

**Niko Hautala & Mirko Hautala**

# Maan kasvukunnon parannus jankkuroimalla tärkkelysperunanviljelyssä

**Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
SeAMK Ruoka  
Agrologi AMK)**

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalousyritysten tuotantoprosessit

Tekijät: Niko Hautala ja Mirko Hautala

Työn nimi: Maan kasvukunnon parannus jankkuroimalla tärkkelysperunan viljelyssä

Ohjaaja: Heikki Harmanen

Vuosi: 2020 Sivumäärä: 40 Liitteiden lukumäärä: 0

---

Opinnäytetyön aiheena on selvittää miten parantaa maan kasvukuntoa syväkuohkeuttamalla maaperää mekaanisesti eli jankkuroimalla, ja minkälaista vaikutusta tällä saadaan aikaan. Samalla tutkimme, miten pitkään perunanviljelyssä olleiden perunapeltojen maanrakennetta voitaisiin parantaa nopeasti ja kohtuullisen vaivattomasti.

Suoritimme käytännön työn sekä mittaukset pellolla ja jäimme tarkastelemaan tuloksia. Tuloksista kävi ilmi, että jankkuroinnilla saadaan kyntöantura rikottua tehokkaasti toimintasyvyydestä eli siltä alueelta miten syvältä maata pyritään kuohkeuttamaan.

Kokosimme tutkimusmateriaalin yhteen ja teimme vertailua mittaustulosten välillä. Tulokseksi siis saimme mitä haimmekin eli lyhytaikaista, mutta tehokasta apua vaikeiden tiivistymien rikkomiseen vesitalouden ja maan kapillaaritoiminnan parantamiseksi.

Avainsanat: maaperä, kasvukunto, jankkurointi, tiivistymä, vesitalous

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Degree Programme in Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Farm production

Authors: Niko Hautala and Mirko Hautala

Title of thesis: Improving the Growth by Subsoiling in Starch Potato Cultivation

Supervisor(s): Heikki Harmanen

Year: 2020                      Number of pages: 40      Number of appendices: 0

---

The subject of this thesis was to find out how to improve the growth condition of the soil by breaking up the soil mechanically, i.e. by subsoiling and to observe what effects that will have. At the same time, it was examined how the soil structure of potato fields that have been cultivated for a long time, could be improved quickly and with reasonable ease.

The practical work and the measurements in the field were performed. The results showed that subsoiling can efficiently break the plow sole in the depth of operation, i.e. in the depth the soil is loosened.

The research material was gathered together and a comparison between the measurement results was performed. The study resulted in a short-term but effective aid to break difficult soil compactions to improve the water management and capillary activity in the soil.

Keywords: soil, condensation, subsoiling, water management

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
1 JOHDANTO.....	8
2 MAANRAKENNE.....	9
2.1 Maan huokosto.....	9
2.2 Maan huokoisuus.....	10
2.3 Maaperän erikokoiset huokokset ja niiden merkitys.....	11
3 TIIVISTYMÄN SYNTYMINEN.....	13
4 JANKKUROINNIN PERUSPERIAATE.....	14
4.1 Syväjuuriset kasvit jankkuroinnin vaihtoehtona.....	15
4.2 Saneerauskasvien käyttö perunanviljelyssä.....	15
5 ERILAISIA JANKKUREITA.....	16
5.1 Jankkurien perusperiaate.....	16
5.2 Jankkurien terämallit.....	17
5.3 Jankkurien lisävarusteet.....	18
6 JANKKUROINNIN OIKEA AJANKOHTA JA SÄÄOLOSUHTEET..	21
7 AJOTEKNIIKAN MÄÄRITYS TARPEIDEN MUKAAN.....	23
8 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	24
8.1 Penetrometri.....	24
8.2 Kuoppatesti.....	25
8.3 Ajotekniikka.....	25
8.4 Koelohkot.....	25
8.5 Mittauspaikkojen valinta.....	26
9 TUTKIMUSTYÖN TOTEUTUS.....	27
9.1 Työn aloittaminen.....	27
9.2 Tutkimustyön toteutus.....	28
10 TUTKIMUSTYÖN TULOKSET.....	31

11 TULOSTEN YHTEENVETO.....	36
11.1    Jankkuroitujen lohkojen yhteenveto kaavioina .....	36
LÄHTEET .....	39

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Syväkuohkeutuksen peruseriaate.....	14
Kuva 2. Esimerkkejä jankkurin terämalleista.....	17
Kuva 4. Jankkuri varustettuna putkipakkerilla ja hydraulilaukaisimilla.....	20
Kuva 3. Jankkuri varustettuna nurmijyrillä.....	20
Kuva 5. Tutkimuksessa käytetty penetrometri.....	28
Kuva 6. Penetrometrimittaus.....	29
Kuva 7. Jankkuroinnissa käytetty kalusto. ....	30
Kuvio 1. Lohko1. jankkuroimaton.....	31
Kuvio 2. Lohko2. jankkuroimaton.....	32
Kuvio 3. Lohko3. jankkuroimaton.....	32
Kuvio 4. Lohko1. jankkuroitu.....	33
Kuvio 5. Lohko2. jankkuroitu.....	33
Kuvio 6. Lohko3. jankkuroitu.....	34
Kuvio 7. Lohko2. jankkuroitu 40cm.....	35
Kuvio 8. Lohko 1. yhteenveto.....	37
Kuvio 9. Lohko 2. yhteenveto.....	37
Kuvio 10. Lohko 3. yhteenveto.....	38
Taulukko 1. Eri maalajien huokoisuus.....	11

Taulukko 2. Huokosten kokoluokat ja vedenpidätyspotentiaali. ....	12
---	----

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe löytyi, kun perunantuottajina mietimme, miten viljelysmaissa haitallinen kyntöanturan alapuolelle muodostuva jankko saataisiin rikottua vaivattomasti. Ajatus syväjuuristen kasvien käytöstä oli mielessä jo aiemmin, mutta nopea ensiapu tiivistymien hoitoon oli enemmän hakusessa. Hitaaksi mielletty maanparannuskasvien käyttö ei sovellu kaikille tiloille viljelykierron ollessa puutteellinen. Tämä johtuu esimerkiksi pienestä pinta-alasta, konekannasta, haluttomuudesta toimia asian suhteen ja käsityksistä, joita hyvään viljelykiertoon liittyy. Tähän soveltuvaa käytäntöä mietittiin, koska suomalaisilla pienemmillä tiloilla tiivistymiä on siinä kuin suuremmillakin konekalustosta riippumatta. Suurempien tilojen koneilla etenkin huonoissa sääoloissa tiivistymän vaikeus korostuu. Pienet tilat ovat myös usein keskittyneet esimerkiksi vihannesten ja erikoiskasvien viljelyyn, joille usein ominaista on erittäin pahat tiivistymät pelloissa johtuen riviviljelystä, kun pelto tallataan vieriviereen. Tämä on tyypillistä painavia koneita käytettäessä. Näistä esimerkkeinä toimii hyvin sokerijuurikkaan sekä perunankorjuukoneet. Nämä vioittavat peltoa pahasti etenkin märkinä syksyinä maalajista riippumatta. Toki tiivistymän vakavuus riippuu myös kuitenkin maalajista. Sama ongelma esiintyy myös nurmilla, viljoilla ja muilla viljelyskasveilla, joilla käytetään raskaita koneita eri työvaiheissa.

Työn aiheeksi rajattiin jankkuroinnin lyhytaikainen vaikutus. Sitä selvitettiin mittamalla maan tiiveys jankkurointia ennen ja sen jälkeen. Näin saatiin täsmällistä tietoa jankkuroinnin välittömästä vaikutuksesta maaperän tiivistymän rikkoutumiseen. Mittaus suoritettiin penetrometrillä. Mittaukset tehtiin keväällä ja syksyllä 2018 toisen päättöyöntekijän tärkkelysperunatilalla. Kyseisenä vuonna viljelysmaita vaivasi kuivuus ja syväkuohkeutukselle jankkuroimalla olosuhteet olivat enemmän kuin kohdallaan. Jankkurointi suoritettiin erään maanmiesseuran juuri 2018 kevääksi hankkimalla jankkurilla ja toisen opinnäytetyön tekijän n. 120 kW traktorilla. Tiivistymistä viljelysmailla oli kokemusta molemmilla opinnäytetyön tekijöistä. Kummallakaan ei ollut kokemusta syväjuurisista kasveista, ainoastaan nurmiviljelystä. Myöskään syväkuohkeutuksesta ei ollut kokemusta koska jankkuria ei aiemmin ollut saatavilla. Työ tuli mahdolliseksi kyläyhdistyksen hankkiessa keväällä jankkurin.



## 2 MAANRAKENNE

Maanrakenne muodostuu kivennäisaineesta, eloperäisestä aineesta, nesteestä ja kaasuista. Maan kiintoaines eli maalaji muodostaa rakenteen rungon. Maanrakennetta ja sen eri tekijöitä muokkaavat ajansaatossa muun muassa kuivuminen ja uudelleen kastuminen, juuriston toiminta, maan muokkaus ja lierojen toiminta. Myös bakteeri- ja lahottajatoiminta maassa edistää maan rakenteen muutoksia. Hiukkasten ja murujen välissä ja sisällä on huokosia. Maaperän runkoa määrittää myös muru- ja huokosrakenteen muodostuminen. Tämä on erittäin tärkeää muun muassa savimaiden viljeltävyyden kannalta. (Alakukku 2018, 3; Soinne 2012, 10 4.)

Maan rakenne vaikuttaa maan vesi-, kaasu- ja lämpötalouteen, ravinteiden kulkeutumiseen ja juurten kasvuun. Veden nopea imeytyminen ja mururakenteen kestävyys ovat viljelyn kannalta tärkeitä ominaisuuksia. Hyvän maan on pystyttävä pidättämään riittävästi vettä kasvien tarpeita varten, mutta toisaalta sen on myös sisällettävä riittävän suuria huokosia, joita pitkin liiallinen vesi kulkeutuu pois. Hyväraakenteisen maan tuntomerkkejä ovat muokattavuus ja veden liettävän vaikutuksen kestäminen rikkoontumatta. Maan rakenteella on viljeltävyyden ja kasvien kasvun lisäksi merkittävästi vaikutusta myös maataloudesta aiheutuvaan ympäristökuormitukseen. (Alakukku 2016, 53.)

### 2.1 Maan huokosto

Maan huokosto muodostuu huokosista. Näiden huokosten koko vaihtelee isoista myyränkoloista ja maan halkeamista aina pieniin muutaman nanometrin levyisiin yksittäisten hiukkasten välisiin tiloihin. Maan huokostoa pitkin liikkuvat maan ainevirrat. Kun vesi täyttää huokoston, kaasujen vaihto hidastuu merkittävästi, koska kaasujen liikkuminen vedessä on 10 000 kertaa hitaampaa kuin ilmassa. Sama pätee myös päinvastoin, jolloin huokoston ollessa ”ilmaa täynnä”, hidastaa se veden liikkumista. Maan huokosto varastoi vettä ja pidättää sen niin ettei painovoima liikuta sitä, mutta kasvien juuret pystyvät vielä hyödyntämään sitä. (Alakukku 2016, 53–54.)

Kun maa kostuu, vesi pidättyy aluksi pieniin huokosiin ja vasta lopuksi suuriin huokosiin. Tällöin vesi on sitoutuneena ns. kapillaarivedeksi eikä ole vapaana. Vastavasti taas, kun maa kuivuu, huokosiin virtaa veden tilalle ilmaa. Veden poistuessa kaikki huokostila ei kuitenkaan täyty ilmalla, vaan osa murujen välisestä huokostilasta pienentyy ja maa kutistuu. Hiukkasten ympärillä olevien vesivaippojen ohenemisessa hiukkaset pääsevät lähemmäs toisiaan ja tällöin maan kutistuminen tapahtuu. Myös maassa olevan veden imu vaikuttaa siihen, että hiukkaset painautuvat lähemmäs toisiaan. Selvimmin maan kutistuminen on havaittavissa savi- ja eloperäisissä maissa. (Alakukku 2016, 53–54.)

## 2.2 Maan huokoisuus

Maaperässä on kahdenlaista huokoisuutta: lajitekoostumuksen määräämää ja maan rakenteen määräämää. Käytännössä lajitekoostumuksen määräämä huokoisuus tarkoittaa sitä, että mitä karkeampaa maa on, sitä suurempia huokosia maapartikkelien väliin jää. Maan rakenteen määräämä huokoisuus kytkeytyy murujen muodostumiseen hienojakoisilla mailla. (Soinne 2012, 19.)

Maan huokoisuuden voidaan määritellä tarkoittavan huokoston tilavuutta maan kokonaistilavuudesta. Huokosluku kuvaa huokosten tilavuuden suhdetta maa-aineksen tilavuuteen ja se saadaan selville omalla laskukaavalla. Maalajilla on suuri vaikutus huokoisuuteen ja huokosjakaumaan. Kun maassa on paljon pieniä hiukkasia, joiden pinta-ala on suuri, muodostaa se suuren osan huokoston kokonaistilavuudesta. Tällöin huokostilavuus suurenee maan savespitoisuuden ja multavuuden kasvaessa. Yksinkertaistettuna tämä tarkoittaa sitä, että hienojakoisissa maissa on enemmän huokosia kuin karkeissa maissa, kun taas maatumattomissa turvemaissa on vähemmän huokosia kuin maatumattomissa eloperäisissä maissa. Mitä pienemmiksi kiintoaineksen hiukkaset järjestyvät, sitä tiiviimpää maa on ja huokoisuus pienempää. (Alakukku 2016, 53–54.) Alla olevassa Taukukossa 1 on kuvattu huokoisuus, irtotiheys sekä huokosluku maalajeittain.

Maalaji	Huokoisuus, tilavuus -%	Irtotiheys, g cm <sup>-3</sup>	Huokosluku
Hiekka, hieta	36–56	1,16–1,70	0,56–1,27
Hiesu	39–56	1,26–1,61	0,64–1,27
Hiue	30–55	1,20–1,85	0,43–1,22
Savi	35–70	0,88–1,72	0,54–2,33

Taulukko 1. Eri maalajien huokoisuus (Alakukku 2016, 54.)

### 2.3 Maaperän erikokoiset huokokset ja niiden merkitys

Suuria huokosia eli makrohuokosia (koko >0,030mm) syntyy maahan mekaanisesta kuohkeutuksesta, kasvien juuriston kasvaessa ja maan eliöiden vaikutuksesta. Myös maan routiminen ja sulaminen, sekä maan kostuminen ja uudelleen kuivuminen halkeiluttavat ja murustavat maata. Kasvien juurten sekä lierojen toiminnasta maahan muodostuu suuria sylinterimäisiä huokosia. Suurten huokosten ansiosta vesi imeytyy maahan tehokkaasti, syvälle meneviä halkeamia pitkin pinta vesi imeytyy maahan ja salaojiin, tällöin pinta kuivuu tehokkaasti eikä liety. Syvät halkeamat auttavat myös kasvien juuria kasvamaan syvemmälle kovassa pohjamaassa. Juurten ansiosta myös halkeamat pysyvät paremmin avonaisena. (Alakukku 2000, 20–30.)

Pelkät suuret huokokset eivät riitä takaamaan maan hyvää laatua. Sillä maan on pysyttävä myös varastoimaan vettä, tähän keskikokoiset huokokset ovat tehokkaimpia, joiden koko on 0,0002–0,03 mm. Keskikokoiset huokokset varmistavat kasvien veden saannin. (Soinne 2012, 5–12.)

Pienet huokokset eli mikrohuokokset (koko <0,0002mm) varastoivaivat veden ihan ensimmäisenä. Mikrohuokokset sijaitsevat maapartikkelien muodostamien aggregaattien sisällä. Kun mururakenne pienenee ja suuret huokokset poistuvat, maa altistuu herkemmin tiivistymille, sillä maa ei enää varastoi itsessään vettä. (Soinne 2012, 12.)

Alla olevassa Taulukossa 2 on kuvattuna Suomalaiset huokosluokitukset.

Huokoskokoluokka	Halkaisija, mm	Maan vesipotentiaali, vesipatsaan korkeutta h, cm, vastaava imu	pF*
<b>Suomalainen luokitus</b>			
Makrohuokokset	>0,030	0–100	< 2
Keskikokoiset huokokset	0,030–0,0002	100–15000	2–4,2
Pienet huokokset	< 0,0002	> 15000	> 4,2

Taulukko 2. Huokosten kokoluokat ja vedenpidätyspotentiaali (Alakukku 2016, 54, mukailtuna).

### 3 TIIVISTYMÄN SYNTYMINEN

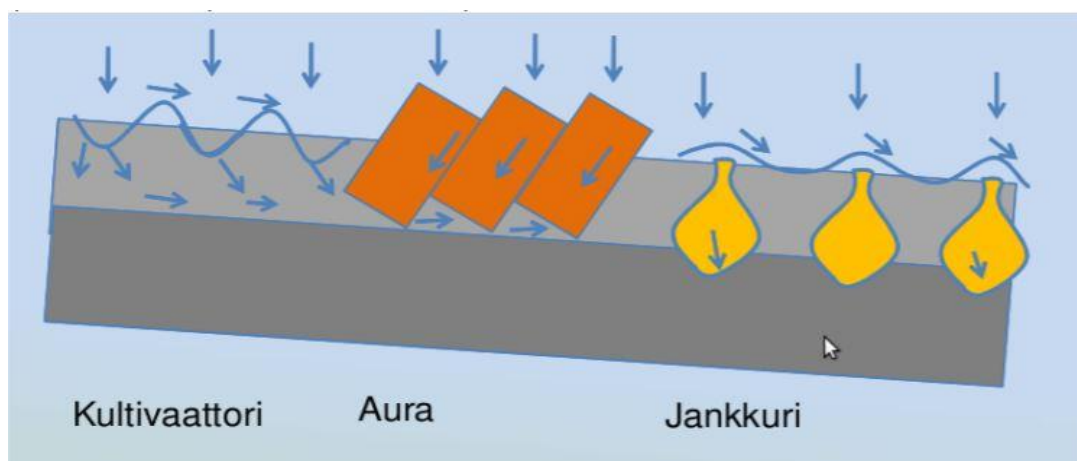
Tiivistymä syntyy, kun pellon käytössä työskennellään pellon pintaa myöten liikuen. Pellon pinnan tiivistymään vaikuttaa todella moni asia esimerkkeinä viljeltävä kasvi, viljelykierto, maan multavuus, maalaji, maan rakenne, vesitalous, koneiden akselipainot, joilla pelloilla työskennellään sekä olosuhteet. Tiivistymän syntyessä maan rakenne painautuu pienempään tilaan ja näin tapahtuessa maan vedenläpäisykyky huononee oleellisesti sekä veden ja siihen liuenneiden ravinteiden kapillaarinen liike maassa keskeytyy lähes kokonaan. Maan rakenteen pilaannuttua myös kasvien juuriston hapenottokyky ja maan huokosten kärsiessä maa supistuu pienemmäksi ja näin ollen kasvin elinvoima heikkenee. Tilanne ruokkii itseään sillä, että kun pellon kasvukunto heikkenee esimerkiksi vesitalouden osalta, joudutaan pellon viljelytoimenpiteet tehdä yhä huonommissa olosuhteissa ja näin tiivistymisongelma pahenee ja levittäytyy pikkuhiljaa koko lohkon laajuiseksi niistä muutamasta alun pistepaikasta. Suurimmat riskit voimakkaaseen pellon kyntöanturan alaiseen tiivistymään on erikoiskasvinviljelytiloilla, joilla varsinkin korjuu on usein suoritettava kosteissa olosuhteissa, ja korjuukoneet ovat erittäin painavia ja tiivistävät pellon joka neliön riviviljelylle tyypilliseen tapaan. (Rekola 2018, 1–4.)

## 4 JANKKUROINNIN PERUSPERIAATE

Jankkuroinnin ideana on estää veden jäämistä makaamaan maanpinnalle tiivistyneen maarakenteen takia. Jankkuri kuohkeuttaa maata syvältä kuitenkin kääntämättä sitä. Maan kapilaarinen toiminta paranee ja vesi pääsee tarvittaessa myös nousemaan alhaalta ylöspäin. Noin 90 prosenttia kasvinjätteistä jää pintakerrokseen mutta alempi maaprofiili nousee kevyesti, maa murustuu ja kuohkeutuu vettä läpäisevämmäksi. Kun maa on kuohkeaa, läpäisee se sadeveden tehokkaammin ja vesi pääsee salaojiin. Tällöin myös pintavalunta vähenee. Jos maa ei läpäise sadevettä jää se tiivistyneen maakerroksen päälle ja aiheuttaa happikadon kasvin juurille. Kasvin juurten joutuessa happikatoon ei se pysty enää kuljettamaan ravinteita kasvin käyttöön. (Mattila 2011, 1; Lötjönen 2009, 1–2.)

Jankkuroinnin onnistumiseen vaikuttaa oleellisesti jankkurointia ennen tehty havainnointi, joka tehdään muun muassa lapiolla kuoppatestien avulla. Tällä pystytään tarkkailemaan maan profiilia ja tutustumaan tiivistymien syvyyteen ja rakenteeseen. Myös penetrometri kuuluu hyvän pohjantyon tekemiseen jankkurointia varten. Tämä on tärkein työvaihe, ettei aiheuteta pahimmassa tapauksessa lisää vahinkoa viljelysmaalle. (Mattila 2011, 2–3.)

Alla oleva Kuva 1 havainnollistaa syväkuohkeutuksen peruseriaatetta.



Kuva 1. Syväkuohkeutuksen peruseriaate (Mattila 2011, 3).

#### 4.1 Syväjuuriset kasvit jankkuroinnin vaihtoehtona

Maan rakennetta pystytään ylläpitämään sekä jopa parantamaan käyttämällä viljelykierrossa syväjuurisia kasveja. Syväjuuriset kasvit kasvattavat paksun, syvälle ylettyvän juuren, joka raivaa itselleen tietä tiiviissäkin maassa. Juuren kasvaessa maa murustuu juuren siirtäessä maahiukkasia kauemmas toisistaan. Hyviä paksujuurisia kasveja ovat esimerkiksi sinimailanen ja öljyretikka, joiden juurilla on kova kasvupaine. Kun juuri katoaa maasta kasvin kuoltua, maahan jää onkaloita, jotka mahdollistavat seuraavan viljely kasvin juuren kasvun syvemmälle, mitä se normaalisti pääsisi tiiviissä maassa. Maan ollessa todella tiivistä ja huonorakenteista ei maan kasvukunnon parantamiseen kuitenkaan enää riitä pelkät syväjuuriset kasvit vaan tarvitaan mekaanisia toimenpiteitä. Mekaaniset keinot ovat nopeampia vaikutukseltaan mutta lyhyt kestoisempia kuin syvien juurten synnyttämiin ja täyttämiin onkaloihin verrattuna. (Myllys 2014, 1–4.)

#### 4.2 Saneerauskasvien käyttö perunanviljelyssä

Saneerauskasvien käyttö on erikoiskasvinviljelyssä ympäristökorvauksen toimenpiteisiin kuuluva viljelyvaihtoehto. Perunan viljelyssä saneerauskasveilla on muitakin hyötyjä kuin pelkkä maan murustaminen ja onkaloiden synnyttäminen. Saneerauskasvit lisäävät perunamaiden humusta, kun kasvi murskataan ja kynnetään maahan. Pellolla, jollaa on viljelty monokulttuurisesti perunaa saattaa olla todella vähän humusta. Humus lisää varsinkin hietaisilla mailla maan veden varastointi kykyä. (Maaseudun tulevaisuus 2016.)

Kuluneen vuosikymmenen aikana Suomen ankerointitilanne on pahentunut huomattavasti ja näiden torjuntaan saneerauskasvit ovat osoittautuneet myös tehokkaiksi. Saneerauskasveina käytettävät öljyretikka ja sinappi erittävät aineita, jotka houkuttelevat ankeroinen toukkia maassa olevista kystista maanpinnalle. Toukat eivät pysty enää lisääntymään saneerauskasveissa ja näin ollen vähenevät. Toukat, jotka eivät nouse pinnalle saattavat säilyä maassa useita vuosia elinvoimaisina kystien sisällä. Tämän takia toimenpidettä joudutaan uusimaan ja saneerauskasvit on hyvä säilyttää viljelykierrossa. (Maaseudun tulevaisuus 2016).

## 5 ERILAISIA JANKKUREITA

Olemassa on useille eri maankäyttötarkoituksille suunniteltuja jankkureita. Yleisimpiä eroja ovat varusteet, materiaalit, rakenneratkaisut, koko ja viljelykauden eri vaiheiden mukainen perusratkaisu sen mukaan milloin ja missä viljelykierron vaiheessa maaperää on tarkoitus syväkuohkeuttaa. (Mattila 2011, 2.)

### 5.1 Jankkurien peruseräite

Perusrakenne jankkurissa määräytyy hyvin pitkälle sitä vaaditun työtehon, työsyvyyden ja maaperälle vaaditun työtuloksen perusteella. Jankkurien rakenne on usein erittäin raskas, koska itse laitteen läpi kulkee suuri määrä liike-energiaa varsinkin maalajin muuttuessa kevyistä raskaammiksi. Myös materiaali itse rungossa on tärkeä olla riittävä tässä tapauksessa. Laitteen rakenne määrittää myös muita oleellisia asioita esimerkiksi millaisia varusteita, esimerkiksi pakkereita, laitteeseen voidaan asentaa, millaisissa työsyvyyksissä laitetta voidaan käyttää ja mikä on teräpiikkien etäisyys toisistaan. Ohjearvona yleisesti jankkurin valmistusta tai hankkimista suunniteltaessa pidetään laskukaavaa (työsyvyys  $\times 2$  = teräpiikkien etäisyys toisistaan) esimerkiksi työsyvyyden ollessa 450mm etäisyys saadaan selville seuraavanlaisesti:

$$(450 \times 2 = 900)$$

Etäisyys piikeillä toisistaan tulisi olla siis 900mm

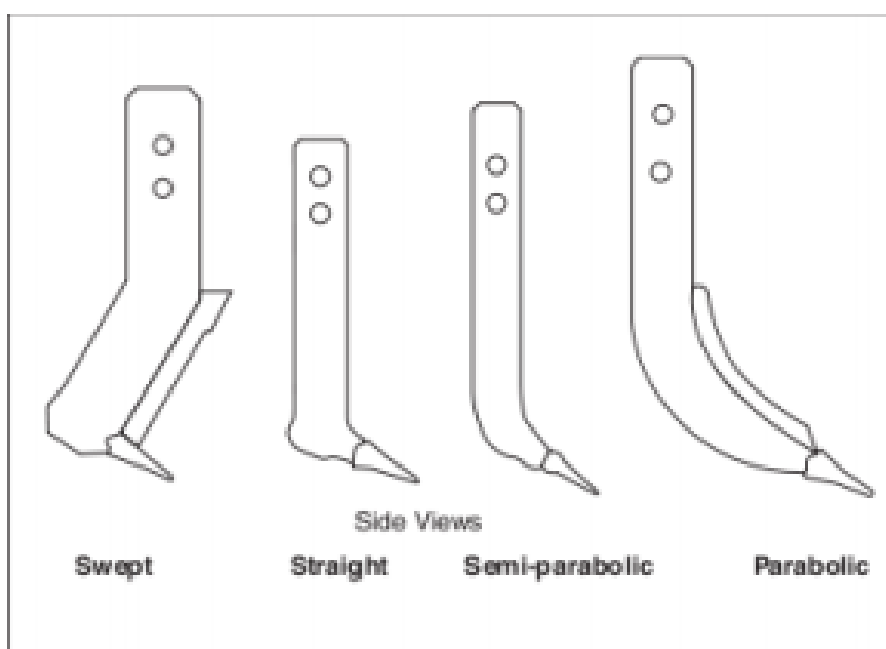
Tätä kaavaa noudattaessa vältetään nostamasta maapatjaa koko pinta-alaltaan irti pohjamaasta ja pienennetään riskiä aiheuttaa vaurioita kyntöanturan alapuolelle, esimerkiksi saamalla aikaan uusi entistä vaikeampi tiivistymä jankkurointisyvyyden alle. Tämän tapahtuessa maanrakennetta on enää erittäin vaikea korjata edes entiselleen. Jankkureissa tulee olla myös niin kutsuttu sulakepaikka eli paikka, josta terä antaa periksi hallitusti läpäisemättömän esteen tullessa tielle eli toimii samalla periaatteella kuin kyntöauroissa. Näissä yleensä käytetään joko mekaanista lehtijousilla toteutettua laukaisua, jossa jousiteräkset taipuvat ja antavat jankkurin terälle vasta-



painon liikkua takaisin paikoilleen kiven jälkeen ja joustaa rikkoutumatta tai hydraulista laukaisua, jossa hydraulilla laukaisimissa oleville sylintereille asetetaan paineöljyakkujen kautta ja kyseinen paine määrittää missä vaiheessa laukaisulaite antaa periksi. Kivettömille maille on vaihtoehtona myös murtopulttilaukaisu. Ilman asianmukaista laukaisulaitetta ajettaessa, voidaan aiheuttaa suurta vahinkoa itse jankkurin rungon tai terien rakenteelle. Laukaisulaitteen tarpeen voi arvioida myös helposti vääräksi, jos itse muokkauskerros on kivetöntä maata, mutta kyntöanturan alla on maakivien mahdollisuus. (Hankkija 2019; Lantmännen Agro 2019; NHK-Ko-nekeskus 2019.)

## 5.2 Jankkurien terämallit

Terien malli määräytyy jankkurin käyttötarkoituksen mukaan eli aiotaanko jankkuriä käyttää sadonkorjuun jälkeen ennen saneerauskasvin kylvöä, nurmitiloilla kesken nurmikierron, vai jätetäänkö maa lepäämään satokauden jälkeen jankkuroituna. Terämalli määrittää työnjäljen lisäksi myös oleellisimman eli miten terä maapatjaa kohoottaa pohjamaasta. Tällä on lopputuloksen kannalta oleellinen merkitys. Eri terillä voidaan vaikuttaa myös tehontarpeeseen. (Mattila 2011, 2.) Alla oleva Kuva 1 havainnollistaa olemassa olevia jankkurin terämalleja.



Kuva 2. Esimerkkejä jankkurin terämalleista (Mattila 2011, 2).

Parabolinen terä muistuttaa kyntöauran muotoa, sillä on alhainen vetovastus, mutta sen huonoihin puoliin kuuluu pohjamaan nostaminen pintaan. Suora terä ei nostata maata tai kiviä pintaan, mutta se on raskas vedettävä. Näiden välistä löytyy puoli-parabolinen terä, joka on yleinen kapea teräisissä jankkureissa. Taaksepäin vinoa terää käytetään harvoin maataloudessa, mutta myös sellainen malli on saatavilla. Eroina terissä on myös erilaiset kärkipalamallit, joita on paljon. Tämä on myös kuluvin osa jankkurissa ja usein se on helposti vaihdettavissa, mutta paljolti käytetään myös kiinteää kärkeä, jossa kärki on teräjalan kanssa yhtenäistä materiaalia. (Matti 2011, 2.)

### **5.3 Jankkurien lisävarusteet**

Jankkurilla voidaan työskennellä laajalti viljelykierron eri vaiheissa ja jankkuri tulisi varustella tulevan käyttötarkoituksen mukaisesti. Jankkureihin on saatavilla paljon erilaisia varusteita, jotka luonnollisesti aina vaikuttavat myös hintaan. (Hankkija 2019; Lantmännen Agro 2019; NHK-Konekeskus 2019.)

Leikkurit on nurmitiloilla oleellinen asia, jos jankkurointi suoritetaan nurmikasvustoon. Leikkureita on olemassa kyntöaurastakin tuttu kiekko-leikkuriversio, jossa terien edellä kulkee teräväreunainen teräskiekko leikaten nurmen juuristoon viillon kiekkoa seuraavaa terää varten, ettei terä revi nurmen juuristoa ja nosta juurituppoja pellon pinnalle. Nurmen juuret ja näin ollen itse kasvusto myös kärsisi tästä huomattavia vaurioita ja koko nurmi saatettaisiin joutua perustamaan uudestaan, mutta kiekko-leikkureiden ansiosta nurmen juuristo ei merkittävästi vahingoitu ja nurmen juuren pääsevät tunkeutumaan jankkurin tekemiin viiltoihin maahan ja tällöin tehostaa entisestään jankkurin työtä. Leikkurit ovat yleisimmin sänkimaita varten kiinteänä terän varressa, mutta nurmikasvustoissa tämä aiheuttaa repeytymistä turhaan. On olemassa myös terä- ja jalasmalleja, joissa ei ole terää ollenkaan, mutta nämä mallit ovat tarkoitettu lähinnä viljelykierron perusmuokkausta edeltävien vaiheiden jankkuroimiseen. (Hankkija 2019; Lantmännen Agro 2019; NHK-Konekeskus 2019.)

Pakkerit ja jyrät kuuluvat myös usein jankkurien varusteluun. Nämä ovat yleensä myös jankkurin kannatteleva ja korkeussäätöön vaikuttava osa (kuvissa 3 ja 4.) Jankkurissa voi olla myös vain erilliset kannatuspyörät, jos erillistä pakkeria ei ole jankkuriin asennettu. Jyrät ovat yleisimmin käytössä nurmilla ja niihin on olemassa kumipäällysteisiä kokopakkerieita tai teräksisiä/muovisia erikoisnurmiyjriä. Yleisimmin käytössä on tavan putkipakkeri tai kannatuspyörät. Pakkerin tai jyrän tehtävä on painaa maa pinnasta takaisin alemmaksi, ettei pintaan jää esiin jankkurin tekemää "aaltoliikettä". Jyräyksellä saadaan myös tehostettua maaperän murustumista myös pinnan osalta, kun maata liikutetaan kahdelta suuntaa. Tämä edistää maan mururakenteen paranemista ja näin ollen myös maan hapenottokykyä, multavuuden nousua ja kasvustoon tehtynä kasvin juurten liikkumista maahan tullesiin halkeamakanaviin. Tämä luonnollisesti myös johdattaa routaa syvemmälle, kun maassa ilmavuus ja kosteus nousevat myös kyntöanturan alapuolella ja kuohkeutus siis näin ollen ruokkii itse itseään. Jankkurin korkeudensäätö voidaan toteuttaa joko mekaanisesti pakkerilla tai tukipyörillä tapeilla tai kierrettävillä säätövarsilla portaatomasti. Portaaton säätö saadaan myös aikaan, jos säätövarsien tilalla on hydraulisylinterit. Koneen korkeutta voidaan tällöin muuttaa hytistä nousematta traktorin hydrauliliikalla, mutta kyseisen tavan näppäryys voidaan asettaa kyseenalaiseksi, kun tarkka mittaus työsyvyyteen joudutaan pääsääntöisesti tekemään mekaanisesti rullamitan avulla ja tässä vaiheessa koneesta on joka tapauksessa hetkellisesti poistuttava. (Hankkija 2019; Lantmännen Agro 2019; NHK-Konekeskus 2019.)

Jankkureihin asennetaan myös paljon täydennyskylvölaitteiksi kutsuttuja piensiemenen tarkkuuskylvöön erikoistuneita laitteita, jotka toimivat yleisimmin sähkön voimalla putkisyöttö periaatteella. Viskana näistä ei jankkurin jäljessä ole isoakaan hyötyä vaan ne soveltuvat paremmin nurmiyjriin tai mönkijöihin. Näillä voidaan jankkurin yhteydessä täydentää nurmikasvustoa paikka tai täydennyskylvönä. Laitteella voidaan myös perustaa uusi kasvusto jankkurin jälkeen, mutta näihin asioihin menemme tarkemmin vasta työn myöhemmissä osioissa. Laitteissa on paljon valinnan varaa koossa ja levitysleveydessä myös tarkkuus vaihtelee kylvölaitteissa. (Hankkija 2019; Lantmännen Agro 2019; NHK-Konekeskus 2019.)

Alla Kuva 3 ja Kuva 4 havainnollistavat erilaisia pakkereita.



Kuva 4. Jankkuri varustettuna nurmijyrillä (Hankkija 2020, verkkosivut).



Kuva 3. Jankkuri varustettuna putkipakkerilla ja hydraulilaukaisimilla (Hankkija Oy 2020, verkkosivut).

## 6 JANKKUROINNIN OIKEA AJANKOHTA JA SÄÄOLOSUHTEET

Jankkuroinnin ajankohtaan vaikuttavat tilan viljelykierto, viljelyssä olevat kasvit, muokkaustapa, maalajit, ja sääolot. Viljeltävät kasvit määrittävät jankkurille kierrossa oikean ajankohdan suorittaa syväkuohkeuttaminen. Syväjuurisia kasveja esimerkiksi rypsiä, rapsia tai saneerauskasvien perustamista edeltävä aika on oikea ajankohta suorittaa jankkurointi jolloin näiden juuret kasvavat jankkurin tekemiin viiltoihin ja pitävät ne kuohkeina. Tähän myös vaikuttavat kuitenkin muutkin edellä mainitut seikat eli maan tulisi olla kyllin kuivaa, ettei tapahdu tarpeetonta lisätiivistymistä pahimmassa tapauksessa vanhan kyntöanturan alapuolelle. Kyllin kuiva maa myös murustuu perusteellisemmin, kun taas kosteahkoon maahan jankkuri jättää vain tasisia ja sileitä viiltoja, jotka painuvat heti uudestaan kiinni.

Maan kosteustilan saa helposti selville kokeilemalla saako kyseisen työsyvyyden kohdalta maasta tehtyä ohuehkoa nauhaa. Jos maa muovautuu nauhaksi, on maa liian kostea ja plastista syväkuohkeuttamiseen, eikä tällöin voida suorittaa turvallisesti ja tehokkaasti jankkurointia. Maalaji määrittää myös toki maan kosteutta syväältä hyvin pitkälle, sillä kapillaarinen vedennousu ja taas sadeveden imeytyminen alaspäin maahan on kiinni maan hiukkasjakoisuudesta. Tässäkin kohtaa on vielä syytä olla tarkkana, sillä maa saattaa syväältä olla vaikeassa tiivistymisen asteessa täysin kuivaa, mutta pinta voi olla kostea, jopa litkuinen. Tällöin jankkurointia tulisi myös välttää, sillä pinnan maanrakenne kärsii tästä tavasta tarpeettomasti traktorin pyörän luistaessa hallitsemattomasti jankkuria vedettäessä kuivassa ja kovassa pohjamaassa. Tällöin tulisi malttaa odottaa myös pintamaan riittävää kuivumista, että itse ongelma saataisiin kerralla turvallisesti kuntoon. Varsinkin multavien maiden syksyinen viljan sänki sekä paljas korjuun jäljiltä oleva perunapelto pitää veden hyvin tehokkaasti pinnassa ja haihdunta ei yleensä syksyisin ole enää tehokasta. Tällöin tehdään usein virhe menemällä jankkuroimaan peltoa ja yritetään hakea pintavesien laskua tekemällä jankkurilla ”ojitus” ja johtamalla vesi näin tiivistyneen kerroksen läpi salaojiin. Tämä tyyli on kuitenkin väärä ja tähän tarkoitukseen on olemassa siihen tarkoitettu laite eli myyräaura. Siinä on vain yksi teräjalas, joka ei sinänsä aiheuta märässäkään maassa vahinkoa maan rakenteelle vaan tekee avoimen viillon maahan. Yleensä terän perässä tulee myös kuula, joka tekee maahan pienen salaojan ja tällä saadaan maahan salaojan tekniikkaa jäljittelevä käytävä,

joka johtaa pintaveden tehokkaasti pois pellolta esimerkiksi läheiseen valtaojaan. (Mattila 2016, Maatilan Pellervo.)

Maan tulisi myös olla kokonaan sula jankkurointia suorittaessa, vaikka kiusaus olisikin suuri toteuttaa kostean pintamaan jäädyttyä. Tämä tyyli on toki parempi kuin syöksyä pellolle jankkuri perässä, kun maa on märkä. Tässä kuitenkin voi tulla ongelmia seuraavana keväänä perusmuokkausta suorittaessa, sillä maa tulee jää ”leippojen” irrotessa pinnasta erittäin epätasaiseksi ja sekoittaa pintaa myöskin kyn-töauralle epäsuotuisaksi. Jankkuri itsessään on myös yleensä erittäin lujilla tällai- sessa toiminnassa. Väärissä olosuhteissa jankkuroidessa aiheutetaan pellolle tar- peettomasti suurta vahinkoa, joka voi johtaa pahimmillaan suuriin taloudellisiin tap- pioihin. (Mattila 2016, Maatilan Pellervo.)

Etenkin perunanviljelyssä on tarpeen saada myös maan kapillaarista toimintaa pa- rannettua sillä maa sekä perusmuokataan että kylvömuokataan suhteellisen sy- vään. Tätä kompensoidaan myös usein pintahaidunнан minimoinnilla eli tiivistä- mällä perunapenkkiä mekaanisesti. Mekaaninen tiivistäminen ja penkin koon kas- vattaminen parantaa myös perunan selviytymismahdollisuuksia kovien sateiden ai- kaan, jolloin maan rakenteen on myös tärkeää olla kunnossa syvemmältäkin (Hau- tala 2017, 7–8.)

## 7 AJOTEKNIIKAN MÄÄRITYS TARPEIDEN MUKAAN

Haluttu lopputulos määrittää pitkälle tavan mikä valitaan itse työn toteuttamiseen eli onko tavoite rikkoa kyntöantura? Onko tavoite tehdä kylvöpohja syväjuuriselle maanparannuskasville? Onko tavoite parantaa vedenläpäisykykyä? Onko tavoite lisätä jo olemassa olevan kasvuston juurten hapenottokykyä?

Ensimmäiseksi on tärkeää määrittää omat tarpeet ja niiden selvittäminen käy kätevästi asiaan tarkoitettulla mittalaitteella eli Penetrometrillä, lapiolla tehtävällä kuoppatestillä tai näillä molemmilla yhdessä. Itse tiivistymän toteamiseen käy sinänsä jo pala harjaterästä, jolla voi todeta meneekö puikko helposti maahan vai tuleeeko kovaa vastaan.

## 8 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 8.1 Penetrometri

Penetrometri laitteena on varsin käytännöllinen ja siitä saa tarvittavaa tietoa jo käytettävästä mallista riippumatta. Yleisin ja halvin malli on varustettu viisarimittarilla, joka kertoo tiivistymäasteen sitä mukaa kun laitetta painetaan maahan. Tästä ei kuitenkaan jää talteen dataa vaan syvyys on todettava itse ja painettava mieleen viisarin antamat lukemat. (Anttila 2005, 1–2.)

Meillä oli työssä käytössämme Perunantutkimuslaitokselta lainaan hankkimamme Ejkelkamp-merkkinen penetrometri, jolla suoritimme mittaukset tätä opinnäytetyötä varten. Kyseinen laite oli digitaalinen ja sisälsi mahdollisuuden saada pellostä saatu data talteen ja siirrettyä vaivattomasti tietokoneelle. Laite ilmoittaa senttimetreit, joissa tiivistymä alkaa ja osoittaa käyränä asteikolle kaikki tiivistymän aiheuttamat painepiikit ja laskut mitä laite aistii tikkua maahan painettaessa. Laite vaatii 10 pistoa aina yhtä tiivistymänäytettä varten ja itse tulee arvioida ovatko pellon tiivistymäasteet eri tyyppisiä ja jos näin on, tulisi lohkolta ottaa useampi tiivistymänäyte, jotta tiedetään miten työsyvyyttä tulisi säätää eri peltolohkon osissa. Pystyimme kätevästi tekemään mittaukset pellolla yhdellä kertaa keskittymällä ainoastaan tähän ja laite keräsi itse saamamme datan talteen myöhemmin käsiteltäväksi. Laite itsessään ei ollut järin helppokäyttöinen johtuen vanhasta vuoden 2001 ohjelmistoversiosta ja tietokoneiden kehitystason noususta. Saimme kuitenkin laitteella helposti todettua maan rakenteen tarvitsevan kipeästi syväkuohkeutusta. ja itse työ pystyi alkaa tästä mittauksesta.



## 8.2 Kuoppatesti

Kuoppatesti on helppo tehdä eikä vaadi erikoislaitteistoa. Puukko ja lapio tulisi löytää mukaan. Kyllin syväksi kaivetusta kuopasta on helppo määrittää maan lohkaraisuus eri kerroksissa, lierojen ja muiden eliöiden määrää, juurimassan määrä sekä tiivistymäkerrokset. Tiivistymä on helppoin löytää kuljettamalla puukkoa kuopan kylkeä pitkin alhaalta ylöspäin, pohjamaa on yleisesti pehmeää mutta kyntösyvyyden alapuolella on usein tiiviimpi kerros jonka huomaaminen puukolla on helppoa. Jos tiiviimpi maakerros todetaan, löytyy oikea jankkurointi syvyys 2-5 senttiä kerroksen alapuolelta. Samalla on hyvä todeta myös että maa on kyllin kuivaa työskentelyyn. Työskentelyn edetessä tulosten toteaminen kuopasta on tarpeen, että voidaan taata onnistuminen.

## 8.3 Ajotekniikka

Jankkuroinnin lopputulos riippuu myös oleellisesti ajotekniikasta eli miten ajolinjat suunnitellaan ja millä nopeudella ajetaan. Nopeuteen on hyvänä ohjesääntönä olemassa noin 4-5km/h, mutta nopeuteen toki vaikuttaa myös jankkurin koko suhteessa traktoriin eli millä nopeudella kone jaksaa jankkuria vetää perässään. Nopeus ei kuitenkaan saisi nousta liian suureksi, sillä maa murustuu tässä tapauksessa jo liikaa eikä työn lopputulos ole tasainen. Nopeutta sanelee myös se minkälaisesta maalajista ja maan multavuudesta on kysymys. Karkeajakoinen maa murustuu herkemmin kuin savipitoinen maaperä. Jankkurin lisävarusteet kuten pienenkylvölaite on säädettävä jankkurin ajoehtojen mukaan. Nopeus esimerkiksi ei saa nousta kylvölaitteen johdosta. Ajotekniikan valinta tehdään osaksi jo jankkuria ostaessa, kun valitaan omille maille hyvin soveltuva terämalli sekä haluttua lopputulosta tukevat varusteet jankkuriin.

## 8.4 Koelohkot

**Lohko1:**n maalaji on hieno hieta ja multavuus luokassa multava. Viljelykiertoa ei juuri ole ollut vaan välissä on ollut 10 vuoden tauko heinällä perunanviljelystä. Loh-

kolla on suoritettu perusmuokkaus keväällä ja sen jälkeen normaalit perunanviljelyyn liittyvät toimenpiteet. Olosuhteet ovat olleet normaalit. Koneiden painot asettuvat luokaan 3000-6000 kg. Tutkimus suoritettiin keväällä 2018 ennen seuraavaa perusmuokkausta.

**Lohko2:**lla maalajina on hieno hieta ja multavuus vähämultainen. Viljelykiertoa ei ole ollut vaan lohkoa on viljelty monokulttuurissa perunalla jo vuosikymmeniä. Lohkolla on suoritettu perusmuokkaus edellisenä syksynä ja sen jälkeen normaalit perunanviljelyyn liittyvät toimenpiteet. Olosuhteet ovat olleet normaalit. Koneiden painot asettuvat luokaan 3000-6000 kg. Tutkimus suoritettiin syksyllä 2018 ennen seuraavaa perusmuokkausta.

**Lohko3:**lla maalajina on hieno hieta ja multavuus vähämultainen. Viljelykierrossa on ollut edellisinä vuosina kauraa ja öljykasveja ja viimeisenä perunaa. Lohkolla on suoritettu perusmuokkaus edellisenä syksynä ja sen jälkeen normaalit perunanviljelyyn liittyvät toimenpiteet. Olosuhteet ovat olleet normaalit. Koneiden painot asettuvat luokaan 3000-6000 kg. Tutkimus suoritettiin syksyllä 2018 ennen seuraavaa perusmuokkausta.

## 8.5 Mittauspaikkojen valinta

Valitsimme lohkoiksi mahdollisimman erilaisilla viljelykierroilla olevia lohkoja, joiden maaperä on mahdollisimman samanlaista. Tällä tavalla saisimme selville viljelykierroin vaikutuksen tiivistymiin. Ainoana erona oli Lohko3 hietakerroksen alla oleva kova savimaa. Mittapaikoiksi valittiin pellon keskiosa, sillä sieltä odotimme saavamme tasaisimmat tulokset. Tämä siksi, että lohkojen päisteitä ei välttämättä ole rasi- tettu tasapuolisesti. Mittauspaikat ennen jankkurointia ja jankkuroinnin jälkeen hieman vaihtelivat eivätkä täysin ole samoista kohdista.

## 9 TUTKIMUSTYÖN TOTEUTUS

Tässä luvussa käsittelemme tutkimustyön toteutusta. Käymme läpi myös työn eri vaiheita. Luvun lopussa esittelemme tulokset.

### 9.1 Työn aloittaminen

Työtä aloittaessa arvioitiin pahimmat tiivistymäpaikat ja kaavailtiin niille sopiva mitta- ja ajotekniikka. Pahimpia tiivistymiä lähdettiin etsimään maalajiltaan otollisimilta lohkoilta, mutta arviota tehdessä ja lohkoa valittaessa iso kriteeri oli myös viljelyhistoria. Lähdimme lähestymään lohkoja joissa oli viljelty perunaa pahimmillaan 1970-luvun alkupuoliskolta lähtien joissain yhtämittäisesti ja joissain pieniä poikkeuksia välillä ollut. Yksi lohko taas oli ollut 10 vuotta välillä heinällä ja siinä on viljelty perunaa mittausta tehdessä kolme vuotta. Tässäkin lohkossa löytyi historiasta 20 vuoden perunan monokulttuuriviljelyjakso ja tämä näkyi varmasti edelleen mittauksissa ja havainnoissa. Mittauksessa toki otetaan laaja otanta yhteen näytteen ja siihen tulee mukaan sekä painanteita että tasaista pintaa mutta painanteet voidaan eritellä osanäytteinä.

Hankimme lohkomietinnän jälkeen käyttöömme penetrometrin Perunantutkimuslaitokselta sekä jankkurin Huhtamäki-Vakkuri kyläyhdistykseltä ja teimme näihin tarvittavat säädöt ja ohjelmat ennen työn aloittamista. Jankkurin veturiksi valikoitui noin 120kw tehoinen 5500kg painava traktori. Itse jankkuri liikkui tällä koneella erittäin jouhevasti eikä optimiolosuhteissa tehty jankkurointi aiheuttanut pintaluistoa renkaissa. Alla olevassa Kuvassa 2 on tutkimuksessamme käyttämämme penetrometri.



Kuva 7. Tutkimuksessa käytetty penetrometri.

## 9.2 Tutkimustyön toteutus

Jankkurointiin ryhdyttiin, kun olosuhde oli otollinen ja siihen varattiin riittävästi aikaa. Kävimme läpi työn toteutuksen ja teimme myöskin kuoppatestejä lapiolla, jotta saimme käsityksen maalajimuutoksista eri kohdissa operoitavia lohkoja. Näin yritettiin saada aikaan mahdollisimman tasainen tulos testatessa maan tiivistymää.

Myös penetrometrimittauksia tehtiin, että saatiin tasaväkinen käsittelyalue. Alla olevassa Kuvassa 3 suoritamme penetrometrimittauksia.



Kuva 8. Penetrometrimittaus.

Jankkurointi suoritettiin tasalaatuisesti jokaisessa testauspaikassa noin 50cm syvyyteen lukuunottamatta yhtä näytettä jossa tehtiin kokeilujankkurointi 40cm syvyyteen. Tällä haluttiin nähdä aiheuttaako terä murustumista suuremmalla alueella jankkossa vai ”leikkaako” terä veitsimäisesti tiivistymää. Jankkurointinopeutena pidettiin noin 3km/h ja vauhti tasaisena, etteivät maakerrokset ala sekoittua. Jankkurointivaiheen päätyttyä teimme tarvittavat penetrometrimittaukset jankkuroiduista kohdista. Kaikilla tutkimuksessa mukana olleilla peltolohkoilla olivat olosuhteet lähes identtiset, ja kaikki lohkot olivat kyntämättömiä suoraan perunannoston jäljiltä. Alla Kuvassa 4 näkyy jankkuroimiseen käyttämämme kalusto.

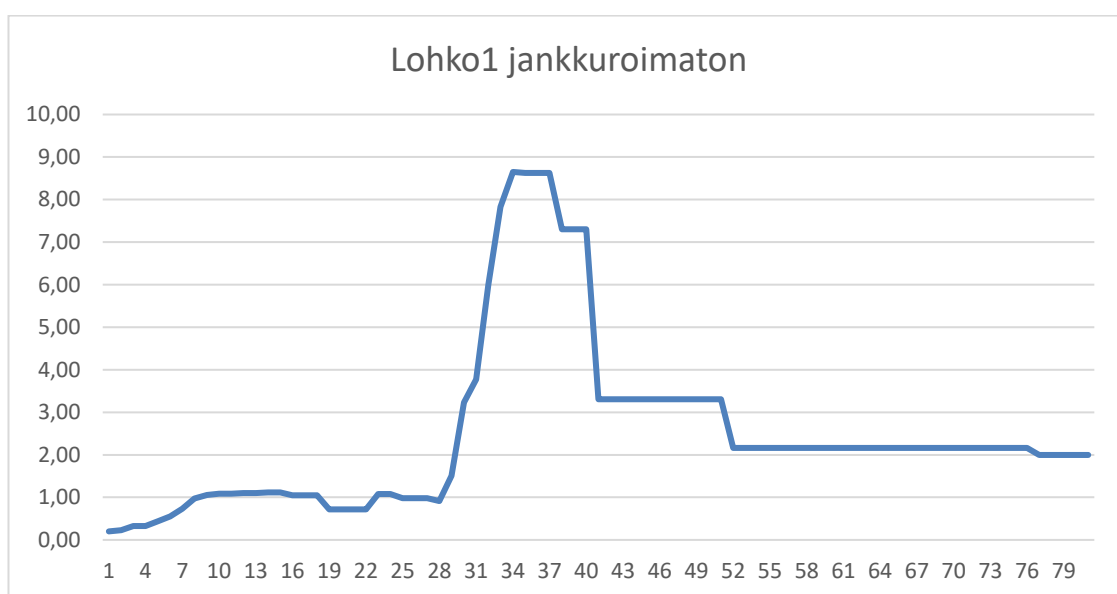


Kuva 9. Jankkuroinnissa käytetty kalusto.

## 10TUTKIMUSTYÖN TULOKSET

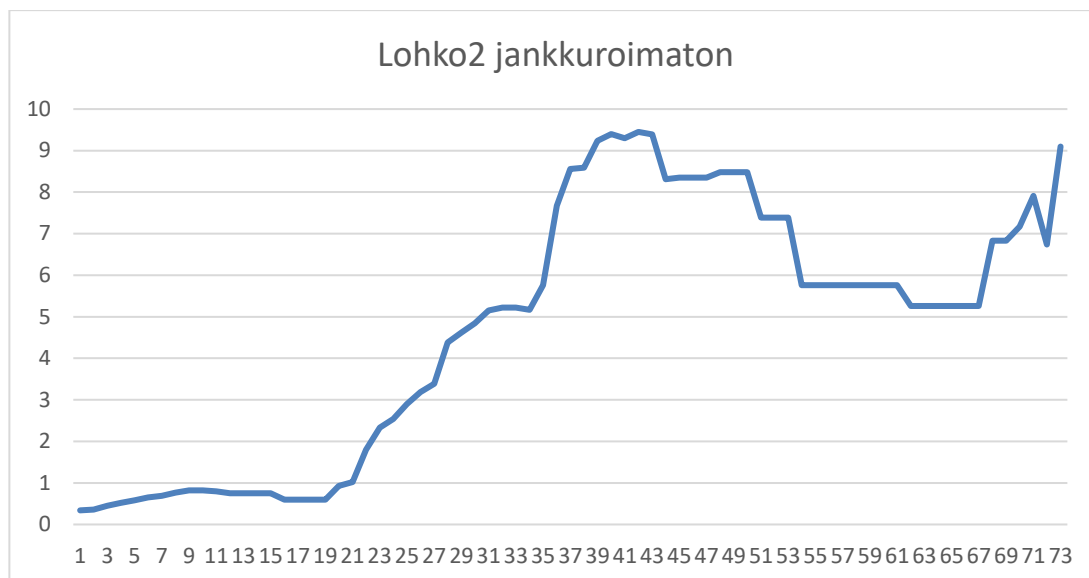
Tässä luvussa on havainnollistettu penetrometrillä otetut tulokset tiivistymäkäyrän avulla. Käyrä kuvaa tiivistymän kovuutta eri syvyyksissä. Kaavioissa y-akseli kuvaa syvyyttä ja x-akseli painetta.

Koelohkolla 1 on ollut 10 vuoden tauko perunanviljelystä ja tulokset otettu kolmen perunanviljelykauden jälkeen. Alla oleva kuvio 1 kuvaa tätä tilannetta. Jankkuroimattomassa kohdassa nähdään, että tiivistymä on keskittynyt tässä lohkoissa juuri kyntöanturan alapuolelle noin 30-40 sentin syvyyteen ja sen jälkeen alkaa jälleen pehmeä maa, jossa ei ole tiivistymää.



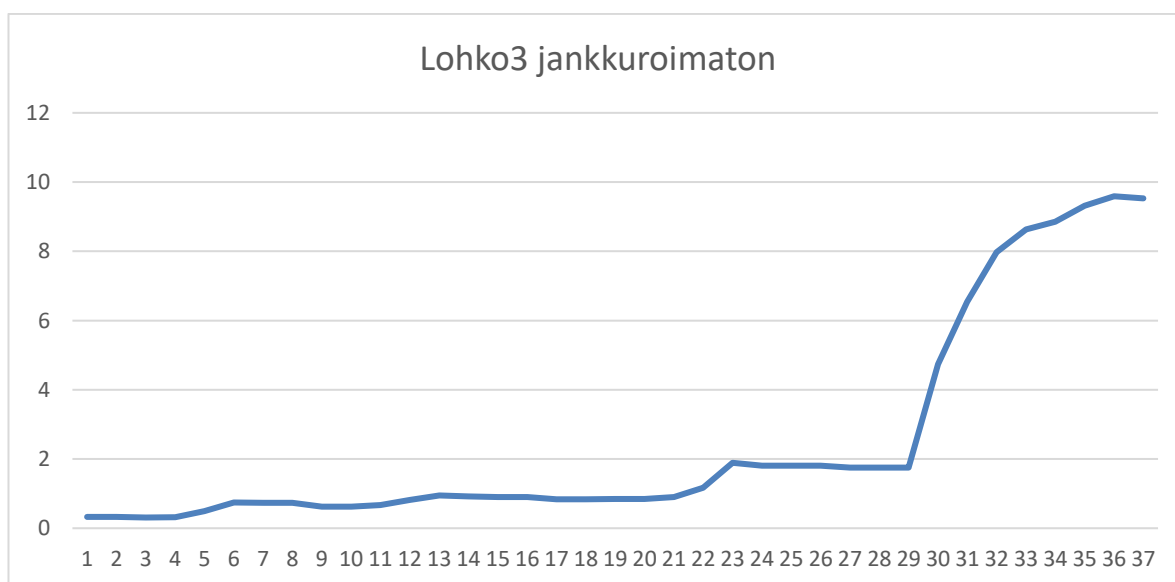
Kuvio 1. Lohko1 jankkuroimaton

Alla oleva Kuvio 2 havainnollistaa lohkoa, jossa perunanviljelyä on harjoitettu monokulttuurina vuosikymmeniä. Tiivistymä ulottuu myös syvemmälle kuin kyntöanturaan.



Kuvio 2. Lohko2 jankkuroimaton.

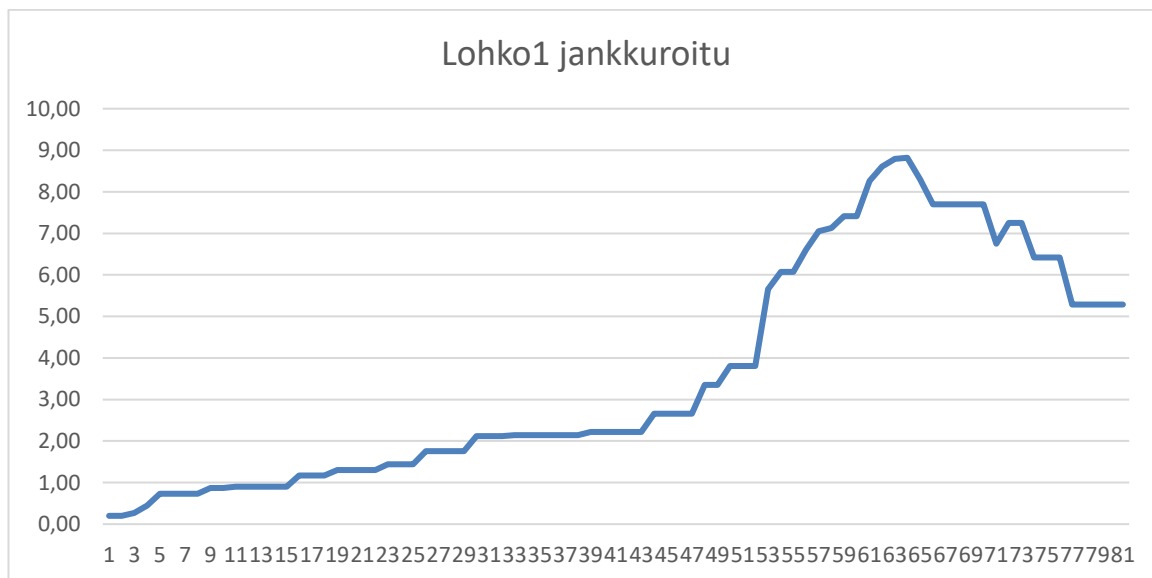
Alla oleva Kuvio 3, kuvaa kolmatta lohkoa ennen jankkurointia. Lohko numero kolmessa ei päästy penetromerillä kuin reiluun 35 senttiin. Maalajina on savi ja tiivistymä oli niin kova, ettei siitä päästy läpi.



Kuvio 3. Lohko3 jankkuroimaton.

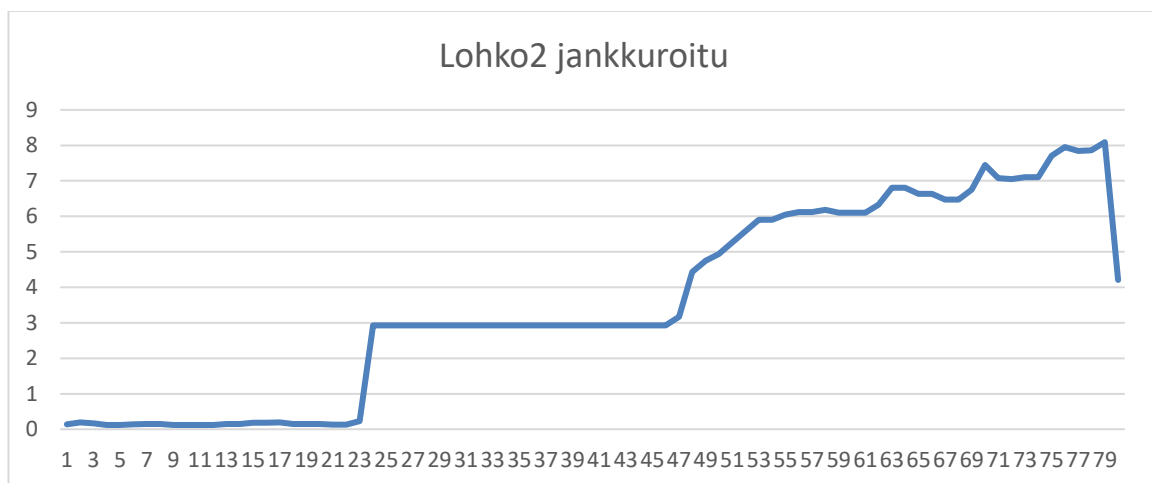


Alla oleva Kuvio 4 havainnollistaa lohkoa 1, jossa jankkurointi on suoritettu. Jankkuroidussa voidaan huomata, että tiivistymä on tässä kohtaa löytynyt syvempää jankkuroinnin jälkeen. Kyntöjankko on kuitenkin poistunut.

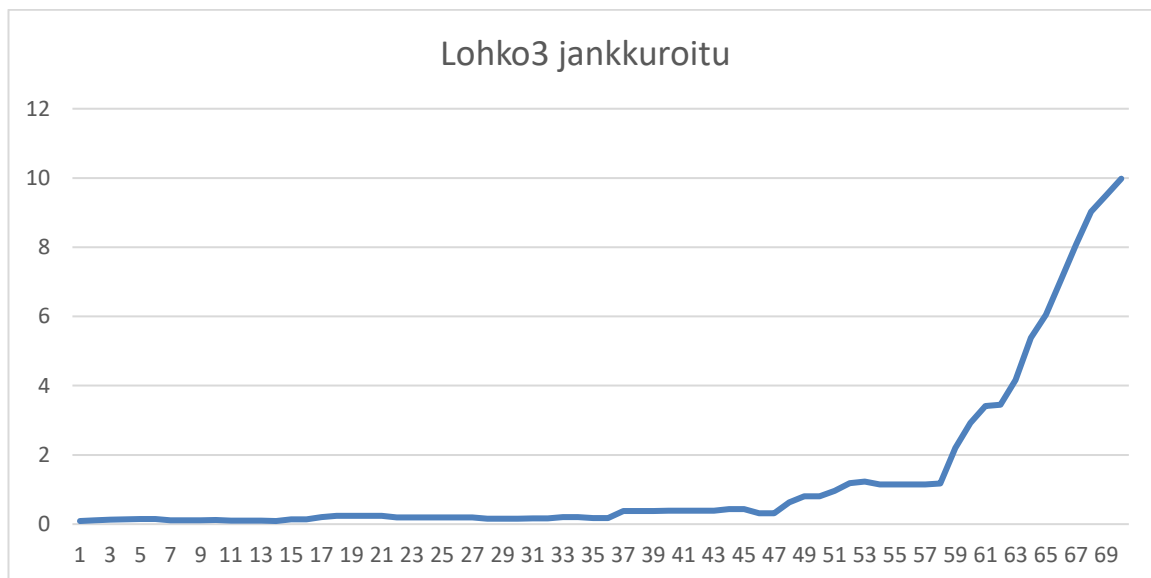


Kuvio 4. Lohko1 jankkuroitu.

Alla oleva Kuvio 5 havainnollistaa tilannetta, jossa lohko 2 on jankkuroitu. Tässä lohossa havainnollistuu, että kyntöjankkoa on saatu rikottua jankkurointisyvyyteen saakka ja pohjamaa on edelleen kovaa. Tämä kuitenkin riittää usein sillä väylä sa-laojiin on saatu auki ja kesäisin muodostuvat lammikot pitäisi näin vähentyä.

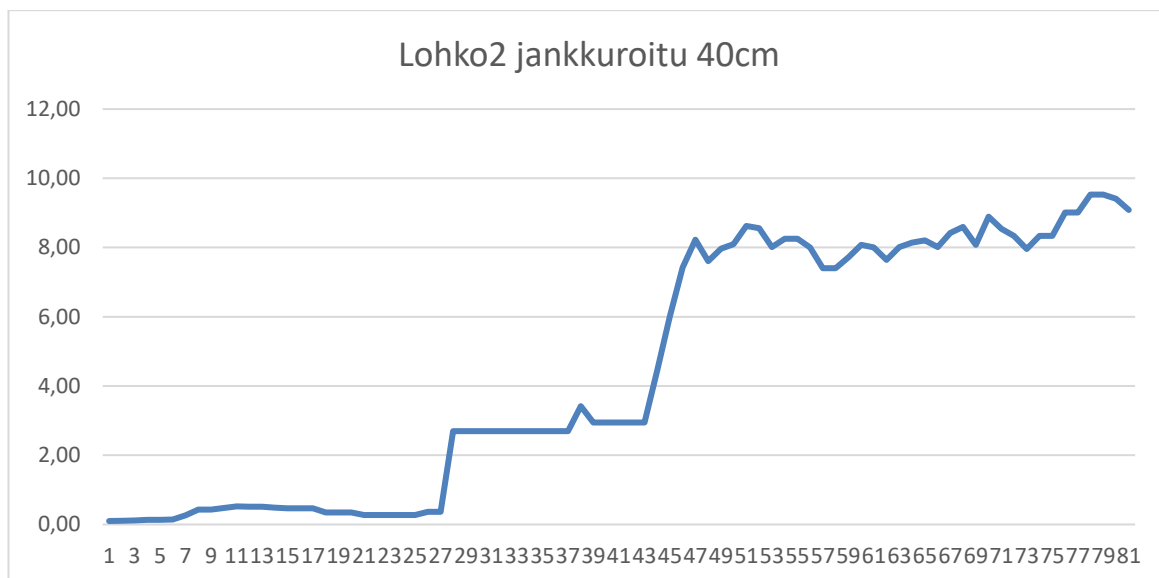


Jankkuroinnin jälkeen päästiin noin 70 senttiin, jonka jälkeen kova savinen pohjamaa muuttui liian kovaksi. Toisella mittauksella päästiin kuitenkin puolta syvemmälle, joten voidaan todeta jankkuroinnin hyöty ilmeiseksi.



Kuvio 6. Lohko3 jankkuroitu.

Matala jankkurointi esimerkkinä. Alla oleva Kuvio 7 kuvastaa lohko 2, joka on testi mielessä jankkuroitu 40 cm syvyyteen 50 cm sijasta. Halusimme havainnollistaa lohkolla, jossa pohjamaa on kovaa erittäin syvältä, että miten käyrä käyttäytyy työsyvyyttä muutettaessa. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että jankkurointi tehtäisiin tarpeeksi syvään, että väylä salaojien soraan saakka saadaan aikaiseksi ja saadaan näin vähennettyä pintavesien kerääntymistä. Myöskin pohjamaan vesitalous paranee huomattavasti riittävän syvyyden saavutettaessa. Lisäksi testissä huomattiin että jankkurin terällä on murentava vaikutus myös muutaman sentin terän alapuolelta eikä pelkästään veitsellä leikkaava vaikutus.



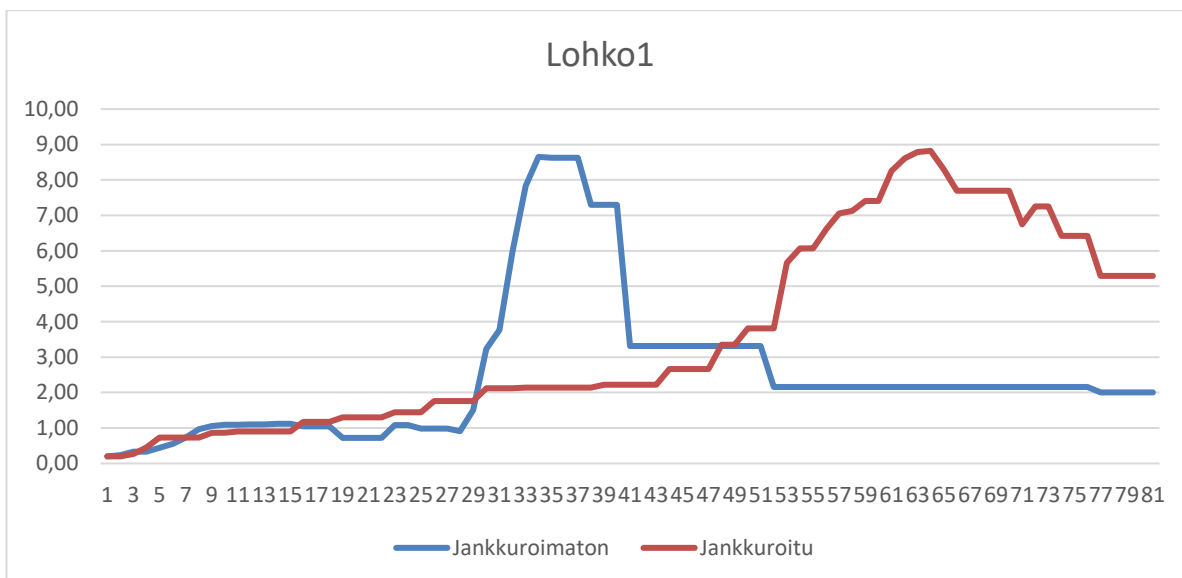
Kuvio 7. Lohko2 jankkuroitu 40cm.

## 11 TULOSTEN YHTEENVETO

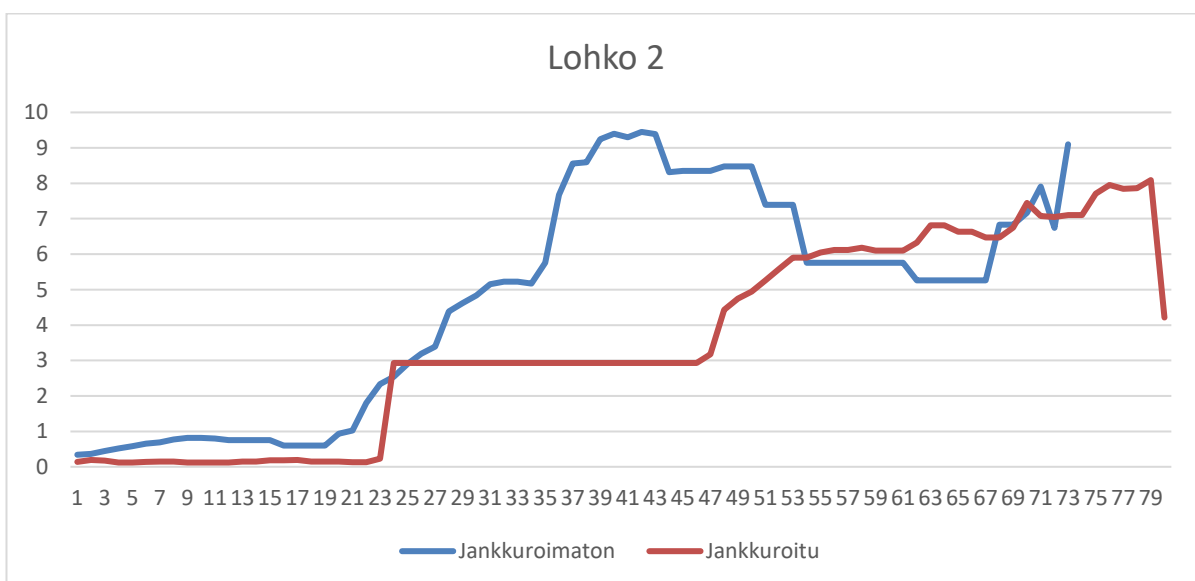
Lähtökohtana todettiin, että jokaisella lohkolla on sama ongelma ja tiivistymä sijaitsee kyntöanturan alapuolella. Tulokset jankkuroinnista koottiin penetrometristä edellä esitetyn mukaisiksi käyriksi ja jankkuroiduista tuloksista käy suoraan ilmi jankkuroinnin vaikutus maaperään. Tuloksien yhteisestä linjasta voidaan lukea, että jankkurilla saadaan aikaan haluttu vaikutus pohjamaan tiivistymän rikkomisessa. Tätä voitaisiin lisätä syväjuurisilla kasveilla ja hyvällä viljelykierrolla, mutta käyrien osoittama tulos näyttäisi auttavan myös vähentämään vesitaloutteen liittyviä ongelmia monokulttuuriviljelyssäkin. Penetrometrin tulokset osoittavat hyvin miten pienet pinnan epätasaisuudet myös vaikuttavat nopeasti jankkurin tekemään maaperän murtoon ja sen vaikutus ei näin ollen ole stabiili. Jankkurointia ennen tulisikin tästä päätellen tasata pinnanmuotoja, ettei esimerkiksi puimurin jäljiltä jää syviä raiteita johonkin kohtaan. Lohkon 1 tiiviyserot pohjamaassa eri mittauskerroilla saattavat johtua juuri tällaisesta syystä. Mittauspaikat eivät olleet aivan samat eri kerroilla, mutta silti lähellä toisiaan. Eli ainakaan maalajien vaihtuvuudestaan ei pitäisi olla kysymys.

### 11.1 Jankkuroitujen lohkojen yhteenveto kaavioina

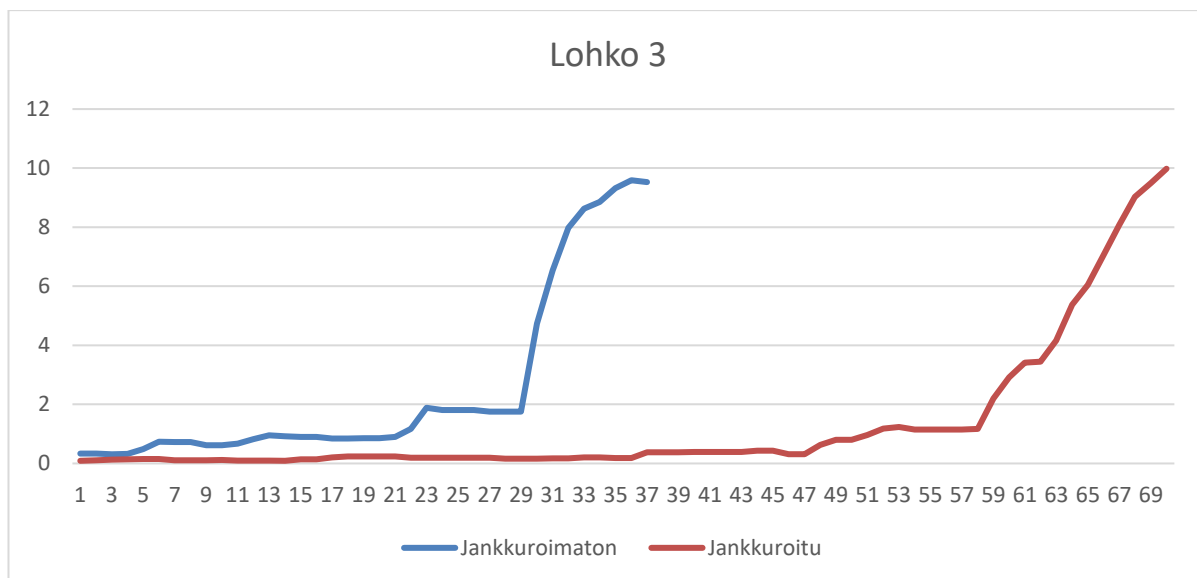
Tulokset tiivistettynä jankkuroimattomat ja jankkuroidut tulokset samassa kaaviossa, josta on helppo nähdä tiivistymäkerroksen siirtyminen.



Kuvio 8 Lohko 1 yhteenveto.



Kuvio 9 Lohko 2 yhteenveto.



Kuvio 10 Lohko 3 yhteenveto.

## 11.2 Loppusanat

Lopuksi arvioisimme, että saimme työstä sellaiset tulokset mitä ennalta odotimme. Kaaviokuviot osoittivat työmme onnistuneen. Arvioimme myös tutkimuksesta olevan hyötyä muillekin viljelijöille.

## LÄHTEET

- Alakukku, L. Maan rakenne. 2018. [Viitattu 20.3.2020]. Saatavilla: <https://www.opal.fi/wp-content/uploads/sites/3/2018/09/Maan-rakenne-Muhkea-maapera.pdf>
- Alakukku, L. Erityyppisten makrohuokosten synty ja merkitys peltoviljelyssä. 2000.
- Anttila, A. Penetrometri tunnistaa maan tiivistymisen! 2005. [http://www.palola.net/sct\\_suom.pdf](http://www.palola.net/sct_suom.pdf)
- Hankkija Oy verkkosivut. 2019. [Viitattu 14.11.2019]. <http://www.hankkija.fi>
- Hautala, N. Penkin muotoilu. Tuottava peruna. 2017.
- Lantmännen Agro verkkosivut. 2019. [Viitattu 14.11.2019]. <https://www.lantman-nenagro.fi/>
- Lötjönen, T. 2009. Maaperän tiivistyminen ja vesitalouden hallinta perunantuotannossa. MTT Kasvinviljely ja teknologia, Ruukki. [Viitattu 17.2.2020]. Saatavana: [http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541572/Maaper%c3%a4n%20tiivistyminen\\_Loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541572/Maaper%c3%a4n%20tiivistyminen_Loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lötjönen, T. 2006. Maaperän tiivistyminen perunantuotannossa - kirjallisuuskatsaus. MTT:n Selvityksiä. MTT Kasvintuotannon tutkimus. [Viitattu 17.2.2020]. Saatavana: <https://docplayer.fi/4248826-Maaperan-tiivistyminen-perunantuotannossa-kirjallisuuskatsaus.html>
- Mattila, T. Jankkurointi oikotienä pellon hyvään kasvukuntoon. Mattila T. 2011 [Viitattu 17.2.2020] Saatavana: [http://luomu.fi/tietoverkko/wp-content/uploads/sites/5/2012/02/Mattila\\_T\\_Jankkurointi\\_oikotiena\\_pellon\\_hyvaan\\_kasvukuntoon\\_1\\_kehys.pdf](http://luomu.fi/tietoverkko/wp-content/uploads/sites/5/2012/02/Mattila_T_Jankkurointi_oikotiena_pellon_hyvaan_kasvukuntoon_1_kehys.pdf)
- Mattila, T. 2016. Pelto kuntoon kolmella askeleella: aseta päämäärä – tarkista nykytilanne – valitse toimenpiteet. Viitattu [14.11.2019]. Saatavilla: <https://maatilanello.fi/2016/01/07/pelto-kuntoon-kolmella-askeleella/>
- Myllys, M. 2014. Maan rakenne paremmaksi juurten avulla. MTT.
- NHK-Konekeskus Oy verkkosivut. 2019. [Viitattu 14.11.2019]. <https://www.nhk.fi/>
- Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. 2016. Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. [Viitattu 31.2.2020] Saatavilla: [https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web\\_maanvesijaravinnetalous\\_B5\\_2016.pdf](https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf)

Pulkinen, M. 2016. Saneerauskasvit purevat ankerosiin. Maaseuduntulevaisuus. [Viitattu 31.3.2020]. Saatavilla <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/suomalainen-maaseutu/saneerauskasvit-purevat-ankeroisiin-1.137645>

Rekola, T. Jankkuroinnista apua maan rakenteen parantamiseen. 2018. [Viitattu 12.11.2019]. Saatavana: [https://etela-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/yhteenveto\\_jankkurointi\\_0.pdf](https://etela-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/yhteenveto_jankkurointi_0.pdf)

Soinne, H. Peltoviljelyn hyvä ravinnetalous ja tuotantokyky. 2011. [Viitattu 20.3.2020] Saatavilla: <http://tara.wdfiles.com/local--files/maan-rakenne/Pellonparannus%20Soinne%20Helena%20Ahlman%2016.2.2012.pdf>