asetettu käytävissä oleva tilavuus, ja sen luvun suuruudella ei ole merkitystä optimaalisen tilavuussuhteen määrittämisessä. Suorien tekemiseksi on laskettu, kuinka monta hehtaaria saadaan kylvettyä, kun asetetusta tilavuudesta hyödynnetään tietty osuus. Osuuden laskennassa on käytetty kunkin panoksen tyypillistä käyttömäärää ja ominaispainoa. Laskenta suoritettiin 20–80 prosentin vaihteluvälillä. Kuvion x-akselilla näkyvällä prosenttiosuudella tarkoitetaan siemenen osuutta tilavuudesta. Esimerkiksi kohdassa 20 % on siemenen osuus 20 % ja lannoitteen 80 %. Lannoitteen ja siementen suorien leikkauspisteessä on optimi tilantarpeen suhdeluku.

Tällöin tietyllä tilavuudella saavutettava pinta-ala on yhtä suuri siemenellä ja lannoitteella. Optimaaliset tilavuussuhteet olivat seuraavanlaiset eri viljalajikkeilla: Wellamo 46,1/53,9, Trekker 49,8/50,2, Vanille 52,2/49,8. Keskimääräiseksi tilan tarpeen suhteeksi tuli 49,4/50,6.



Kuvio 3. Panosmäärien tilavuussuhde.

Tämän perusteella voidaan todeta, että maatalousyritysten käytössä olevan kylvölannoittimen säiliön tilavuussuhde ei ole optimaalinen minkään siemenen kanssa nykyisellä panosmäärien suhteella. Tämä tarkoittaa sitä, että siemensäiliö tyhjentyy aina ensimmäisenä, kun kummatkin säiliöt on täytetty täysinäisiksi.

Parhaimman täyttömenetelmän valinta pyritään toteuttamaan siten, että siitä syntyisi mahdollisimman vähän kustannuksia, joten siinä pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon tiloilla olemassa olevaa konekalustoa. Vuosittaiset käyttötunnit ovat kuitenkin suhteellisen pienet täyttölaitteille, joten niihin ei kannata sitoa kovin paljoa pääomaa, jotta sellaisen hankkiminen olisi taloudellisesti kannattavaa. Investointikohteiden vertailussa voidaan käyttää myös sellaisia asioita, joiden taloudellisuutta on hankala arvioida. Näitä ovat esimerkiksi työn mukavuus, ergonomia ja työturvallisuus, joten pelkkää taloudellisuutta ei voida pitää ratkaisevana tekijänä vertailussa. Vertailussa nykyistä menetelmää verrataan vaihtoehtoiseen toimintatapaan siten, että vaihtoehtoisessa menetelmässä käytettäisiin mahdollisimman paljon jo olemassa olevaa konekalustoa.

3.1 Nykyinen menetelmä

Nykyinen menetelmä kylvölannoittimen täytölle on sallinut lähes pelkästään kuljetusasen-
nossa täyttämisen. Täyttö on tapahtunut siemenen osalta joko suoraan alle ajettavasta va-
rastosiilosta täyttäen tai traktorin etukuormaajalla nostetusta suursäkistä. Piensiemeniä, ku-
ten rypsiä/rapsia ja nurmia, on voitu täyttää varsinaiselta astintasolta kylvöasennossa, mutta
niiden määrät ovat olleet hyvin pieniä verrattuna viljojen siemenmääriin. Lannoitteet on täy-
tetty suoraan suursäkistä joko metsäkärryn nosturilla suoraan varastointipaikalla tai traktorin
etukuormaajalla pellon reunalla. Lannoitesäkkikoot ovat vaihdelleet 500–800 kg:n välillä. Pel-
lolle vietävät siemenet on säkitetty suoraan siilosta kärryyn, jolla ne on kuljetettu pellolle. Sie-
mensäkkejä ei ole punnittu täytön yhteydessä, joten se on luonut epävarmuutta siementen
riittävyteen. Kuvassa 3 nähdään nykyinen panosten kuljetusyhdistelmä. Yhdistelmässä on
kytkettynä traktorin perään kaksi Tuhti M85 -perävaunua. Yhden perävaunun kantavuus on
8500 kg ja tilavuus viljalaidoilla 10,4 kuutiometriä. Vaunuista on otettu kevään ajaksi pois toi-
selta puolelta viljalaidat, jotta käyttäminen olisi sujuvampaa tässä käyttötarkoituksessa.



Kuva 3. Nykyinen panosten kuljetusyhdistelmä.

Kylvöaikoina on ollut paljon vaihtelua sen suhteen, paljonko on täytetty suoraan varastointi-
paikalla. Tämä on johtunut suunnitelmallisuuden puutteesta, vaihtelevasta työvoiman mää-
rystä ja kevättöiden muista kiireistä, kuten kylvömuokkauksesta. Tehokas kylvöketju vaatisi
aina sen, että kylväjän lisäksi on henkilö, joka tuo kylvöpanoksia kylvökoneen luo ja avustaa
sen täytössä.

Nykyisen menetelmän työmenekkiä arvioitiin TTS-Managerin avulla. Ohjelman työmenekin laskenta perustuu työtutkimusten tuloksiin ja osin laskennallisesti määritettyihin aikoihin (Työte hoseura, henkilökohtainen tiedonanto, 15.3.2024). Jokaiselle erilaiselle täyttövaihtoehdolle on laskettu standardiajat min/100 kg tai min/1000 kg, jonka perusteella ohjelma ilmoittaa ajan työn aloituksesta sen lopetukseen hehtaaria kohden, kun on ilmoitettu siemen- ja lannoite- määrät hehtaaria kohden sekä kuljetuskaluston ja kylvökoneen tilavuudet. Työmenekin laskentaan on myös lisätty työn työtutkimuksiin perustuen töittäin määritellyt häiriö- ja elpymislisät. Elpymislisät vaihtelevat maataloustöissä 5–14 prosentin välillä. Se määräytyy työn kuormittavuuden perusteella. Häiriölisät vaihtelevat tyypillisesti 4–10 prosentin välillä. Häiriölisä on aika, joka kuluu työmenetelmässä tyypillisesti esiintyvien häiriöiden poistamiseen. Ohjelmalla saa selville myös panosten kuljetuksiin kuluvan ajan hehtaaria kohden.

Ohjelmaan asetettiin nykyistä menetelmää vastaavat lähtötiedot laskentaa varten. Lisäksi ohjelmaan on viety maatalousyrityksien kaikki peltolohkot, jotta se saa huomioitua tilusrakenteen laskentaa varten. Samalla aukealla olevia peltolohkoja yhdisteltiin yhdeksi pelloksi, jotta ohjelma osaa laskea kuljetukset oikein ja saataisiin realistisempia aikoja työmenekkiin. Taulukosta 1 nähdään TTS-Managerin antamat arvot täyttöön kuluvalle ajalle. Siemensäkit vauunuun -kohdassa täytyi tehdä oma arvio työmenekin suhteen, sillä ohjelmasta ei löytynyt vaihtoehtoa nykyistä menetelmää vastaavalle tavalle, joten sen suhteen täytyi tehdä oma arvio pohjautuen ohjelman työmenekkeihin. Lisäksi kylvölannoittimen säiliöiden tilavuudet asetettiin sellaisiksi, että niihin mahtuu tietty määrä täysiä suursäkkejä. Kylvölannoittimeen on mahtunut kaksi täyttä noin 600 kg:n siemensäkkiä ja 700 kg:n lannoitesäkkejä on laitettu kolme kappaletta. Siemen loppuu tällöin säiliöstä ensimmäisenä, joten lannoitesäkkejä ei ole kannattanut laittaa kerralla enempää. Siemensäiliö on tullut kahdesta säkistä lähes täysinäiseksi, joten on katsottu turhaksi täyttää sitä enempää, sillä kolmannelle säkille mahtuisi vain osa säiliöön ja sen sulkeminen voi olla hankalaa.

Taulukko 1. Nykyisen menetelmän työmenekki.

Työvaihe	min/ha
Lannoitesäkit 700 kg perävaunuun 6m ³	0,8
Siemensäkit 600 kg perävaunuun 6m ³	1,2
Kuljetus 12m ³	2,5
Lannoitetäyttö etukuormaajalla, 3x700 kg	2,4
Siementäyttö etukuormaajalla, 2x600 kg	2,2
yht	9,1
yht h/ha	0,15
Työaika h/v	75,83

Taulukosta 1 nähdään kunkin työvaiheen työmenekki TTS-Managerin ilmoittamassa yksikössä, joka on minuuttia hehtaaria kohden. Lisäksi taulukosta nähdään kokonaisaika, joka kuluu täyttöprosesseihin vuosittain.

3.2 Täyttövaunu

Täyttövaunua käytetään vertailukohtana nyky menetelmälle, sillä se on toinen pääasiallisista ratkaisuisista kylvölannoittimen täytölle. Eräässä maatalousyrityksessä oli investoitu vaihtolavakuorma-auton päälle sijoitettavaan täyttöyksikköön (Anttila, 2022, s. 32–35). Ennen investointia kylvökonetta oli täytetty kurottajalla säkeistä ja yhdellä miehellä täyttöön kului noin puoli tuntia. Täyttölaitteen myötä täyttö kävi jopa alle 10 minuutissa. Säkeissä käsittelyn huonona puolena on se, että yksin työskennellessä työn teho heikkenee huomattavasti, kun niitä käsitellään jollakin kuormaajalla. Kauko-ohjatun nosturin kanssa tätä ilmiötä ei tapahtuisi samalla lailla.

Maatalousyritysten konekannasta soveltuvin kärry täyttövaunutarkoitukseen olisi Tuhti WS170K kiinteälaitainen perävaunu. Sen tilavuus on 21,4 m³ ja kantavuus 17000 kg. 49,4/50,6 tilavuussuhteella lannoitetta saataisiin kyytiin 10700 kg ja painavinta siementä 8570 kg. Yhteensä tämä johtaa 19270 kg painoon, joka on 2270 kg yli perävaunun kantavuuden. Kärryn kantavuuden ja tilavuuden suunnittelussa on huomioitu todennäköisesti sitä, että sen kantavuus kestää, kun sillä ajetaan viljaa. Painavimmilla viljoilla kuorman painot ovat lähes 17 000 kg. Koska lannoitteiden ominaispaino on korkeampi kuin viljoilla, tämän seurauksena kantavuus ylittyy helpommin. Alle 17 000 kg painoon päästäisiin täyttövaunutarkoituksessa noin 19 m³ täyttöasteella. Täyttölaitteiden tuoma lisäpaino ja tilavuuden häviö jätettiin

vielä tässä vaiheessa huomioimatta. Tämä tarkoittaa sitä, että 19 m³ tilavuus riittää lannoitteella 27,1, Wellamolla 31,7, Trekkerillä 27,3 ja Vanillella 24,9 hehtaarille.

Täyttövaunulle laskettiin nykyistä menetelmää vastaavasti työmenekki TTS-Managerin avulla. Taulukosta 2 nähdään täyttövaunulla täytettäessä kuluva työaika. Täyttöajoissa on suhteellisen pieniä eroja, kun verrataan nykyisen menetelmän työaikoihin. Kohdassa lannoite täyttövaunulla on ainoastaan luku, joka poikkeaa muista jonkin verran. Ohjelman mukaan 350 kg lannoitteen täyttämiseen kuluu 3,5 minuuttia ja 240 kg siemenen täyttöön kuluu minuutin vähemmän aikaa eli ajassa on noin 30 %:n ero. Lukujen oletettiin olevan lähellä toisiinsa, sillä siementen ja lannoitteiden ominaispainossa on keskimäärin noin 30 %:n eroavaisuus, ja kylvö- ja lannoitusmäärässä hehtaaria kohden on 31 %:n eroavaisuus. Lannoitekilogrammoja pitäisi siis tulla 30 % enemmän kuin siementä, jos ruuvikuljettimen tilavuusvirta olisi kummallakin sama. Tilavuusvirtaan vaikuttavat varmasti kuljetettavan komponentin ominaisuudet, kuten ominaispaino ja jyvän tai lannoiterakeen koko, mutta sille ei oletettu näin suurta eroa. On kuitenkin todennäköistä, että ohjelma käyttää samaa tehoa kaikilla komponenteilla ominaispainosta riippumatta, joten lannoitteella ja siemenellä tulisi olla lähes samat täyttöajat.

Taulukko 2. Työmenekki täyttövaunulle.

Työvaihe	min/ha
Lannoitesäkit 700 kg irottavaraksi vaunuun 9,6 m ³	1,6
Siemen irtotavara valuttamalla vaunuun 9,4 m ³	0,5
Kuljetus 19 m ³	1,6
Lannoite täyttövaunulla	3,5
Siemen täyttövaunulla	2,5
yht	9,7
yht h/ha	0,162
Työaika h/v	80,83

3.3 Menetelmän vertailu

Menetelmissä työmenekkieerot ovat suhteellisen pienet ja eroja on haasteellista arvioida yksikössä minuuttia hehtaaria kohden. Täten yksiköt muutettiin yksikköön minuuttia tuhatta kilogrammaa kohden. Taulukosta 3 nähdään nykyisen menetelmän ja täyttövaunun työajat.

Taulukko 3. Täyttöajat

min/tkg	Nykyinen	Täyttövaunu
Lannoite perävaunuun	2,3	4,6
Siemen perävaunuun	5,0	2,1
Yhteensä	7,3	6,7
Lannoitetäyttö	6,9	10,0
Siementäyttö	9,2	10,4
Yhteensä	16,0	20,4
Täytöt yhteensä	23,3	27,1

Muunnetuista yksiköistä saadaan helpommin hahmotettua menetelmien väliset erot. Taulukon luvuista jätettiin pois kuljetukseen kuluvat ajat, sillä kummallakin menetelmällä on mahdollisuus kuljettaa samankokoisia kuormia, joten sillä ei ole suurta merkitystä paremman menetelmän valinnassa. Taulukon 3 työmenekkien perusteella täyttövaunu on tehokkaampi kuljetusyksikön täytön osalta ja nykyinen menetelmä on tehokkaampi kylvökoneen täytössä. Kokonaisuudessaan nykyinen menetelmä on täyttövaunua 3,8 minuuttia täyttövaunua nopeampi tuhatta kilogrammaa kohden.

Kuljetuksen osalta täyttövaunu eli irtotavarana panosten kuljettamisen etuna on paremman hyötykuorman saavuttaminen, koska säkeissä kuljetettuna ne vaativat enemmän tilavuutta kuljetuskapasiteetiltä. Lisäksi täyttövaunuun täytön jälkeen ei tarvita enää kylvölannoittimen täyttöön erillistä kuormainta, sillä täytön hoitaa ruuvikuljetin. Nykyisen menetelmän etuna on taas se, että se ei vaadi isoja investointeja ja TTS-Managerin työmenekin mukaan sillä säästetään aikaa.

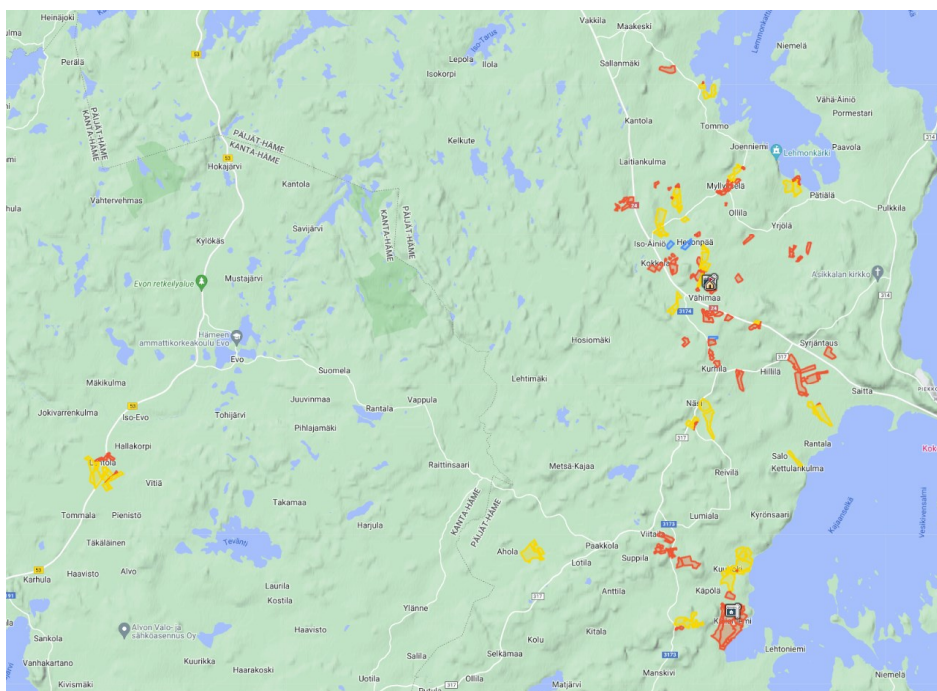
Parhaimman mahdollisen täyttömenetelmän valinnassa täytyy tarkastella kokonaisuudessaan eri menetelmien vahvuuksia ottaen huomioon maatalousyrityksen tarpeet ja resurssit. Esimerkiksi optimaaliseen tilantarpeeseen vaikuttaa tilusrakenne. Tilusrakenteen mukaan määräytyy se, kuinka suuria kuormia kannattaa kerralla kuljettaa peltokeskittymälle. Optimaalisinta olisi, jos keskittymä saataisiin tehtyä yhdellä täyttökerralla, jolloin jää pois ylimääräiset siirtymät. Täyttömenetelmän valintaan vaikuttaa myös se, kuinka siirtologistiikka olisi paras toteuttaa. Tässä olennaisesti määräytyy tarvittava kuljetuskapasiteetin tilavuus. Tilavuuden osalta irtotavarana käsittelyllä on etu, sillä hyötykuorma saadaan tällöin suuremmaksi.

4 LOGISTIIKAN SUUNNITTELU

Logistiikan suunnittelussa kartoitetaan ensin pellot, joille kylvölogistiikka suunnitellaan. Logistiikan suunnittelun ulkopuolelle jätetään peltolohkot, jotka ovat luonnonhoitonurmia ja suoja-
vyöhykkeitä, joita kylvetään harvemmin. Nämä pellot ovat tyypillisesti pienikokoisia, huonolla sijainnilla tai siellä on muuta viljelyä hankaloittavia muita tekijöitä, joten niissä viljojen viljely olisi kannattamatonta. Suunnittelun ulkopuolelle jätettävät pellot ovat kooltaan keskimäärin noin 0,5 hehtaaria. Logistiikan suunnittelussa pohditaan, kuinka kauas kannattaa lähteä kylvämään varastointipaikalta sieltä täyttäen ja hahmotellaan, miten täyttöjen logistiikka kannattaisi toteuttaa.

4.1 Peltolohkot ja niiden etäisyydet

Maatalousyritysten peltolohkoissa on suurta vaihtelua. Suunnittelussa huomioon otettavien peltosten pinta-alat vaihtelevat välillä 0,5–17 hehtaaria. Niiden etäisyydet varastointipaikalta vaihtelevat 0–27 kilometrin välillä. TTS-Managerin mukaan lohkojen painotettu keskietäisyys on noin kahdeksan kilometriä. Pellot koostuvat kuitenkin monista eri peltokeskittymistä, mutta yksittäisiä pelloja on silti runsaasti. Kuvasta 4 nähdään maatalousyritysten pellot kartalla. Kuvassa pieni talon symboli merkkää varastopaikkaa.



Kuva 4. Pellot kartalla (TTS-Manager, i.a.-b).

Pellot ovat muodoltaan hyvin vaihtelevia, eikä optimaalisen muotoisia pelloja ole juurikaan. Lisäksi pelloissa on jonkin verran korkeusvaihteluja ja muita viljelyä hidastavia tekijöitä, kuten saarekkeita, sähkötolppia ja latoja. Logistiikan suunnittelussa paneudutaan tässä työssä ainoastaan peltöjen kokoon ja sijaintiin. Suunnittelu toteutetaan niiden koon ja sijainnin mukaan viljelykierto huomioiden. Peltöjen muoto ja muut tekijät jätetään tässä työssä huomiotta, koska ne eivät vaikuta oleellisesti logistiikan osiin, johon työssä perehdytään.

4.2 Logistiikan suunnittelu

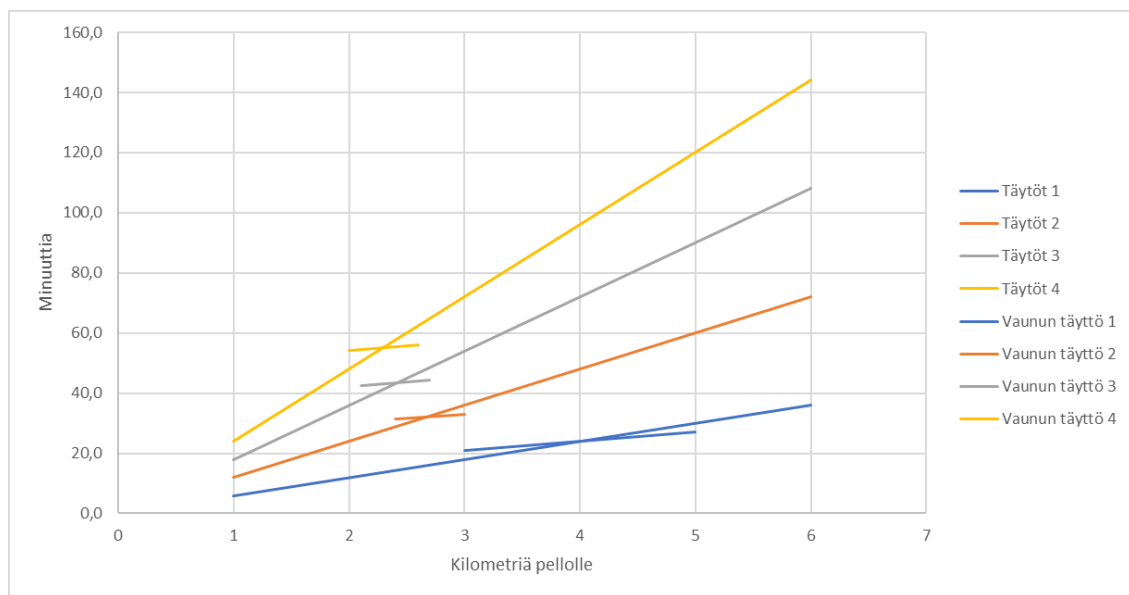
Maatalousyrityksissä vuosittainen kylvölannoittimella kylvettävä siemenmäärä on noin 100 000 kg ja lannoitemäärä noin 150 000 kg. Logistiikan suunnittelussa tulee huomioida se, kuinka paljon yhdellä täytöllä pystytään kerralla kylvämään. Määrää rajoittaa nykyisellä panosmäärien suhteella kylvölannoittimen siemensäiliön tilavuus. Eri lajikkeilla saavutettava kylvömäärä on alimmillaan 5,2 ha ja enimmillään 6,7 ha. Logistiikan suunnittelua varten haettiin kaikki maatalousyritysten peltolohkot Vipu-palvelusta Exceliin. Logistiikan suunnittelun laskennassa hyödynnettäviä lähtötietoja ovat kylvö- ja lannoitusmäärät, ominaispainot sekä etäisyydet. Kylvö- ja lannoitusmäärissä sekä ominaispainossa päädyttiin käyttämään näiden arvojen keskiarvoa. Keskiarvojen käyttöön päädyttiin, koska suunnittelu on lähtökohtaisesti vain alustavaa, joten työmäärän vähentämiseksi päädyttiin käyttämään keskiarvoja. Laskentaa on tulevaisuudessa helppo tarkentaa, jos työ todetaan hyväksi. Peltolohkojen etäisyyden mitattiin karttapalvelulla.

4.2.1 Täyttäminen varastopaikalla

Logistiikan suunnittelussa lähdettiin ensin kartoittamaan sitä, mitkä pellot kannattaa kylvää ilman täyttöyksikköä eli suoraan varastointipaikalla täyttäen. Tähän vaikuttaa oleellisesti pelton tai peltoryhmän koko ja etäisyys. Asia on yksinkertainen: kun koko on sellainen, että sen kylvää yhdellä säiliöllisellä, tällöin ei kannata tuoda täyttöyksikköä tällaiseen sijaintiin. Asian arvioiminen vaikeutuu huomattavasti, kun täytökertoja on enemmän kuin yksi. Asiaa lähdettiin lähestymään työmenekkien kautta.

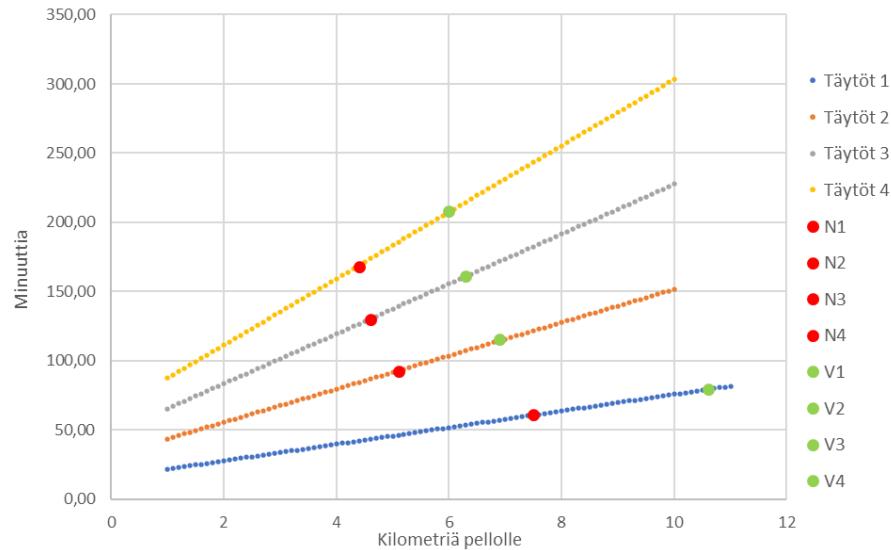
Täyttöyksikön täyttöön kuluvaa aikaa verrattiin aikaan, joka kuluu kylvöyksiköllä tieajossa, jos täyttö suoritettaisiin pelkästään varastointipaikalla. Täyttöyksikön täyttöön kuluvan ajan laskennassa hyödynnettiin nyky menetelmälle ja täyttövaunulle määritettyjen työmenekkien

keskiarvoa. Lisäksi tähän työmenekkiin lisättiin aika, joka kuluu tieajoon. Täyttövaunun täytölle laskettiin ajat välillä 1–4 täyttöä. Esimerkiksi kaksi täyttöä tarkoittaa sitä, että täyttövaunuun on lastattu kahteen täyttöön vaadittavat määrät. Varastolta kylvön osalta aika laskettiin lähes vastaavasti. Ajalla tarkoitetaan sitä, kuinka kauan aikaa kuluu tieajoon, kun kylvölannoitin täytetään varastointipaikalta tietyllä etäisyydellä. Täyttöjen määrä tarkoittaa sitä, kuinka monta kertaa pellolta täytyy käydä varastolla täyttämässä, kun sinne on siirrytty alun perin täydellä säiliöllä. Kuviossa 4 nähdään laskennan tulokset. Suorien leikkauspisteissä on kohta, jolloin varastolta kylvölannoittimen täytön työmenekki ylittää täyttövaunun täyttämisen ja sen tieajon työmenekin.



Kuvio 4. Varastopaikalta kylväminen.

Varastointipaikalta kylvää haluttiin myös tarkastella siten, että laskennassa otetaan huomioon kunkin eri kylvölannoittimen täyttömenetelmän täyttöajat. Laskenta toteutettiin samalla tavalla kuin edellisessä taulukossa. Ainoana erona näissä on vain se, että aikaan on lisätty kylvölannoittimen täyttöajat. Kuviossa 5 nähdään tulokset lisättyjen aikojen kanssa. Kuviossa N-kirjaimella merkityt pisteet vastaavat nykyistä menetelmää ja V-kirjaimella merkityt täyttövaunua. Pisteiden kohdalla on raja, jolloin varastolta täyttö ei enää kannata. Kuvion perusteella voidaan päätellä, että täyttöajat huomioiden kannattaisi kylvää kauemmas varastolta kylvään. Varastolla täyttäessä on pienin täyttöaika, joten se lisää tätä matkaa. Nykymenetelmän ja täyttövaunun erot olivat oletettua suuremmat.



Kuvio 5. Varastopaikalta kylväminen koneentäyttöajajat huomioiden.

Varastolta täytön kannattavuutta ei kuitenkaan kannata ratkaista pelkästään suoraan työvaiheiden työmenekin kautta, sillä siihen vaikuttaa monia muita tekijöitä. Tällainen tarkastelu sopisi paremmin, jos kylvön logistiikka hoidettaisiin kokonaan yksin. Tehokkuuden kannalta on kuitenkin järkevintä, että tarkastellaan kokonaisuutta. Kylvöaikana on kuitenkin tärkeää saada työt tehdyksi optimaalisissa olosuhteissa, joten kokonaistyömenekki ei ole välttämättä paras mittari tälle. Täten kylvötyön nopeutta tulisi lisätä kokonaistyömenekin kustannuksella, sillä kylvöjen huonolla ajankohdalla saattaa tulla niin paljon ajallisuuskustannusta, että säästetyllä työmenekillä ei ole enää merkitystä. Täten on hankala arvioida optimaalista etäisyyttä varastolta täytölle, sillä olosuhteet, kuten sää, vaikuttavat niin paljon optimaaliseen käytettävissä olevaan aikaan. Täten olisi syytä pyrkiä siihen, että kylvö olisi hyvin tehokasta, vaikka sen seurauksena kokonaistyömenekki nousisikin.

4.2.2 Täyttäminen pellolla

Pellolla täyttämisen logistiikkaa on myös syytä suunnitella. Suunnittelun lähtökohdaksi valittiin nykyisellään mahdollisten kuljetusvälineiden kapasiteetti, joka on 17000 kg. Nykyisen yhdistelmän ja mahdollisen täyttövaunukärryn kantavuus on sama. Tämä tarkoittaa sitä, että keskiarvomäärillä saadaan 27,5 hehtaarille riittävä kuorma. Lisäksi kylvölannoittimessa kulkee tarvittaessa mukana 5,8 hehtaarin panokset. Nämä ovat yhteensä 33,3 hehtaaria.

Logistiikan ja kylvön tehokkuuden kannalta olisi tärkeää saada hyödynnetyksi mahdollisimman suuret kuormakoot. Tällöin tieajot jäävät minimiin ja täysien kuormien täyttäminen on

kokonaisuudessaan tehokkaampaa työmenekin kannalta, kun verrataan siihen, että tehdään monia vajaita kuormia.

Suunnittelua varten täytyy ensin rajata pois pellot, joiden kylvöjen täytöt suoritetaan pelkäämään varastopaikalta täyttäen. Näitä pelloja tuli yhteensä noin 40 hehtaaria. Suurin osa näistä oli alle kahden kilometrin etäisyydellä ja kauimmaisesta kaksi peltoa oli 2,5 kilometrin päässä varastolta. Rajauksen pohdinnassa hyödynnettiin hieman kuvion 4 dataa ja lopulliset päätökset tehtiin huomioiden peltokeskittymien koot ja olosuhteet.

Tämän jälkeen lähdettiin kartoittamaan erilaisia peltoyhdistelmiä, joissa toteutuisi mahdollisimman hyvin täyttöyksikön maksimaalinen täyttöaste, pieni pellojen keskinäinen etäisyys ja se, että näillä kaikilla pelloilla olisi todennäköisesti mahdollista toteuttaa kylvö samaan aikaan, kun huomioidaan aiempi kokemus esimerkiksi pellojen kylvökuntoon tulosta kevään mittaan.

Peltoryhmistä muodostettiin alkuun isompia ryhmiä, jotka sijaitsivat samalla suunnalla. Suurimmasta osin saatiin helposti muodostettua suhteellisen optimaalisia yhdistelmiä. Kauimmainen peltoryhmä on 27 km päässä varastolta ja siellä on yhteensä kylvettävää noin 36 hehtaaria. Tämän kohdalla heräsi ajatus, että pellolle vietävien panosten logistiikkaa voisi toteuttaa monella tapaa eikä siihen ole vain yhtä ja oikeaa ratkaisua. Tänne kauimmaiselle kohteelle ei riittäisi vain yksi 17000 kg kärryllinen ja kylvökoneellinen. Aikaisemmin kyseisessä paikassa on toimitettu siten, että lannoitteet on toimitettu sinne suoraan myyjän toimesta ja sinne kylvämään lähdettäessä on vain tarvinnut enää kuljettaa oikea määrä siemeniä. Tätä vastaavaa menetelmää on myös käytetty satunnaisesti toisessakin kohteessa, mutta lannoitteet on itse kuljetettu erikseen sinne. Lannoitteiden kuljettaminen ennakkoon ei vaadi paikalta sen suurempia vaatimuksia, sillä säkit kestävät kuitenkin jonkin verran kosteutta. Kuitenkin pidempiaikainen säilytys vaatisi suojauksen maasta tulevalta kosteudelta ja sateelta.

Tästä muodostuikin ajatus siitä, että tällaista menettelyä voisi toteuttaa laajemminkin. Tämä menettely ei juurikaan lisäisi tieajon kokonaismäärää, sillä kuljetettava määrä on kiloissa kuitenkin vakio ja se vaatii tietyn tilavuuden. Tällöin kylvöjen aikaan kovemmassa kiireessä ei tarvitse suorittaa enää niin suuria kuljetusmääriä ja päästään samalla suurempaan työsaavutukseen yhdellä kärryllisellä. Tämä mahdollistaisi jopa yli 60 hehtaarin kapasiteetin kärryyn, jos sinne sopisi 17000 kg siemeniä, joka on kokemusten mukaan maksimaalinen päiväsaavutus koneelle maatalousyritysten tilusrakenteella. Tässä menettelytavassa olisi jopa

mahdollista helposti yhdistää kaksi pääasiallista täyttömenetelmätapaa. Tällöin lannoitteet kuormattaisiin välivarastosta suoraan kylvölannoittimeen ja siemenet voitaisiin tuoda esimerkiksi täyttövaunulla. Tällöin valmiiksi säkeissä olevat lannoitteet voidaan purkaa suoraan säkeistä kylvölannoittimeen ja siemenet voidaan valuttaa suoraan siilosta kärryyn kuljetettavaksi ilman erillistä säkittämistä. Tällöin täyttöprosesseista poistuisi jonkin verran välivaiheita. Tälle menettelytavalle katsottiin myös työajat TTS-Managerista. Taulukosta 4 nähdään työajat sille, kun lannoitteet kuljetetaan ennakkoon. Kokonaisajan laskennasta jätettiin pois lannoitteiden kuljettamiseen liittyvät ajat, sillä ne eivät todennäköisesti häiritsisi kylvöaikana tapahtuvaa logistiikkaa. Tämä menetelmä olisi nyky menetelmää 2,4 ja täyttövaunua kolme minuuttia nopeampi hehtaaria kohden.

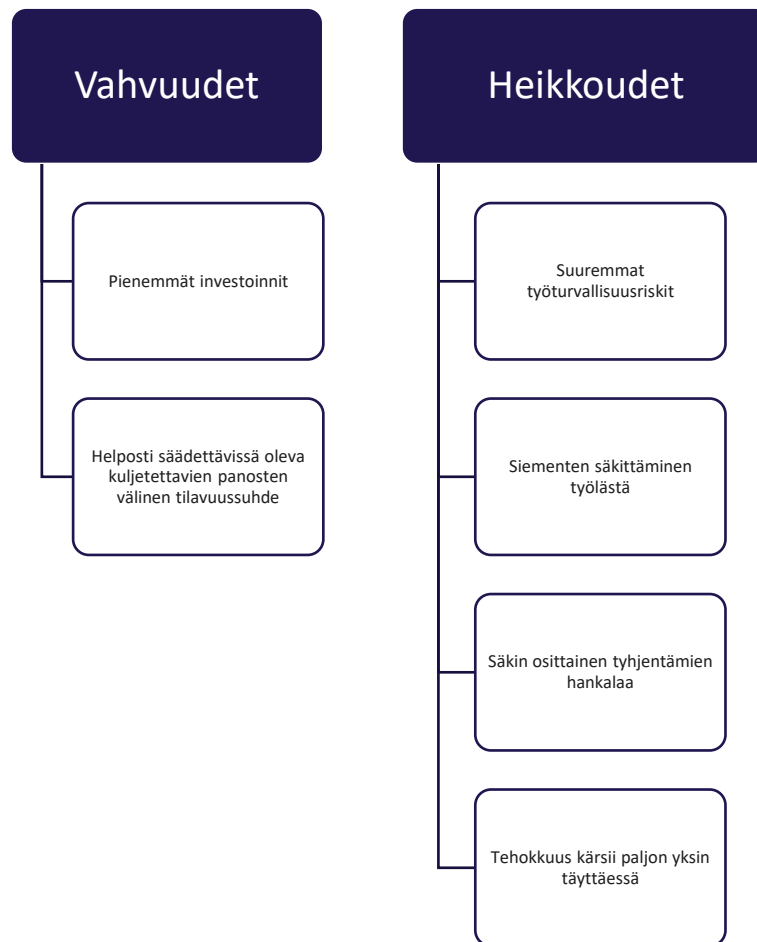
Taulukko 4. Lannoitteiden kuljetus ennakkoon.

Työvaihe	min/ha
(Lannoitesäkit 700 kg perävaunuun 17m ³)	0,7
Siemen irtotavara valuttamalla vaunuun 20m ³	0,4
Siementen kuljetus 20m ³	1,5
Lannoitettäyttö etukuormaajalla	2,3
Siemen täyttövaunulla	2,5
yht. ilman lannoitekuljetusta	6,7
yht h/ha	0,11
Työaika h/v	55,83

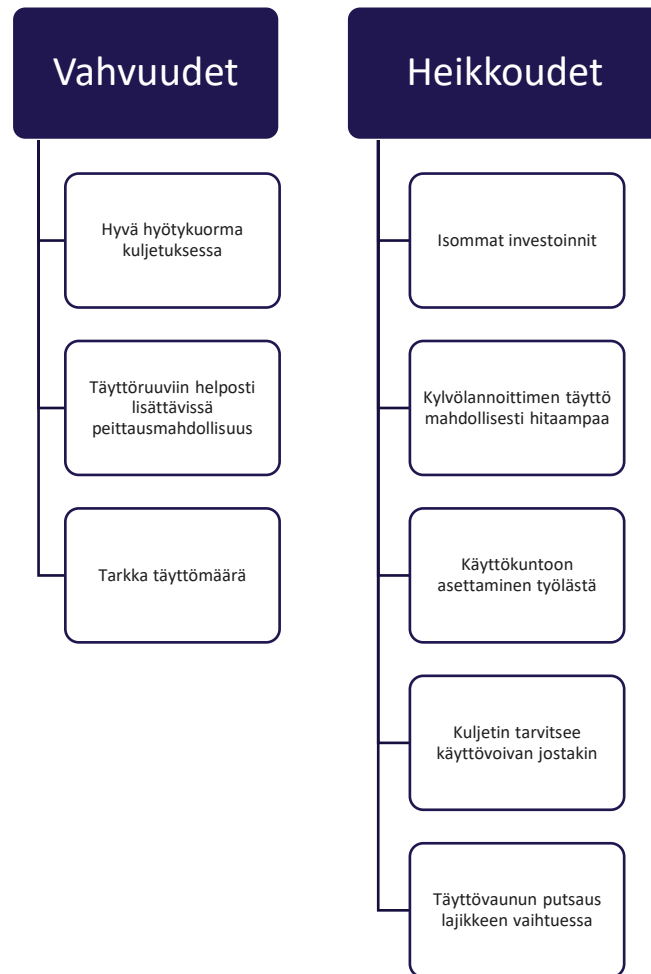
Täten olisi siis vaihtoehtona perustaa välivarastoja panoksille, jolloin pystyttäisiin käsittelemään isompia aloja kerralla välivaraston alueelta ilman useampia käyntejä varsinaisella varastopaikalla kiireisenä kylvöaikana. Tämä voisi toimia alueilla, joissa on hehtaareja niin paljon, että se ylittää kuljetuskaluston maksimikapasiteetin yhdellä täytöllä.

5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Täyttömenetelmään ja muuhun logistiikkaan ei saatu suoraan ainutta ja oikeaa vastausta, mutta kustakin asiasta paljastui uutta näkökulmaa sekä saatiin selville vaihtoehtojen välistä dataa. Kunkin pääasiallisen täyttömenetelmän vahvuuksista ja heikkouksista päästiin selville. Kuvioissa 6 ja 7 on esitetty menetelmien keskeisimmät vahvuudet ja heikkoudet.



Kuvio 6. Suursäkeistä täyttö.



Kuvio 7. Täyttövaunulla täyttö.

Nykyisen toiminnan aiheuttamat työturvallisuusriskit tulisi minimoida, jos vastaavalla menetelmällä jatketaan. Tämä saataisiin mahdollisesti korjattua suurimmaksi osaksi pelkästään muuttamalla tai vaihtamalla suursäkinostin ulottuvammaksi, jolloin täyttö olisi mahdollista sille tarkoitettulta tasolta. Siilosta täyttöä kuitenkin kannattaa jatkaa edelleen sen tehokkuuden takia, vaikka siinä ei tasoa pysty hyödyntämäänäkään. Siilolta täytöt ovat kuitenkin huomattavasti vähäisempiä kuin muualla täytöt.

Menetelmien työajoissa ilmeni laskelmissa pieniä eroja, mutta lopulta näiden kuitenkin oletettiin olevan suhteellisen lähellä toisiaan. Esimerkiksi, jos laskennassa olisi huomioitu eri tehot lannoitteelle ja siemenelle kuljettimessa, kokonaisajat olisivat hyvin lähellä toisiaan näiden päättelyiden perusteella. Täten tämän työn perusteella ei voi tehdä parasta valintaa työmenekkiin perustuen. On myös itsestään selvää, että täyttäminen varastolla on kaikista nopeinta, kun siemenet saa vain valuttaa säiliöön siilosta.

Täyttövaunuksi hyvin soveltuva kärry löytyisi jo valmiiksi maatalousyritysten konekalustosta, joten siihen täyttölaitteiden hankkiminen ei olisi ollenkaan huono idea. Varsinkin, jos tällä keinolla saataisiin helpommin karsittua työturvallisuusriskejä. Toisaalta nämä laitteet maksavat noin 5000 € ja on mahdollista, että niiden käyttö on hyvin hankalaa tai kömpelöä.

Työn loppupuolella mieleen tullut ratkaisu logistiikkaan vaikuttaisi hyvin tehokkaalta ja varteenotettavalta tavalta toimia. Vaikka näin oli aiemminkin toimittu hieman, tämän käyttöä ei ollut ajateltu sen koommin. Tällä menetelmällä saadaan tehokkaasti kylvöaikana yhdellä kertaa suuri määrä panoksia pellon laitaan, kun osa on jo valmiiksi viety sinne. Tämän osalta tulee kuitenkin olla varovainen, etteivät lannoitteet pääsisi kastumaan. Menetelmä sopii laajoille peltokeskittymille, joissa olisi keskeisesti hyvä paikka välivarastoida lannoitetta.

Pellolla täyttämisen logistiikkaa pohtiessa kävi ilmi, että tietyillä reunaehdoilla on haastava suunnitella menetelmä toimimaan joka paikkaan. Tämän vuoksi olisi suotavaa, että menetelmää pystyisi hyödyntämään joustavasti ja monipuolisesti. Esimerkiksi suuremmissa kohteissa lannoitteet voitaisiin kuljettaa pellolle ennakoon ja tuoda siemenet paikalle kylvöaikaa täyttövaunulla. Täyttövaunu kannattaisi myös varustaa käytettäväksi samanaikaisesti lannoitteella ja siemenellä, sillä tätä voitaisiin sitten hyödyntää kohteissa, joissa tällainen nettelytapa olisi paras.

Tämän työn pohdintojen seurauksena muutosta tulee varmasti tapahtumaan jonkin verran kylvölannoituksen logistiikassa toimeksiantajamaatalousyrityksissä. Se jää vain nähtäväksi, tapahtuuko tehostumista, mutta täytyy muistaa myös se, että työturvallisuus on osa tehokkuutta, sillä se varmistaa työn jatkuvuuden ja sen myötä tehokkuuden. Lisäksi töiden organisointi ja suunnitelmallisuus lisää tehokkuutta, ja työstä saa hyvän alun kylvöjen logistiikan suunnitelmallisuuteen. Kevääksi 2024 opinnäytetyö ei ehdi edesauttaa tehokkuutta juurikaan, mutta pitää toivoa sen olevan eduksi tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Anttila, T. (23.2.2022). *Kylväjän pit-stop*. Koneviesti, 18(3), s. 32–35.

Hankkija, (i.a.). *Viljan siemenet*. <https://www.hankkija.fi/tuotantopanokset/Siemenet/viljat/>

Horsch. (i.a.). *Shuttle 10000 F*. <https://www.horsch.com/en/products/logistics/shuttle-10000-f>

Jussi-Tuote. (i.a.). *Jussi M200 ja M150*. <https://www.jussi-tuote.fi/sites/default/files/Esitteet/Jussiruuvi.pdf>

Karrus, K. (1998). *Logistiikka*. Wsoy.

Laine, A. (1996). *Konekapasiteetin mitoitus ja konekustannukset viljan ja nurmirehun tuotannossa: Sääriskiin perustuva tarkastelu = Machine capacity rating and machine costs in the production of cereal and grass fodder : approach based on weather risk*. Työtehoseura.

Rautiainen, R., & Kivikoski, T. (1992). *Maatilan työturvallisuus*. [Maatalousyrittäjien eläkelaitos].

Tiainen, R. (2005). *Maatilatalouden teknologia*. Opetushallitus.

Työtehoseura (TTS). (i.a-a.). *TTS-Manager*. <https://ttsmanager.tts.fi/>

Työtehoseura (TTS). (i.a-b.). *TTS Ohjelmat*. <https://www.tts.fi/hankkeet/maatalous/tts-ohjelmat/>

Yara. (i.a.). *Lannoitevalikoima*. https://www.yara.fi/contentassets/b49d1726c3744af28c9ad817f2559789/yara_lannoitevalikoima_2023_fi_pysty_v6.pdf

