

Juho Rabinä

**Perunanviljelyn vaikutukset maan viljavuuteen ja toimenpiteet kasvukunnan
parantamiseksi**

**Perunanviljelyn vaikutukset maan viljavuuteen ja toimenpiteet kasvukunnan
parantamiseksi**

Juho Rabinä
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Tekijä: Juho Rabinä

Opinnäytetyön nimi: Perunanviljelyn vaikutukset maan viljavuuteen ja toimenpiteet kasvukunnon parantamiseksi

Työn ohjaaja: Kaija Karhunen

Työn valmistumislukukausi: Kevät 2017

Sivumäärä: 75+6

Viljelykierron puutteesta ja kasvaneista sademääristä johtuen perunan satotavoitteiden saavuttaminen on yhä vaikeampaa. Viljavalla maalla on hyvä sadontuottokyky ja maa tuottaa satoa myös tulevina vuosina, kunhan kasvuominaisuudet pidetään kunnossa. Viljavasta maasta kasvit saavat kaikki tarvitsemansa ravinteet sopivassa suhteessa ja maan ravinteilla on tasapaino.

Perunalla on nopea sadontuottokyky, joten se ottaa maasta suuria määriä ravinteita lyhyen ajan sisällä. Yksipuolisen perunanviljelyn seurauksena maan ravinnesuhteet vääristyvät, maan rakenne ja multavuus heikkenevät ja tiivistymisriski lisääntyy. Hienorakenteisen maan vedenpidätys- ja läpäisykyky laskevat, jolloin kuivuuden ja märkyyden aiheuttamat ongelmat lisääntyvät.

Yksipuolisesta viljelystä aiheutuvat ongelmat näkyvät satotason ja sadon laadun laskuna sekä heikentyneenä viljelyvarmuutena. Heikkorakenteisella loholla satotasojen vaihtelut vuosien välillä ovat suuria. Yksipuolisesta viljelystä aiheutuva satotason lasku on 25 %. Monokulttuurin vaarana ei ole pelkästään satotason aleneminen vaan myös totaalinen sadon menetys ja maan muuttuminen viljelykelvottomaksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitkä tekijät perunanviljelyssä aiheuttavat maan kasvukunnon heikkenemisen, miten kasvukunnon tilaa havainnoidaan ja miten kasvukunto nostetaan hyvälle tasolle. Työn tutkimusaineistoa kerättiin kuudelta eri peltolohkolta kesällä 2016, joissa neljällä on harjoitettu yksipuolista perunanviljelyä ja kahdella vilja-nurmi viljelykiertoa. Tutkittaville peltolohkoille suoritettiin peltomaan laatutesti, jonka avulla selvitettiin lohkojen välisiä eroja. Peltomaan laatutestin tuloksista voidaan todeta aikaisempien viljelytoimenpiteiden vaikutus pellon kasvukuntoon ja havaita yksipuolisen perunanviljelyn aiheuttamat ongelmat.

Tutkimuksien perusteella perunanviljelylohkoilla maan ravinnepitoisuudet ja pH olivat laskeneet alhaiselle tasolle. Maan multavuus ja maahengitys olivat matalat, koska peruna on jättänyt vain vähän eloperäistä ainesta maahan. Perunalohkojen maan rakenne oli muuttunut hienojakoiseksi, jonka seurauksena maa oli tiivistynyt ja juurten kasvu rajoittunut muokkauskerrokseen.

Maan tiivistymistä voidaan estää vähentämällä peltoliikennettä, käyttämällä paripyöriä ja pienentämällä rengaspaineita. Maan mururakennetta ja tiivistymiä korjataan monipuolistamalla viljelyä syväjuurisilla kasveilla. Maan multavuutta ylläpidetään nurmen viljelyllä ja ravinnesuhteiden vääristymät korjataan maanparannusaineilla. Pellon vesitalous korjataan toimivalla salaojituksella, jota huuhdellaan säännöllisesti. Maan biologista aktiivisuutta lisätään viljelykierron monipuolistamisella ja orgaanisten lannoitteiden käytöllä.

Asiasanat: peruna, viljavuus, maanparannus, kasvuominaisuudet, yksipuolinen viljely, tiivistyminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in agricultural and rural industries

Author: Juho Rabinä

Title of thesis: The impact of potato production to the soil growth conditions

Supervisor: Kaija Karhunen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017 Number of pages: 75+6

The lack of crop rotation and the increase in rainfall make potato production even more difficult. A fertile soil has a good crop capacity, so the soil will produce a good harvest also in the future, as long as the growth conditions are maintained. The plants get all the nutrients they need from the fertile soil.

The potato crop produces a high yield, so it takes a large amount of nutrients in a short time. As the result of the potato monoculture the soil nutrient balance will be distorted. The growing of potatoes requires intensive soil treatment that leads to the collapse of the soil structure and it also decreases the soil organic matter content. The loosening of the soil structure and the low organic matter content increases the soil compaction. The loose soil has a low water retention and permeability, so water problems will increase during wet and dry seasons.

The purpose of this thesis is to find out what factors cause yield losses in the potato monoculture, how to observe the growth condition and how to raise the growth conditions to a good level. The thesis research material was collected from six different fields. In four of those fields potatoes have been grown several years and two of the fields have grown crops and grass. In the field quality test, we were looking for the differences between the fields. The results of the field quality test show how the farming history has been affected by the growth condition of the field and detect problems caused by the potato monoculture.

The field quality test shows that potato fields' soil nutrient concentrations and the soil pH had fallen to a low level. The soil organic material content and soil respiration was low, because potatoes left very little organic matter in the ground. The potato fields' soil structure was changed to a fine and loose one. Because of the loose soil structure the field was compacted and the root growth was limited to the plough layer.

The soil compaction can be prevented by reducing traffic in the field, by using dual wheels on tractors and by reducing the air pressure in the tires. The soil structure and the soil compaction will be repaired by rotational cropping and growing various deep-rooted plants. The soil organic material can be upheld by growing grass and the soil nutrient balance will be corrected by the soil improvement material. Field water management will be corrected by working water drainage, which is flushed on a regular basis. The soil biological activity can be increased by crop rotation and the use of organic fertilizers.

The problems of the monoculture caused yield and quality losses, and it also decreased the soil productivity. There are many yield variations in the bad soil structure of the fields between the growing seasons. The potato monoculture decreases the yield by over 25 % per year. The monoculture is a risk for total yield loss and in the end the field is no longer arable.

Key words: Potato, growing conditions, monoculture, soil improvement, soil compaction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	MAAN VILJAVUUSTEKIJÄT	9
2.1	Biologiset ominaisuudet	9
2.2	Fysikaaliset ominaisuudet	11
2.3	Kemialliset ominaisuudet	14
3	MAALAJIT JA NIIDEN OMINAISUUDET	20
3.1	Karkean hiedan ominaisuudet	21
3.2	Maan vesitalous	21
3.3	Maan kosteuspitoisuus perunanviljelyssä	23
3.4	Maan huokoisuus	24
4	MAAPERÄN TUTKIMUSMENETELMIÄ	26
4.1	Maan tiiveyden mittaaminen	26
4.2	Maan rakenteen koostumuksen määrittäminen	28
4.3	Lierojen lukumäärän selvittäminen	28
4.4	Maahengityksen mittaaminen	28
4.5	Eloperäisen aineksen pitoisuuden määrittäminen	29
4.6	Raekokojakauman selvittäminen	30
4.7	Savespitoisuuden määrittäminen	31
4.8	Vedenpidätyskyvyn mittaaminen	32
5	AINEISTO JA MENETELMÄT	33
5.1	Työn tausta ja tarkoitus	33
5.2	Viljelykierto tutkittavilla lohkoilla	33
5.3	Lohkojen viljavuustulokset	34
5.4	Peltolohkojen maaperän tutkiminen	36
6	TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TULKINTA	38
6.1	Lohkojen ravinteisuus	38
6.2	Peltolohkojen tiivistymät	39
6.3	Lohkojen maan rakenne	41
6.4	Lierojen esiintyminen lohkoilla	42
6.5	Lohkojen hiilidioksidipäästöt	42
6.6	Eloperäisen aineksen osuus lohkoilla	43

6.7	Lohkojen raekokojakauma ja savespitoisuus	44
6.8	Peltolohkojen vedenpidätyskyky	45
7	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	47
7.1	Ravinteiden lisääminen.....	48
7.2	Maanparannusaineiden levittäminen	50
7.3	Tiivistymien korjaaminen	54
7.4	Tiivistymien ehkäisy	55
7.5	Mururakenteen parantaminen.....	57
7.6	Viljelyn monipuolistaminen	57
7.7	Vesitalouden parantaminen	59
7.8	Maan kasvukunnon parantamiskeinot tutkimuslohkoilla.....	60
8	YHTEENVETO JA OHJEET VILJELIJÖILLE	61
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	64
	LÄHTEET	65
	LIITTEET	75

1 JOHDANTO

Suomessa perunanviljely on keskittynyt pääosin karkeille kivennäismaille ja multamaille. Karkeat kivennäismaat ovat helposti viljeltäviä, koska niiden tiivistymisriski on matala ja maan rakenteen heikkeneminen ei aiheuta yhtä merkittäviä ongelmia kuin savimailla. Yleensä perunan viljelypinta-ala maksimoidaan, jolloin viljelykiertoa ei voida toteuttaa.

Viljelykierron puutteen aiheuttamat ongelmat ovat olleet viljelijöiden tiedossa jo pitkään. Yksipuolisen viljelyn ongelmat on havaittu ensimmäisen kerran jo 1840-luvun Irlannissa, kun yksipuolisen perunanviljelyn seurauksena perunarutto aiheutti nälänhädän. USA:n keskilännen preerioilla 1930-luvulla maan rakenteen heikkeneminen voimaperäisen muokkaamisen ja viljelykierron puutteen seurauksena aiheutti pölymyrskyn, joka seurauksena kuivuus tuhosi 40 miljoonaa hehtaaria peltoa.

Pohjois-Pohjanmaalla lakeuden alueen sademäärät ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana olleet noin 25 % suuremmat kuin tilastollinen keskiarvo 30 vuoden ajalta. Ukkoskuurot ja rankkasateet ovat yleistyneet alueella. Kasvaneista sademääristä johtuen satotavoitteiden saavuttaminen on yhä haasteellisempaa. Pellon kaikkien kasvutekijöiden on oltava hyvässä kunnossa, jotta satotavoitteisiin päästään ilmastonmuutoksen tuomista sään ääri-ilmiöistä huolimatta. Maan rakenne ja vesitalous täytyy saada sellaiseen kuntoon, että ne kestävät rankat sateet ja kuivuusjaksot aiheuttavat mahdollisimman vähän satotappioita. Peruna tuottaa parhaan sadon, kun pellon pH ja ravinnemäärät ja -suhteet pidetään oikealla tasolla. Pellon viljavuuden lasku aiheuttaa satotappioita ja maa muuttuu viljelykelvottomaksi. Heikkotasaisen kasvukunnon korjaaminen tuottavaksi kestää useita vuosia, jolloin kustannukset nousevat kohtuuttomiksi.

Pellon kasvukunnon seurannassa viljelijöiden pitäisi kiinnittää huomiota myös kasvualustaan, eikä havainnointi saa rajoittua ainoastaan maanpäälliseen kasvustoon. Viljelijöiden täytyisi olla aktiivisia, seurata pellolla ja myös maan alla tapahtuvia muutoksia ja reagoida havaittuihin ongelmiin ajoissa.

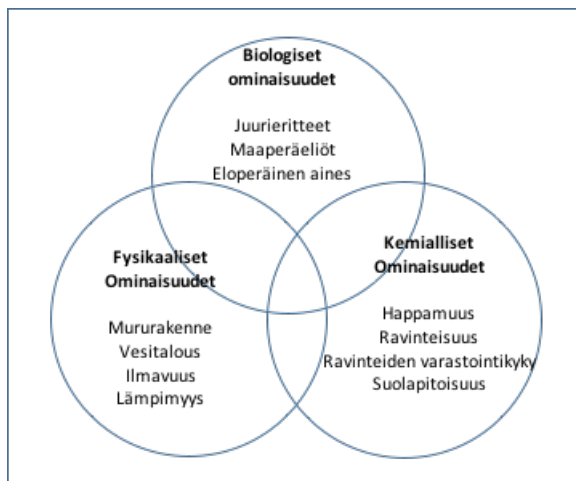
Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitkä tekijät perunanviljelyssä aiheuttavat viljelysmaan kasvukunnon heikkenemisen, miten kasvukunnon tilaa havainnoidaan ja miten kasvukunto nostetaan oikealle tasolle. Tutkimusaineistoa opinnäytetyöhön on kerätty kesällä 2016 Tyrnävältä yksi-

puolisen perunanviljelyn peltolohkoilta, joiden kasvukunto on heikentynyt viime vuosina. Perunanviljelylohkoilta kerättyä aineistoa verrataan karjatilan peltolohkoihin, joissa on harjoitettu nurmi-vilja-viljelykiertoa.

2 MAAN VILJAVUUSTEKIJÄT

Maan viljavuus eli kasvukunto kertoo kuinka hyvin kasvi pystyy hyödyntämään maan ravinteet ja tuottamaan satoa. Maan viljavuuteen ja sadonmuodostuskykyyn vaikuttavat muokkauskerroksen ja pohjamaan ominaisuudet. Viljavuus koostuu maan fysikaalisista, kemiallisista ja biologisista ominaisuuksista. Viljava maa tuottaa suuren ja korkealaatuisen sadon ja on vakaa tuottamaan satoa useiden vuosien ajan myös tulevaisuudessa. (Rajala 2006a, 53.)

Maaperän biologiset, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa (KUVIO 1). Yhdellä osa-alueella tapahtuva häiriö tai muutos vaikuttaa muiden osa-alueiden toimintaan. Maan kemialliset reaktiot ovat seurausta mikrobiologisesta aktiivisuudesta. Maan ravinnetila ja mikrobiaktiivisuus vaikuttavat puolestaan maan fysikaalisiin ominaisuuksiin, kuten ravinteiden hyödynnettävyyteen, vesitalouteen ja maan kaasujen vaihtoon. (Hartikainen 2016b, 40-41.)



KUVIO 1. Maan kasvuominaisuudet.

2.1 Biologiset ominaisuudet

Maan biologisiin ominaisuuksiin vaikuttavat maaperäeliöt, juurieritteet ja maan orgaaninen aine. Biologiset tekijät mahdollistavat ruokamultakerroksen elollisen toiminnan ja erottavat sen pohjamaasta. (Rajala 2006a, 53.) Kasvien juuret halkovat maata mekaanisesti kasvaessaan syvemmälle maahan. Juuret tekevät tiiviiseen maahan juurikanavia, joita pitkin vesi pääsee liikkumaan maassa ylös ja alaspäin. Juurista vapautuu maahan hiilidioksidin lisäksi erilaisia juurieritteitä, jotka sitovat

maapartikkeleita yhteen muodostaen muruja. Maanparannuskasvien juurieritteiden erityis on erityisen suurta. Juurieritteet toimivat myös maaperäeliöiden ravintona. (Rajala 2006a, 55.)

Maaperäeliöstö koostuu bakteereista, sädesienistä, sienistä, levistä, hyppyhäntäisistä ja lieroista. Viljavan maan kannalta tärkeimpiä maaperäeliöitä ovat lierot, jotka murustavat maata ja onkaloidensa avulla parantavat veden liikkuvuutta ja kasvien juurten kasvua maakerroksissa. (Rajala 2006a, 55-56.)

Maaperäeliöstön tärkein tehtävä on kasvin jätteiden hajottaminen ja kasveihin sitoutuneiden ravinteiden vapauttaminen viljelykasvien käyttöön. Hajottamistoiminnasta saadaan myös muita maan viljavuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten lima-aineita parantamaan mururakennetta, humusta lisäämään maan eloperäisen aineksen määrää ja hiilidioksidia vilkastamaan kasvien yhteyttämistä. Maan vilkas biologinen aktiivisuus vähentää kasvitautien leviämistä. (Rajala 2006a, 57.) Pieneliöiden aktiivisuus nousee, kun maan lämpötila ylittää 8 °C. Ravinteiden vapautuminen kylmässä maassa on hidasta ja juurten toimintakyky heikkoa. (Rajala 2006a, 71.)

Maaperäeliöt ovat yleensä arkoja alhaiselle maan pH:lle. Alhainen pH heikentää hyödyllisten mikrobien aktiivisuutta, jolloin haitalliset mikrobit pääsevät lisääntymään vapaammin. Matala pH lisää sienien osuutta suhteessa maan bakteerien määrään, jolloin eloperäisen aineksen hajotus ja ravinteiden vapautuminen hidastuvat. (Heinonen, Hartikainen, Aura, Jaakkola & Kempainen 1994, 62.)

Maan eloperäisellä aineella tarkoitetaan kuolleiden kasvien ja eläinten hajoamistuotteita maaperässä. 3 – 25 vuotta vanha eloperäinen aines on pieneliöiden käytössä hajotustoiminnassa ja 25 – 500 vuotta vanha eloperäinen aines on hajotustoiminnan lopputuotetta eli humusta. (Rajala 2006a, 64.)

Eloperäinen hajoava aines sisältää paljon kasveille käyttökelpoisia ravinteita, jotka vapautuvat hajotustoiminnan edetessä. Eloperäinen aines pellossa parantaa veden varastointikapasiteettia ja ravinteiden pidätyskykyä. Tällöin ravinteiden huuhtoutumisriski pienenee, sekä kalkituksen ja lannoituksen tarve vähenee. Eloperäinen aines parantaa maan rakenteen kestävyttä lisäten muruisuutta ja ilmavuutta. Eloperäinen aines parantaa maan muokkautuvuutta ja ehkäisee tiivistymistä. (Rajala 2006a, 64.)

Maan multavuus ruokamultakerroksessa on vähentynyt nurmen viljelyn ja karjan lannan käytön vähentymisen seurauksena. Keskimäärin suomalaisissa peltomaissa eloperäisen aineksen osuus on 5 – 7 % (Rajala 2006a, 63) ja yli puolet siitä on hiiltä (Gregorich, Monreal, Carter, Angers & Ellert 1994, 368). Viljavuuden kannalta optimaalinen eloperäisen aineksen osuus on 15 % (Viljavuuspalvelu 2008, 4, viitattu 15.12.2016). Viljelykasvien viljely pienentää eloperäisen aineksen osuutta ja samalla se laskee maan hiilipitoisuutta, koska eloperäinen aines hajoaa maanmuokkauksen seurauksena, eikä hävikkiä korvata eloperäisillä lannoitteilla (Kukkonen, Alakukku, Mylly & Palojärvi 2004, 14). Taulukosta 1 nähdään miten eri viljelykasvit vaikuttavat maan hiilipitoisuuteen.

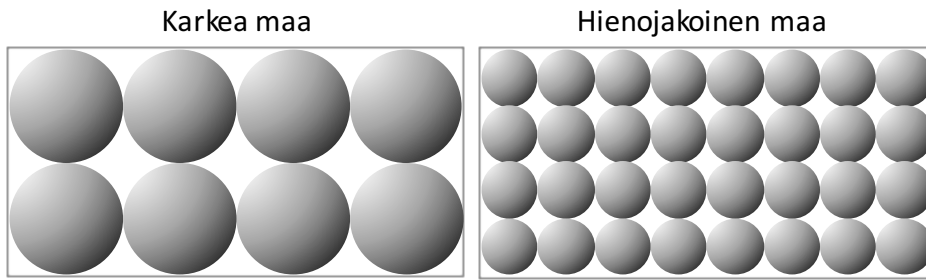
TAULUKKO 1. Viljelykasvin vaikutus maan hiilipitoisuuteen (Saaten Union 2016, viitattu 27.10.2016).

Viljelykasvi	Hiilivaraston muutos	
Peruna	-750	kg C/ha/a
Viljat	-300	kg C/ha/a
Papu&Herne	200	kg C/ha/a
Aluskasvi	200	kg C/ha/a
Nurmivuosi	700	kg C/ha/a

2.2 Fysikaaliset ominaisuudet

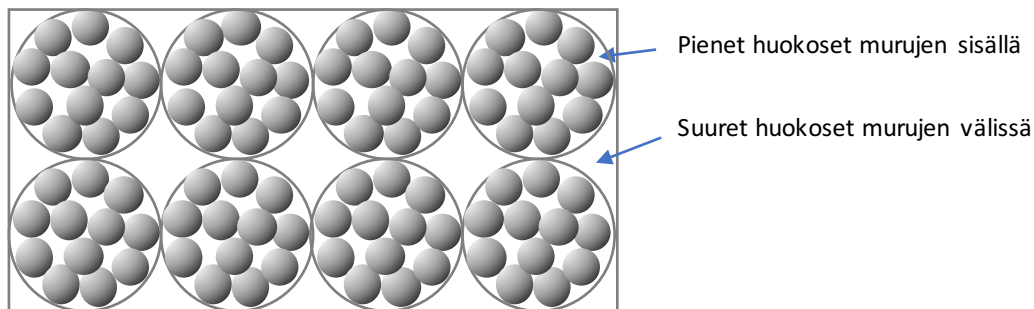
Maan fysikaaliset ominaisuudet määräytyvät maalajin ja eloperäisen aineksen osuuden perusteella. Maan fysikaalisiin ominaisuuksiin kuuluvat maan rakenne, vesitalous, ilmavuus ja lämpimyyden. Maalaji vaikuttaa kaikkiin edellä mainittuihin ominaisuuksiin. Maan rakenteeseen vaikuttavat mururakenteen koostumus ja huokoisuus. (Rajala 2006a, 66, 68.)

Maan rakenne tarkoittaa maahiukkasten järjestäytymistä ja maahiukkasten väliin jäävää ilmatilaa eli huokostoa. Maan ilmatila jakaantuu maalajitekoostumuksen määrittämään ja maan mururakenteen määrittämään huokoisuuteen. Lajitekoostumuksen huokoisuuteen vaikuttaa maalajitteen rae-koko, jolla maat voidaan jakaa karkeisiin ja hienojakoisiin maihin (KUVIO 2). (Vakkilainen 2016, 96.) Karkeiden maiden maapartikkeleiden väliin jää hienojakoisia enemmän ilmatilaa (Alakukku 2016, 53).



KUVIO 2. Maalajitekoostumuksen määrittämä huokoisuus (Soinne 2013, 4, viitattu 31.12.2016).

Maan rakenteen määrittämään ilmatilavuuteen vaikuttaa mururakenne, jossa murujen sisään jää pieniä huokosia ja suurempia huokosia murujen ja halkeamien väliin (KUVIO 3). Karkeiden maiden tärkein mururakennetta ylläpitävä tekijä on maan orgaaninen aines. Karkeiden maiden mururakenne on löyhä. (Vakkilainen 2016, 96.) Rankkasateella heikot murut hajoavat, jolloin maan pinta liettyy, huokostilavuus pienenee ja vedenläpäisykyky laskee, jolloin pintavalunnat lisääntyvät. Märässä maassa huokostilavuus pienenee, jolloin maan happipitoisuus laskee ja kasvi tukehtuu. (Alakukku 2016, 62.)



KUVIO 3. Maan mururakenteen määrittämä huokoisuus

Pyöreät murut ovat syntyneet biologisten toimintojen ansiosta. Maan rakenteen kannalta hyödyllisimmät murut ovat halkaisijaltaan 2 – 7 mm. Pyöreät murut varastoivat huokospinnoilleen ravinteita ja vettä kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Pyöreissä muruissa kosteus säilyy tasaisena ja ne ovat eduksi pieneliötoiminnalle. Pyöreiden murujen väliin jää runsaasti makrohuokosia, jolloin maan ilmanvaihto toimii tehokkaasti ja sadevesi valuu maakerroksien läpi. (Rajala 2006a, 68.) Makrohuokokset toimivat myös kasvien juurten kasvureitteinä ja parantavat maan hetkellistä veden varastointikykyä (Alakukku 2016, 56).

Kulmikkaat murut ovat syntyneet mekaanisen muokkauksen, roudan tai kuivumisen seurauksena. Murut ovat kulmikkaita ja sileäpintaisia, eikä niissä ole pieneliöstölle tarttumapintaa, koska

ne ovat tiiviitä ja kosteuspitoisuuksiltaan epätasaista. Kulmikkaat mekaanisesti muodostuneet murut ovat kuitenkin tärkeitä keväällä, jotta saadaan muokattua hyvä kylvöalusta. (Rajala 2006a, 68.)

Kokkareet jaetaan pieniin ja suuriin kokkareisiin. Pienten kokkareiden halkaisija on 2 – 5 cm ja suuren kokkareiden yli 5 cm. Kokkareet ovat pyöreitä, rosopintaisia ja huokoisia, jolloin ne murenevat helposti ja maa on helposti muokkautuvaa. Tällöin kokkareiden väliin jää paljon ilmatilaa. Kokkareet voivat olla myös kulmikkaita ja teräväsärmäisiä, jolloin ne ovat tiiviitä ja asettuvat lähekkäin toisiaan. Tällöin maa on rakenteeltaan sirpalemainen ja liian löyhä muokkauksen jälkeen. (Rajala 2006a, 68.)

Peruna vaatii kuohkean ja hienojakoisen kasvualustan, jossa pääosa muruista on < 12 mm. Perunan juuristolla on suuri hapentarve ja sen juuristo on heikko tunkeutumaan maakerroksiin. (Lötjönen 2006, 6.)

Vesitaloudella on suuri merkitys maan viljavuuteen. Suomen lyhyen kasvukauden takia kylvönteekoon on päästävä mahdollisimman aikaisin keväällä, joten nopea pellon kuivatus on välttämätön. Myös syksyllä sadevesien tulee poistua pellolta nopeasti, jotta kasvit ja maaperäeliöt eivät kärsi hapenpuutteesta ja pelto kantaa raskaat sadonkorjuukoneet. (Rajala 2006a, 70.)

Maan rakenne (strukturi) ja lajitekoostumus (tekstuuri) vaikuttavat pellon vesitalouteen. Kun rakenne on kunnossa, vesi imeytyy maakerroksien läpi salaojiin, pinnat eivät liety, eikä vesi kulkeudu pintavaluntoina ympärysojiin. Lisäksi hyvärakenteisella maalla on suurempi vedenvarastointikyky, jolloin poudanarkuus pienenee. (Rajala 2006a, 68.)

Puolen vuorokauden mittainen pellon vettyminen aiheuttaa ongelmia maan toimintaan. Hapenpuutteessa maaperäeliöiden toiminta muuttuu anaerobiseksi, jolloin syntyy kasvin juurille myrkyllisiä yhdisteitä. Hapen puute pysäyttää juurten kasvun ja aktiivinen juurten toiminta loppuu. Lisäksi pellon vettyminen aiheuttaa nitraattitypen denitrifikaatiota, josta seuraa typen puutosoireita kasveissa. (Rajala 2006a, 70.)

Kasvien kasvu ja vesitalous ovat tiukasti toisiinsa sidottuja. Peruna tarvitsee yhden satokilon tuottamiseen 100 – 200 litraa vettä. Kyseinen vesimäärä saavutetaan 350 – 500 mm sadannalla kasvukauden aikana. Perunan juuristo on hento, eikä se saa vettä syvemmistä maakerroksista. Lisäksi

perunan viljely sijoittuu karkeille kivennäismaille, joiden vedenpidätyskyky on huono. Perunapelloista haihtuu kesäkuukausina runsaasti vettä, koska niissä ei ole suojaavaa kasvipeitteisyyttä. (Kankaala, Hiltunen, Lahdenperä, Myllykangas & Virtanen 2014, 16.)

Peruna tarvitsee vain vähän vettä ennen taimettumista. Taimettumisen ja mukulanmuodostuksen välillä peruna tarvitsee vettä 1,5 mm/vrk ja mukulanmuodostuksesta kukintaan 2,5 mm/vrk. Perunan alkukehityksessä kuivuus häiritsee kasvuston kehitystä, jolloin kasvusto jää matalammaksi, lehtiala pieneksi, rönsyjen ja mukuloiden määrä alhaiseksi. Mukulankasvunvaiheessa vesi vaikuttaa lopulliseen satotasoon ja sen laatuun. (Kankaala ym. 2014, 17.)

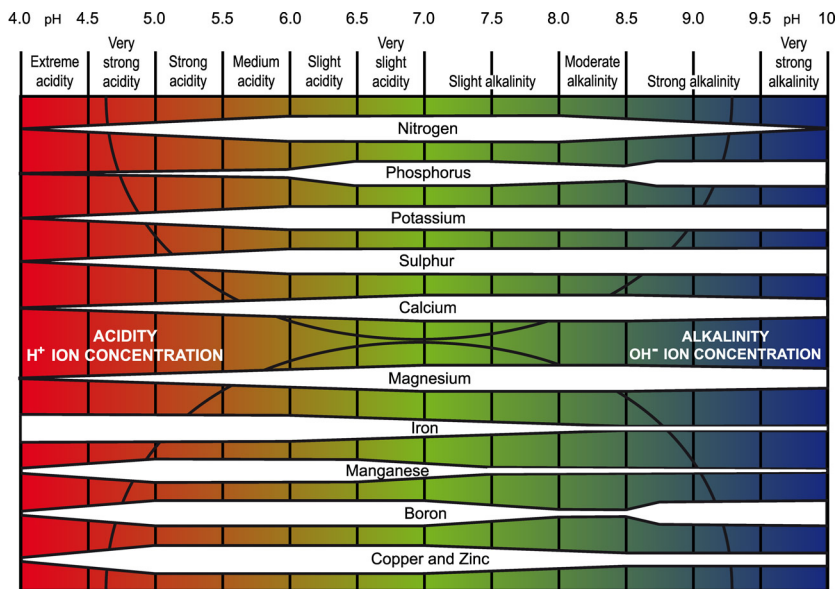
2.3 Kemialliset ominaisuudet

Maan kemiallisia ominaisuuksia ovat happamuus, ravinteisuus, ravinteiden varastointikyky ja suolapitoisuus. Maan happamuudella on vaikutusta biologiseen aktiivisuuteen, kasvin ravinteiden liukoisuuteen, maan mururakenteeseen, eloperäisen aineksen hajoamiseen ja humuksen syntymiseen. Nämä kaikki vaikuttavat kasvin kasvumahdollisuuksiin. (Rajala 2006a, 72.)

Maan happamuus eli pH vaikuttaa merkittävästi ravinteiden kulkeutumiseen perunan mukuloihin. Lisäksi pH vaikuttaa siihen, millaisessa muodossa ravinteet ovat maanesteessä. (Kankaala ym. 2014, 3, 15.) Kuviossa 4 on esitetty, kuinka maan pH vaikuttaa ravinteiden liukoisuuteen. Perunamaan optimaalinen pH on karkeilla kivennäismaille 6,2 – 6,4 (K-maatalous 2015, 82). Perunapelloja kalkitaan usein liian vähän, jolloin yksipuolisen perunanviljelyn seurauksena pH laskee alhaiselle tasolle. Toisaalta perunamaan optimaalinen pH lisää tavallisen perunaruven riskiä. (Kankaala ym. 2014, 7.)

Tavallista perunarupea voidaan ehkäistä alhaisella 5 – 5,2 pH:lla (Wharton, Driscoll, Douches, Hammerschmidt & Kirk 2007, 3) tai korkealla yli 7 pH:lla. Pohjanrupibakteeri menestyy tavallista perunarupea happamammassa ja kosteammassa maassa. (MTT 2011, viitattu 12.1.2017.) Nopea pH:n muutos maassa lisää perunaruven riskiä enemmän kuin korkea pH. Nopeasti muuttuva maan kemiallinen ympäristö häiritsee rupea ehkäisevien mikrobien toimintaa.

Maan pH –asteikko on kymmenlogaritminen, joten yhden pH –yksikön muutos maan happamudessa muuttaa merkittävästi maan kemiallista ympäristöä ja herkkiä biologisia prosesseja. Kymmenlogaritmi kuvaa maan vetyionien määrää liuoksessa. Esimerkiksi pH 5 on kymmenen kertaa happamampaa kuin pH 6. (Smith & Doran 1996, 170.) Happamassa maassa mikrobitoiminta ja nitrifikaatio hidastuvat, jolloin maan eloperäisen aineksen hajotus pysähtyy. Alhaisessa pH:ssa kasvinsuojeluaineiden ja raskasmetallien liukoisuus kasvaa, jolloin ne voivat imeytyä kasveihin. (USDA 2011, 2, viitattu 11.1.2017.)



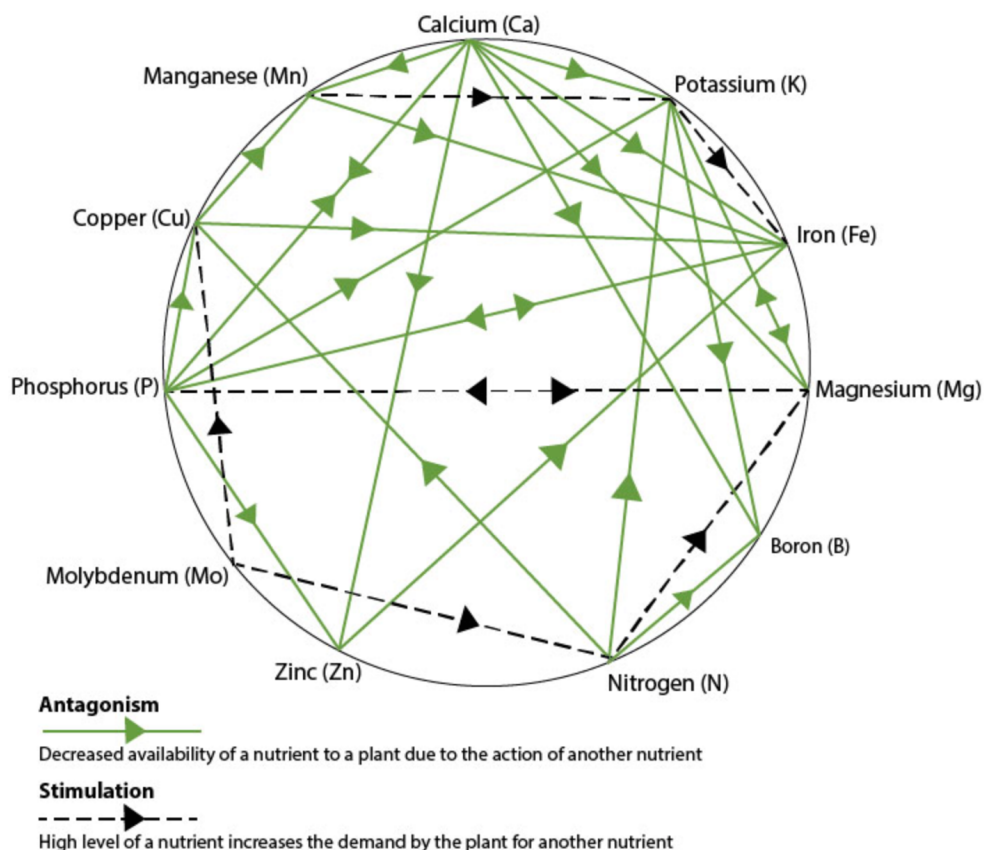
KUVIO 4. Ravinteiden liukoisuus ja pH. (PDA 2011, 8, viitattu 24.12.2016).

Maan ravinteisuus vaikuttaa pellon sadontuottokykyyn. Yksipuolinen perunanviljely vääristää maan ravinteiden suhdetta, jolloin kalsiumin, kaliumin ja magnesiumin pitoisuudet laskevat maaperässä liian alhaiselle tasolle. Perunapelloille on yleistä korkea fosforipitoisuus, koska perunanlannoitteet sisältävät suuria määriä fosforia. Vääristyneet maan ravinnepitoisuudet heikentävät satoa ja laatua. (Kankaala ym. 2014, 7.)

Maan ravinteisuus koostuu maanesteeseen liuenneista ravinteista eli liukoista ravinteista, maahiukkaspintojen vaihtuvista ravinteista sekä hitaammin kasvin käytettävissä olevista ravinnevarastoista (Rajala 2006a, 72). Ravinnevarastoista ravinteet vapautuvat hitaasti rapautumisen seurauksena kasveille käyttökelpoiseen muotoon maapartikkelien pinnoille.

Viljavasta maasta kasvit saavat kaikki tarvitsemansa ravinteet sopivassa suhteessa (Rajala 2006a, 72.) Peltoon voidaan lisätä vain tietty määrä ravinteita, joten ravinteiden suhteilla on merkitystä.

Ravinteiden vaikutusta toisiinsa voidaan tarkastella Mulder's Chart –kaaviolla. (KUVIO 5). Suuri kalsiumin määrä voi syrjäyttää maapartikkelien kationinvaihtopinnoilta kaliumin ja magnesiumin. Korkea magnesiumin määrä puolestaan syrjäyttää kalsiumia ja kaliumia sekä heikentää mururakennetta, josta seuraa maan pinnan liettymistä ja kuorettumista. Viljavassa maassa ravinteilla on tasapaino. Ravinnesuhteiden suositukset riippuvat viljelymaan maalajista ja viljelykasvista. (Mattila 2015b, viitattu 17.10.2016). Perunanviljelyssä tulee pyrkiä ravinnesuhteisiin, jossa kalsiumia on 80 %, magnesiumia on 8 % ja kaliumia on 12 %.



KUVIO 5. Mulder's chart (NutriAg 2016, viitattu 21.11.2016).

Ravinteiden varastointikykyyn vaikuttavat maan ominaisuudet. Hyvärakenteinen ja viljava maa pystyy varastoimaan ravinteita, ilman että ne ovat vaarassa huuhtoutua. Savimailla ravinteiden varastointikyky on suuri ja hiekka sekä turvemilla pieni. Ravinteiden varastointikyky kasvaa maan pH:n ja savespitoisuuden noustessa sekä multavuuden lisääntyessä. (Rajala 2006a, 72.)

Maan kykyä varastoida ravinteita kuvataan kationinvaihtokapasiteetilla (Rajala 2006a, 72). Kationinvaihtokapasiteetilla kuvataan kuinka paljon ravinteita voi sitoutua maapartikkeleiden pinnoille

kasvien käytettäviksi ja suojaan huuhtoutumiselta (Mattila 2015b, viitattu 17.10.2016). Kationinvaihtokapasiteetti on positiivisesti varautuneiden kationien Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ja Na^+ sekä happamien H^+ ja Al^{3+} summa (Räisänen 1989, 1). Kuviossa 6 on esitetty maan multavuuden ja savespitoisuuden merkitys maan kationinvaihtokapasiteetin muodostumisessa.

Kationinvaihtokyky		Ht/Hs/He			HtS/HsS/HeS			AS			t OM
OM%	Saves	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	
vm	0%	3	5	7	10	12	14	16	18	21	0
	1%	5	7	9	11	14	16	18	20	22	20
	2%	7	9	11	13	15	18	20	22	24	40
	3%	8	11	13	15	17	19	22	24	26	60
m	4%	10	12	15	17	19	21	23	26	28	80
	5%	12	14	16	19	21	23	25	27	30	100
	6%	14	16	18	20	23	25	27	29	31	120
	7%	16	18	20	22	24	27	29	31	33	140
rm	8%	17	20	22	24	26	28	31	33	35	160
	9%	19	21	24	26	28	30	32	35	37	180
	10%	21	23	25	28	30	32	34	36	39	200
	11%	23	25	27	29	32	34	36	38	40	220
erm	12%	25	27	29	31	33	36	38	40	42	240
	13%	26	29	31	33	35	37	40	42	44	260
	14%	28	30	33	35	37	39	41	44	46	280
	15%	30	32	34	37	39	41	43	45	48	300
	16%	32	34	36	38	41	43	45	47	49	320
	17%	34	36	38	40	42	45	47	49	51	340
	18%	35	38	40	42	44	46	49	51	53	360
	19%	37	39	42	44	46	48	50	53	55	380
	20%	39	41	43	46	48	50	52	54	57	400
		t savea	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600

KUVIO 6. Maan multavuuden ja savespitoisuuden vaikutus maan kationinvaihtokapasiteettiin (Mattila 2015a, viitattu 17.10.2016).

Puhtaan karkean hiedan kationinvaihtokapasiteetti on 8 – 12 cmol/kg (Midwest laboratories 2016, viitattu 11.11.2016). Maan multavuus lisää merkittävästi maan kationinvaihtokapasiteettia, koska humuksen kationinvaihtokapasiteetti on 100-300 cmol/kg (Cotching, Brown & Lemon 2016, viitattu 11.11.2016). Alle 10 cmol/kg kationinvaihtokapasiteetilla peltoon ei sitoudu riittävästi ravinteita kasvin käyttöön. Silloin lannoitus pitää toteuttaa pienillä ja toistuvilla kerta-annoksilla tai kertaleivityksellä hyödyntämällä hitaasti liukenevia lannoitteita. (Mattila 2015b, viitattu 22.1.2017.)

Maan kationinvaihtokapasiteettia voidaan parantaa nostamalla maan savespitoisuutta ja pH:ta sekä lisäämällä maan orgaanisen aineksen määrää ja parantamalla maan rakennetta. Pyöreiden huokoisten murujen sisällä ravinteet ovat turvassa huuhtoutumiselta. (Rajala 2006a, 72.) Kun kationinvaihtokapasiteetti kasvaa, kertalannoitusmäärää voidaan kasvattaa ja lannoitusta harventaa (Mattila 2015b, viitattu 22.1.2017).

Kasvien hivenravinteiden peruslannoitus pitää hoitaa luontaisesti kasvien juurten kautta ja lannoitusta voidaan täydentää lehtilannoitteilla puutosoireiden ilmaannuttua. Hivenravinteiden täydennyslannoitus kannattaa tehdä lehtilannoitteilla, jolloin niiden käyttöaste on maahan levitettyjä täydennysravinteita suurempi. (Peltonen 2009, 76.) Lehtilannoitteissa ravinteet imeytyvät lehden läpi, jolloin vaikutus on nopea, mutta annosmääriä rajoittavat polttovioitusriskit (Kleemola 2009, 42).

Kasvien ravinteiden otto tapahtuu maan ja ilman kautta. Kasvi ottaa ilmasta hiilidioksidia ja muut ravinteet maasta juurten avulla. Ravinteet imeytyvät juuriin maan huokosvedestä haihdutusvirtauksien avulla. Haihdutuksessa kasvi ottaa maasta vettä, jolloin vedessä olevat ravinteet kuten kalium, magnesium, rikki ja nitraattityppi siirtyvät kasviin. Fosfori ja kalium siirtyvät maasta kasvin juuriin diffuusiolla. Ravinteiden siirtyminen kasviin vaatii hyvän kontaktin maan ja juuren välillä. (Yli-Halla 2009, 11-12.)

Positiivisesti varautuneet ravinteet siirtyvät kasviin passiivisesti solukalvojen läpi. Kun kasvi ottaa maasta positiivisesti varautuneen kationin, se luovuttaa maahan vetyionin, jolloin maa happamoituu. Aktiivinen ravinteiden otto vaatii energiaa, koska juuren pitää kasvaa negatiivisesti varautuneiden ravinteiden luo. (Rains, Schmid & Epstein 1964, 277.)

Kasvissa helposti liikkuvia ravinteita ovat N, P, K, Mg, joiden puutosoireet näkyvät vanhoissa kasvinosissa. Heikosti kasvissa liikkuvien ravinteiden S, Ca, Fe, Zn, Cu ja C, puutosoireet näkyvät nuorissa kasvin osissa. (Yli-Halla 2009, 13.)

Maan suolapitoisuus vaikuttaa kasvin ravinteiden saantiin. Juuret saavat maasta ravinteita ja vettä tehokkaammin, kun maan suolapitoisuus on alhainen. Maan suolapitoisuus selviää maan sähkönjohtavuudesta. Väkilannoitus on suurin syy maanesteen suolapitoisuuden nousuun. (Rajala 2006a, 73.)

Viljavuustutkimuksen johtoluku kertoo maan sähkönjohtokyvystä. Sähkönjohtokyky on suoraan verrannollinen vesiliukoisten suolojen pitoisuuteen maaperässä. Tyypillisesti peltojen johtoluku on < 2,5. Maan johtolukua voi nostaa korkea typpi- tai rikkipitoisuus, sekä hetkellisesti johtoluku voi kohota väkilannoitteiden käytössä. (Suomen ympäristöpalvelu 2016, viitattu 24.10.2016.) Happamalla sulfaattimailla lähelle muokkauskerrosta nostettu pohjaveden taso tuo mukanaan rikkiä ja suoloja. Suolat jäävät maahiukkasten pinnoille, josta seuraa johtoluvun ja rikkipitoisuuden nousua sekä pH:n laskua. (Tiainen 2008, viitattu 9.11.2016.)

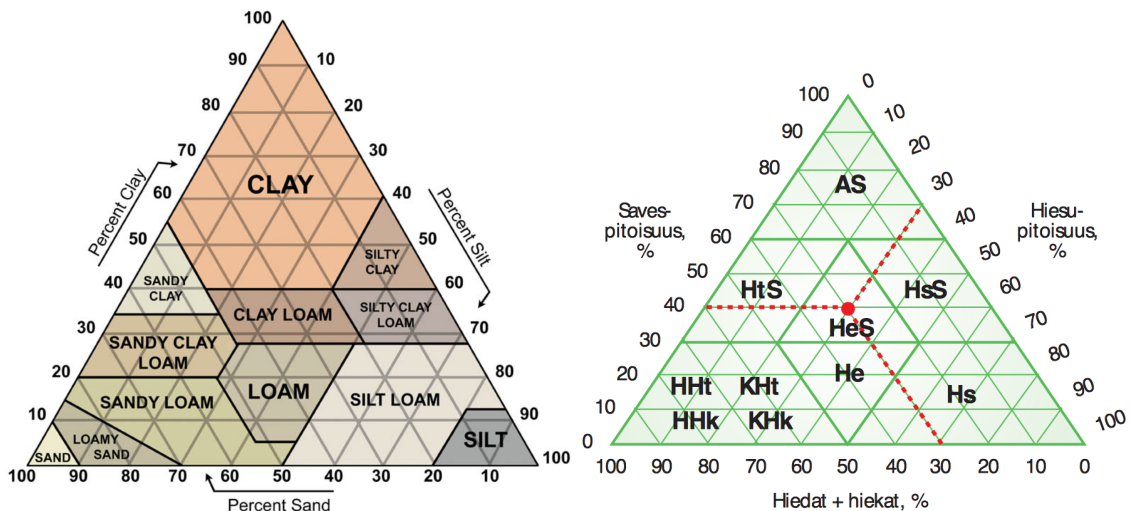
Suolapitoisuuden nousu heikentää kasvien ravinteiden saantia ja laskee kasvien ottamaa veden laatua. Korkea maan suolapitoisuus kiihdyttää kasvia osmoottisen paineen ja suolan myrkyllisten vaikutuksien kasvaessa. Lisäksi suola heikentää maan pieneliöstön aineenvaihduntaa. (Euroopan yhteisö 2009, tietolomake 4, viitattu 9.11.2016.)

3 MAALAJIT JA NIIDEN OMINAISUUDET

Suomen maalajit koostuvat maalajitteista, jotka luokitellaan rakeisuuden perusteella. Maalajitteiden nimeämisessä käytetään rakennusteknistä (RT-luokitus) tai geoteknistä (GEO-luokitus) luokittelua. (Heinonen ym. 1994, 25.) Suomessa käytettävät maalajiluokitukset on esitetty taulukossa 2. Maalajit voidaan määrittää rakeisuuden perusteella maalajikolmion avulla. Suomen ja USDA:n yleisesti käytetyt maalajikolmiot on esitetty kuviossa 7.

TAULUKKO 2. Maataloudessa käytettävä RT-luokitus ja yleinen GEO-luokitus.

Raekoko	RT-luokitus	GEO-luokitus	USCS	
20 - 60	Pienet kivet	Karkea sora	Coarse gravel	Gravel/sora
6 - 20	Karkea sora	keskisora	Medium gravel	
2 - 6	hienosora	hienosora	Fine gravel	
0,6 - 2	Karkea hiekka	Karkeahiekka	Coarse sand	Sand/hiekka
0,2 - 0,6	Hieno hiekka	Keskihiekka	Medium sand	
0,06 - 0,2	Karkea hieta	Hienohiekka	Fine sand	
0,02 - 0,06	Hieno hieta	Karkeasiltti	coarse silt	silt/siltti
0,006 - 0,02	Karkea hiesu	Keskisiltti	Medium silt	
0,002 - 0,006	Hieno hiesu	Hienosiltti	Fine silt	
< 0,002	Saves	Saves	Clay	Clay/savi



KUVIO 7. Maalajikolmiot (Soil sensor 2016, viitattu 25.11.2016, Viljavuuspalvelu 2008, viitattu 15.12.2016).

3.1 Karkean hiedan ominaisuudet

Suomessa maataloudessa käytettävä maalajien luokittelu perustuu Atterbergin nelijakoiseen luokitukseen. Luokituksessa kaikki pääajit voidaan jakaa karkeaan ja hienoon osaan. Atterbergin luokituksen mukaan karkean hiedan rakeiden läpimitta on 0,06 – 0,2 mm. (Heinonen ym. 1994, 25.) Tässä työssä keskitytään karkean hiedan ominaisuuksiin, koska tutkittavien peltolohkojen maalaji on karkea hieta (sandy loam eng., grovmo ruot.).

Puhdas karkea hieta ei roudi, koska routimisraja on hienossa hiedassa. Luonnossa esiintyvät karkeat hietamaat ovat seoksia, joissa esiintyy myös hienompia maalajitteita. Näin ollen luonnossa esiintyvä karkea hieta voi routia. Kuvion 12 (s. 31) mukaisesti voidaan arvioida raekokojakauman perusteella karkean hiedan routivuus. Karkealla hiedalla on hyvä veden läpäisykyky eikä se kuo- retu. Lisäksi sen rakenne on irtonainen ja kuohkea. (Heinonen ym. 1994, 28.)

Karkean hiedan kapilaarisen veden suurin nousukorkeus on 30 – 100 cm ja nousunopeus 20 – 50 cm/vrk (Vakkilainen 2016, 92). Karkeassa hiedassa maan vedenjohtokyky laskee jyrkästi, kun maan painepotentiaalinen imu kasvaa. Tästä syystä veden liikkuminen kapilaarisesti pohjavedestä muokkauskerrokseen on vähäistä. (Heinonen ym. 1994, 164.)

Hietamaiden huokostilavuus on 45,9 %. Suurin mahdollinen vesipitoisuus saavutetaan, kun maa on täysin kyllästetty ja maan huokokset ovat täyttyneet vedellä. Hiedan suurin vesipitoisuus on saavutettu 41,5 %:ssa, kun ylimääräinen vesi on poistunut painovoiman vaikutuksesta. (Vakkilainen 2016, 90.)

3.2 Maan vesitalous

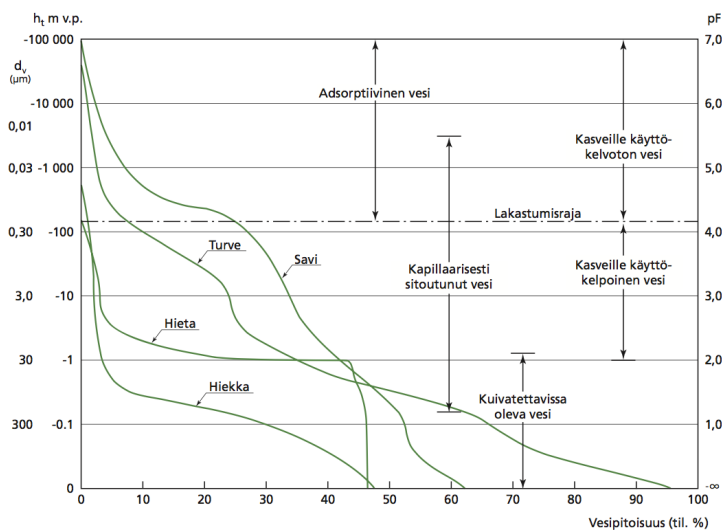
Maan huokoisuutta voidaan verrata kapillaariputkistoon, jota pitkin maan vesi nousee pohjaveden pinnasta ylöspäin. Veden painepotentiaalilla ollessa 0 pohjaveden pinta on mittaussyvyydellä ja kaikki maan huokokset ovat täyttyneet ja kyllästyneet vedellä. (Warsta 2005, 16.)

Salaojien avulla pohjaveden pintaa voidaan säätää halutulle tasolle. Kun pohjaveden pinta on laskettu 1 m kuivatussyvyyteen, maa on silloin kenttäkapasiteetissaan eli maan suurin vesipitoisuus

on saavutettu (Warsta 2005, 16). Kun maa on kenttäkapasiteetissaan, kaikki suurikokoiset huokokset ovat tyhjentyneet vedestä ja täyttyneet ilmalla. Maan ollessa kenttäkapasiteetissaan se muodostaa 100 hpa suuruisen painepotentiaalisen imun maan huokostoon. (Vakkilainen 2016, 95.) Mitä suurempi alipaine maan huokosissa vaikuttaa sitä korkeammalle maan huokokset pystyvät nostamaan vettä pohjaveden pinnasta. Maan vesipitoisuuden ja painepotentiaalisen imun suhdetta kuvaa pF-käyrä (KUVIO 8.). (Warsta 2005, 16.)

Maalajin saves- ja humuspitoisuus vaikuttavat maan veden pidätyskykyyn. Korkea humuspitoisuus lisää maalajin ominaispinta-alaa ja parantaa mururakennetta. Näin ollen maan huokoisuus ja veden pidätyskyky kasvavat. Myös maan savespitoisuuden kasvu lisää maa-aineksen ominaispinta-alaa ja pienten huokosten määrää, mikä lisää veden pidätyskykyä. Pieniin saveshuokostoihin vesi sitoutuu tiukasti. (Vakkilainen 2016, 97.)

Tensiometrillä mitataan maan kosteutta. Tensiometri mittaa maan painepotentiaalista imua ja se ilmoittaa, kuinka paljon vettä on kasvien saatavilla. Tensiometrin tulos voidaan muuttaa maan kosteudeksi vedenpidätyskäyrän avulla kuviossa 8. (Vakkilainen 2016, 100.) Kuviossa 8 on hietamaiden kasveille käyttökelpoisen veden määrä.



KUVIO 8. Eri maalajien pF-käyriä. (Vakkilainen 2016, 95).

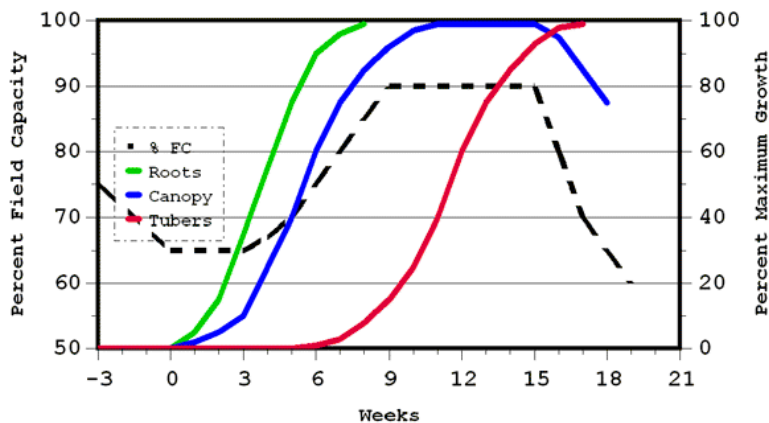
Adsorptiovesi on maapartikkeleiden pinnalle tiukasti kiinnittynyttä vettä, joka ei ole kasvien käytettävissä (Alakukku 2016, 53). Maahiukkasten väliin on pidättäytynyt kapillaarivesi, joka ei poistu painovoiman vaikutuksesta. Kapillaarinen nousukorkeus kasvaa maapartikkeleiden hiukkaskoon pienenemyssä. (Vakkilainen 2016, 91.)

3.3 Maan kosteuspitoisuus perunanviljelyssä

Perunan istutuksessa maan kosteuspitoisuuden tulee olla suurimmillaan 65 % pellon kenttäkapasiteetista, jotta kokkareiden muodostuminen voidaan välttää. Kokkareet nousevat sadonkorjuussa perunoiden mukana ja lisäävät lajittelutyön määrää. Kosteuspitoisuus nostetaan taimettumiseen mennessä 85 %:iin kenttäkapasiteetista. Täydessä kasvuvaiheessa peruna tarvitsee vettä 90 % pellon kenttäkapasiteetista. Varsiston tuhoamisen jälkeen maan kosteus lasketaan 60 %:iin kenttäkapasiteetista, jolloin perunan kuoren kehittyminen on tehokkaampaa. Kuviossa 9 on esitetty perunan veden tarve kasvun eri vaiheissa. (Cropwatch 2016, viitattu 24.11.2016.) Pidemmästä päivästä johtuen Suomessa perunan kasvukehitys on nopeampi kuin Keski-Euroopassa.

Perunaruven torjunnassa maan kosteuden tulee olla 90 – 95 % pellon kenttäkapasiteetista (Cropwatch 2016, viitattu 24.11.2016). Perunaruven torjunta tehdään perunan mukulanmuodostusvaiheessa eli 2 – 6 viikon kuluttua taimettumisesta, kun juuret ja toiminalliset lehdet ovat muodostuneet. Lajikkeiden aikaisuus ja myöhäisyys vaikuttavat mukulanmuodostuksen alkamiseen. (Kankaala ym. 2014, 9).

Figure 3. Plant Growth and Soil Moisture Model
(Determinate, Mid-Season Potato Variety)



0 wk= Planting, 3 wk= Emergence, 5-6 wk= Tuber Initiation
8-9 wk= Full Bloom, 15 wk= Senescence, 18 wk= Vine Kill
Max. Growth Phases: <15%= Lag, 15-85%= Log, >85%= Flat

KUVIO 9. Optimaalinen maan kosteus perunalle eri kasvun vaiheissa. (Cropwatch 2016, viitattu 11.7.2016).

Kastelu on aloitettava painepotentiaalisen imun ollessa 200-600 hPa. Kastelun aloitukseen vaikuttavat pellon maalaji, kastelumenetelmä ja vallitsevista kasvuolosuhteista. (Shock, Wang, Flock, Eldredge & Pereira 2013, 5, viitattu 17.7.2016.) Kastelun tavoitteena on pitää maan kosteus lähellä kenttäkapasiteettia, jotta sadon menetykset voidaan välttää (Haverkort 1982, viitattu 17.7.2016). Lakastumisraja perunalla on pF-arvolla 2,7 (Ahokas & Oksanen 2015, 8), joka tarkoittaa 500 hPa imua maahan. (TAULUKKO 3).

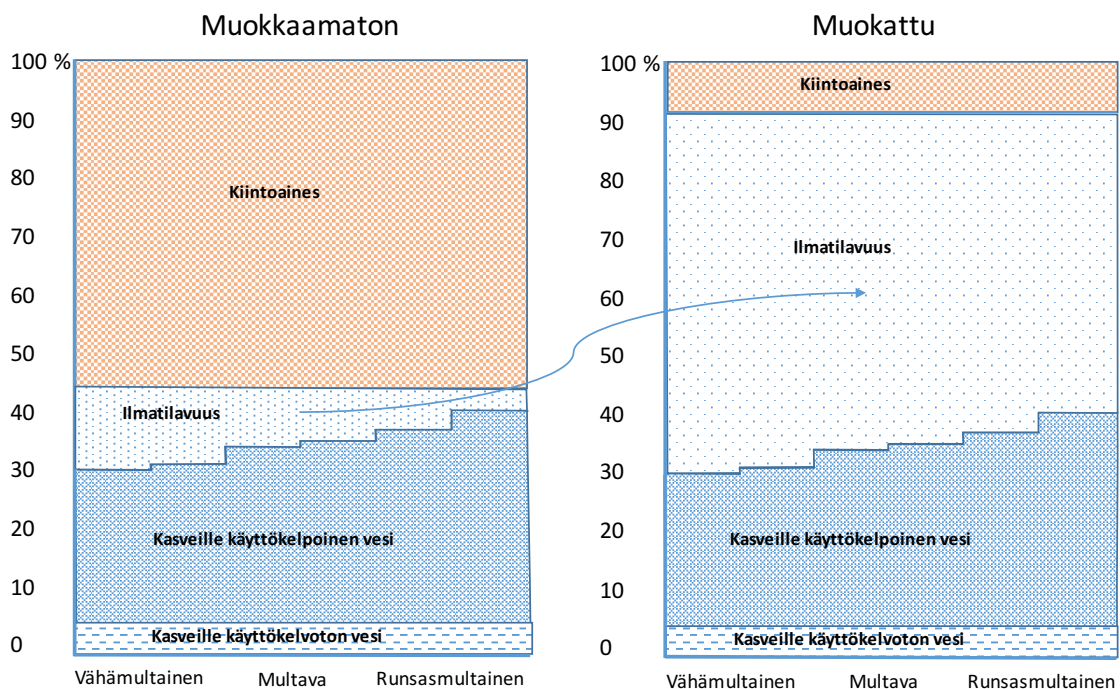
TAULUKKO 3. Karkean hiedan painepotentiaalinen imu. Työn tekijän laatima taulukko.

Painepotentiaalinen imu			
hPa	pF	til vol %	Field capacity %
0	0	45,9	
-10	1	45,5	
-50	1,7	43,7	
-100	2	41,5	100
-126	2,1	39,0	94
-158	2,2	35,3	85
-200	2,3	31,1	75
-251	2,4	25,7	62
-316	2,5	19,1	46
-398	2,6	10,4	25
-501	2,7	5,0	0
-1 000	3	3,0	
-10 000	4	1,0	
-15 000	4,2	0,2	

3.4 Maan huokoisuus

Maan huokoistilavuudesta pitää olla ilmatilaa vähintään 10 %, jotta kasvit saavat riittävän kaasunvaihdon. Näin ollen kasvin juuret saavat riittävästi happea ja hengityksessä syntyvä hiilidioksidi poistuu juuristovyöhykkeeltä. (Heinonen ym. 1994, 204.) Maan ilmatilavuus pienenee karkeilla maalajeilla alle 10 %:iin, kun painepotentiaalinen imu laskee alle 50 hPa. Tällöin kasvit kärsivät hapenpuutteesta (TAULUKKO 3). Hapenpuute aiheuttaa tuhoja perunan juuristossa, kun maa on kyllästetty vedellä pidempään kuin 8 – 12 h. (King & Stark 1997, 3.) Vasta kehittyneet, uudet mukulat voivat tukehtua ja mädäntyä jo muutamassa tunnissa. Ensimmäisiä märkyyden oireita ovat mukuloiden pinnalle muodostuneet korkkihuokokset. (Petla 2016, viitattu 14.1.2017.)

Maata kuohkeutetaan muokkaamalla, jolloin sen tilavuuspaino pienenee. Maan ilmatilavuus kasvaa muokkaamalla 25 – 100 % muokkausmenetelmästä ja maan kosteudesta riippuen. (Ahokas & Oksanen 2012, 35.) Kasvien juurten kaasujenvaihto on tehokkaampaa, kun maata on kuohkeutettu. Karkean hiedan huokostilavuus on 45,9 %. Huokostilavuutta voidaan kasvattaa muokkaamalla maata mekaanisesti, jolloin sen huokostilavuus kasvaa jopa 91,8 %:iin asti. Maan muokkaaminen lisää makrohuokosten määrää, jotka toimivat veden ja ilman kulkureitteinä. Makrohuokokset lisäävät maan hetkellistä veden varastointikykyä, jolloin pintavalunnan riski pienenee. Kasvien juuret kasvavat makrohuokosia pitkin (Alakukku 2016, 56). Kuviossa 10 on työn tekijän näkemys maan muokkauksen vaikutuksesta maan huokostilavuuteen.



KUVIO 10. Pellon muokkauksen vaikutus maan huokostilavuuteen ja maan multavuusluokan vaikutus kasveille käyttökelpoisen veden määrään.

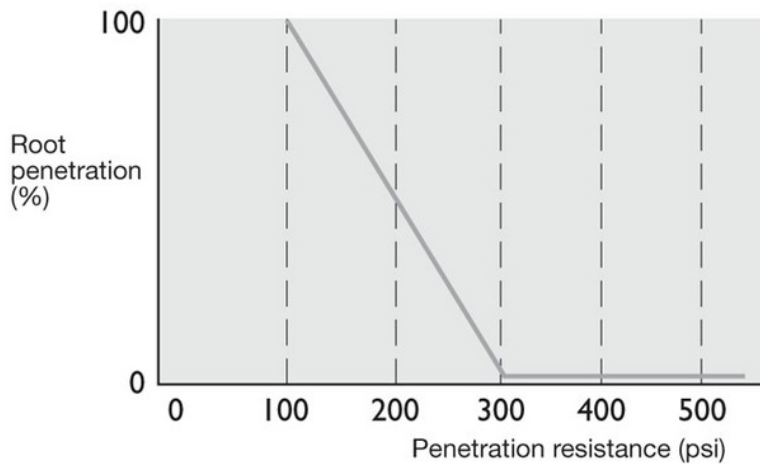
4 MAAPERÄN TUTKIMUSMENETELMIÄ

Peltomaan laatutestillä arvioidaan peltojen kasvukuntoa ja viljelytoimintojen vaikutusta siihen. Testin perusteella voidaan suunnitella viljely- ja maanparannustoimenpiteitä maan kasvuominaisuuksien parantamiseksi. (Alakukku, Mylly & Palojärvi 2006, viitattu 31.10.2016.) Peltomaan laatutesti on työkalu pellon kasvukunnon määrittämiseen ja sen ovat kehittäneet MTT ja ProAgria. Peltomaan laatutesti koostuu pellon itsearviointista, kuopasta tehdyistä havainnoista ja täydentävistä mittauksista. (Ruponen 2010, 3, viitattu 17.12.2016.) Peltomaan laatutestin avulla selvitetään maan biologiset, kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet, sekä niiden toimivuus. Tutkimuksen perusteella voidaan vertailla eri lohkoja keskenään ja löytää tekijät, jotka vaikuttavat lohkojen välisiin satoeroihin.

4.1 Maan tiiveyden mittaaminen

Penetrometrillä mitataan tiivistymisiä maan eri kerroksissa. Mittari kertoo, kuinka suuri voima tarvitaan maan läpäisemiseksi. Maan läpäisemiseen tarvittava voima jaetaan mittarin kärjen pinta-alalla, josta saadaan tunkeutumispaine. Mittayksikkönä käytetään psi:tä. (Ahokas & Oksanen 2015, 12.) Tiivis maa rajoittaa kasvien juurten kasvua. Toisaalta maan halkeamat toimivat juurten kasvureitteinä, joita penetrometri ei paljasta. (Lötjönen 2006, 6.) Penetrometrin tuloksista ei voi suoraan arvioida maan huokoisuuden toimivuutta juurten kasvu- ja veden kulkureittinä. Maan kosteus vaikuttaa penetrometrin läpäisevyyteen, mikä täytyy huomioida maan tiiveyttä mitattaessa. Pellon tiivistymistä mitataan, kun maa on kenttäkapasiteetissa, jolloin maan rakenteen todellinen lujuus selviää. (Duiker 2002, viitattu 4.7.2016.)

Kuviossa 11 kuvataan, kuinka maan tiiveys vaikuttaa juurten läpäisykykyyn. Juurten kasvua rajoittava tiivistyminen alkaa 100 psi vastuksesta ja juuret eivät enää läpäise yli 300 psi tiiveyttä. (Duiker 2002, viitattu 4.7.2016.) Tiiviissä maassa juuret eivät pääse kasvamaan veden ja ravinteiden lähettyville, jolloin suurin mahdollinen sato jää saavuttamatta. Hyvissä olosuhteissa jotkin perunalajikkeet voivat kasvattaa juuria jopa 1,5 metrin syvyyteen. (Hatley, Wiltshire, Basford, Royale, Buckley & Johnson 2005, 14, 47, viitattu 20.12.2016.)



KUVIO 11. Maan tiiveyden vaikutus juurten läpäisykykyyn. (Duiker 2002, 3, viitattu 4.7.2016).

Maan tiivistyminen voidaan havaita maan tilavuuspainon kg/m^3 kasvuna, kovuuden ja mekaanisen vastustuksen lisääntymisenä, vedenpidätyskapasiteetin laskuna sekä märän maan ilmatilavuuden ja kaasujen vaihdon pienenemisenä. Maa tiivistyy silloin, kun koneista maahan kohdistuva paine on maan kantokykyä suurempi (Lötjönen 2006, 6-7.) Tiivistyneessä maassa veden imeytymisnopeus hidastuu, jolloin rankkasateen jälkeen maa kärsii liiallisesta kosteudesta (Hatley ym. 2005, 6, viitattu 20.12.2016).

Perunapeltöjen yleinen ongelma ympäri maailmaa on pohjamaan liiallinen tiivistyminen. Tiivistyminen johtuu yksipuolisesta viljelystä ja raskaiden koneiden ajokertoista kostealla maalla. Perunan viljely vaatii useita ajokertoja kasvukauden aikana. Usein työvaiheet joudutaan tekemään keväällä ja syksyllä, kun maa on märkää, jolloin pelto tiivistyy. Viljelytoimenpiteiden aiheuttamat tiivistymät ovat haitallisia ja voivat pysyä pohjamaassa vuosikymmeniä. (Lötjönen 2006, 6.)

Perunan viljelytoimenpiteet siirtävät ja seulovat maata. Voimakkaan maankäsittelyn takia maan mururakenne löyhentyy. Perunan viljelystä aiheutuu maahan suuria rasiuksia, joita luonnon omat prosessit eivät ehdi korjaamaan (Lötjönen 2006, 6, 10.)

Maan tiivistyminen aiheuttaa satotason ja sadon laadun heikkenemistä, tuotantopanosten hyötysuhteen pienenemistä sekä lisää ympäristökuormitusta. Satotason aleneminen johtuu juurten heikentyneestä kasvusta ja kaasunvaihdosta. Ravinteet huuhtoutuvat ympäristöön, kun veden läpäisy- ja pidätyskyky heikkenee. (Duiker 2004, 3-4, 6.) Perunanviljelyssä satotaso laskee helposti 37 % tiivistymisen seurauksena (Hatley ym. 2005, 6, viitattu 20.12.2016).

4.2 Maan rakenteen koostumuksen määrittäminen

Kuoppatestin avulla selvitetään maan rakenteen koostumus. Kuoppahavainnot tehdään aistinvaraisesti peltoon edustavaan kohtaan kaivetusta kuopasta. Kuopan seinämän avulla tehdään havainnot maan rakenteesta, liero- ja juurikanavista sekä kasvinjätteen hajoamisesta. (Ruponen 2010, 3, viitattu 17.12.2016.) Kuoppatestissä tutkitaan kuopan seinämää, joka on lohkaistu puukolla. Havainnot suoritetaan kyseiseltä murtopinnalta (Alakukku ym. 2006, 2, viitattu 24.10.2016). Kuoppatestin avulla voidaan selvittää, onko maata kuohkeutettu riittävästi juurten kasvua varten ja missä syvyydessä juuret eivät enää läpäise maata.

4.3 Lierojen lukumäärän selvittäminen

Sinappimenetelmällä tehty lierotesti kuuluu peltomaan laatutestin täydentäviin mittauksiin. Sinappivesi imeytyy maahan lierokäytäviin, jossa se ärsyttää lieroa. Syvälle kaivautuneet ja ärsyyntyneet lierot nousevat maan pinnalle. Kastelierojen lukumäärä saadaan selville sinappimenetelmällä ja pintakarikkeen lierojen lukumäärä selvitetään kuoppatestin yhteydessä. (Ruponen 2010, 2, viitattu 17.12.2016.)

4.4 Maahengityksen mittaaminen

Maahengityksellä tarkoitetaan maasta nousevia hiilidioksidikaasuja, jotka vapautuvat maaperämikrobien aiheuttamasta hajotustoiminnasta. Maahengityksen mittaaminen kertoo eloperäisen aineksen hajotusnopeudesta eli mobilisaatiosta ja maaperäeliöiden vilkkaudesta. (Ruponen 2010, 2, viitattu 24.10.2016.) Maahengitys mitataan kammiomenetelmällä edustavasta pellon osasta. Hiilidioksidin annetaan kertyä kammioon n. 4 tunnin ajan, jonka jälkeen suoritetaan maahengityksen mittaus. (Alakukku ym. 2006, 8, viitattu 24.10.2016.) Maan lämpötilalla on vaikutusta biologiseen aktiivisuuteen, joten maahengitystä määritettäessä mitataan myös maan lämpötila. Maahengityksen ohjeavrot on esitetty taulukossa 4. Maan kokonaishengityksellä tarkoitetaan maa- ja juurien hengityksessä vapautuvien hiilidioksidipäästöjen summaa (Pahkala 2008, 5). Työssä mitattava CO₂ päästö kuvaa maan kokonaishengitystä.

TAULUKKO 4. Maahengityksen aktiivisuusluokat. (USDA 2016, 7, viitattu 1.12.2016).

Maahengityksen aktiivisuus CO ₂ g/m ² /d				
Very Low Soil Activity	Moderately Low Soil Activity	Medium Soil Activity	Ideal Soil Activity	Unusually High Soil Activity
Associated with dry sandy soils, and little or no organic matter	Soil is marginal in terms of biological activity and organic matter	Soil is in a moderately balanced condition and has been receiving organic matter additions	Soil is well supplied with organic matter and has an active population of microorganisms	High/Excessive organic matter additions
< 1	1 - 1,8	1,8 - 3,6	3,6 - 7,2	> 7,2

Korkeat maahengityslukemat kertovat korkeasta biologisesta aktiivisuudesta. Korkea biologinen aktiivisuus kertoo terveestä maasta, nopeasta hajotustoiminnasta ja ravinteiden vapautumisesta. Yleensä runsaasti karjanlantaa käytettäessä tai korkean multavuuden pelloilla maahengitys on suurempaa kuin 7,2g CO₂/m²/d. (USDA 2016, 6, viitattu 1.12.2016.)

Alhainen maahengitys kertoo matalasta multavuudesta, huonosta maan ilmavuudesta ja vähäisestä käytettävissä olevasta tyypestä, jotka rajoittavat biologista aktiivisuutta. Alhaisen biologisen aktiivisuuden takia ravinteiden vapautuminen kasvien käyttöön on hidasta. (USDA 2016, 4, viitattu 1.12.2016.) Biologisen aktiivisuuden kasvattaminen seuraavaan aktiivisuusluokkaan kestää useita vuosia ja vaatii monipuolista viljelykiertoa, orgaanisen aineksen lisäämistä ja muokkauksen vähentämistä. (USDA 2016, 6, viitattu 1.12.2016.)

4.5 Eloperäisen aineksen pitoisuuden määrittäminen

Multavuudella tarkoitetaan orgaanisen aineksen osuutta mitattavasta maa-aineksesta. Mitä suurempi on orgaanisen aineksen osuus, sitä multavampaa on kyseinen maa-aines. Orgaaninen aines parantaa kivennäismaiden rakennetta, veden ja ravinteiden pidätyskykyä. Optimaalinen orgaanisen aineksen pitoisuus kivennäismailla on 15 %. (Opetushallitus 2016, viitattu 7.11.2016.) Taulukossa 5 on kuvattuna kuusi multavuusluokkaa ja niiden orgaanisen aineksen osuus.

TAULUKKO 5. Multavuusluokat (Opetushallitus 2016, viitattu 7.11.2016).

Multavuusluokat		
Multavuusluokka	Lyhenne	Orgaanisen aineksen osuus
Vähämultainen	vm	Alle 3
Multava	m	3 - 5,9
Runsasmultainen	rm	6 - 11,9
Erittäinrunsasmultainen	erm	12 - 19,9
Multamaa	Mm	20 - 39,9
Turvemaa	Ct, St	40-

Maan orgaanisen aineksen osuus eli multavuus määritetään ottamalla jokaiselta alkavalta viideltä hehtaarilta maanäyte. Maanäyte koostuu vähintään 7 – 8 osanäytteestä, jotka otetaan tasaisesti ja edustavasti lohkolta. (Suomen ympäristöpalvelu 2016, viitattu 24.10.2016.)

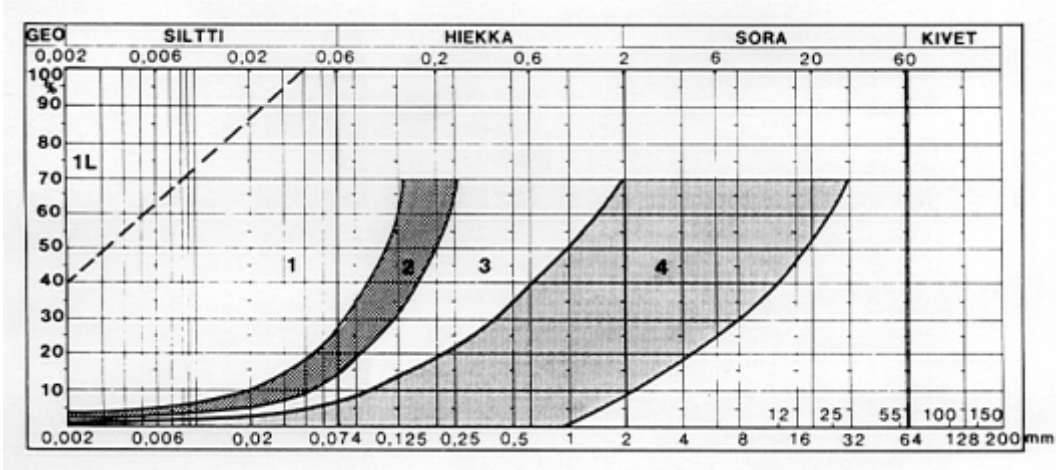
Multavuusluokka määritetään polttomenetelmällä. Polttomenetelmässä orgaaninen aines poltetaan, jolloin multavuusprosentti saadaan painon muutoksesta. Mikäli maanäytteen savespitoisuus on suuri, korjataan tulos vähentämällä kideveden määrä painon muutoksesta. (GTK 2016, viitattu 7.11.2016.) Rinnakkaisnäytteiden orgaanisen aineksen osuus määritetään erikseen ja lasketaan keskiarvo (Opetushallitus 2016, viitattu 7.11.2016).

4.6 Raekokojakauman selvittäminen

Maanäytteen raekokojakauma selvitetään mekaanisella maa-analyysillä, joka suoritetaan seuloamalla. Raekokojakauman avulla voidaan tutkia maan ominaisuuksia, kuten ravinteisuutta, lämpimyyttä, vesitaloutta, kantavuutta ja routivuutta. Raekokojakauman perusteella voidaan määrittää myös maalaji. (Karlsson & Kolppanen 1996, 3.) Maalajit nimetään d_{50} -menetelmällä, jossa maalajin nimeäminen tapahtuu keskimääräisen raekoon perusteella (Tielaitos 1993,16).

Raekokojakauma-analyysi suoritetaan maanäytettä mekaanisesti seulomalla. Raekokojakauman määrittämisessä selvitetään myös raekokoluokkien kumulatiivinen jakauma (GTK 2016, viitattu 7.11.2016).

Maalajin rakeisuuskäyrän perusteella voidaan arvioida maalajitteen routivuutta (KUVIO 12). Alueelle 1 sijoittuvat maalajit ovat routivia ja alueelle 1L sijoittuvat maalajit ovat lievästi routivia. Alueiden 2 – 4 maalajit ovat routimattomia, jos tutkittavan maalajin rakeisuuskäyrän alapää pysyy alueiden 2 – 4 sisällä. (Liikennevirasto 2012, 27, viitattu 17.12.2016.)



KUVIO 12. Maalajien routivuus. (Liikennevirasto 2012, 27. Viitattu 17.12.2016).

4.7 Savespitoisuuden määrittäminen

Maan savipitoisuus vaikuttaa maalajin ravinteiden ja veden pidätyskykyyn (Vakkilainen 2016, 98). Maalajin veden pidätyskyky ja huokostilavuus kasvavat savespitoisuuden noustessa. Kivennäismaiden alhaisen savespitoisuuden takia (< 20 %), kosteusvaihtelut eivät vaikuta maan rakenteen muodostumiseen. (Alakukku 2016, 53, 61.) Savespitoisuus lisää myös maan kationinvaihtokapasiteettia (Rajala 2006a, 73).

Savespitoisuus voidaan määrittää kivennäismaalajeista kierityskokeen avulla. Kierityskokeessa otetaan teelusikallinen kuivaa ja hienonnettua maata, jota kostutetaan, kunnes siitä saadaan taikinaa. Maanauhaa kierretään tasaisella paineella ohuemmaksi, kunnes se katkeaa. Orgaanisen aineksen pitoisuuden kasvaessa maanauhan sitkeys heikkenee, mikä on huomioitava nauhanpaksuutta arvioitaessa. (Hartikainen 2016a, 29). Savespitoisuus määritetään katkeamisvaiheessa nauhan paksuudesta taulukon 6 mukaisesti.

TAULUKKO 6. Savespitoisuuden määrittäminen kierityskokeella. (Hartikainen 2016a, 29).

Nauhan paksuus mm	Savespitoisuus %
4 - 6	0 - 5
3	5 - 15
2	15 - 25
1 - 1,5	25 - 40
1	40 - 60
< 1	> 60

4.8 Vedenpidätyskyvyn mittaaminen

Maan vedenpidätyskyvyllä tarkoitetaan suurinta vesimäärää, joka sitoutuu maalajitteen huokostoon. Vedenpidätyskyky määritetään vedellä kyllästetystä maanäytteestä. Maanäyte kuivatetaan ja kuivatetun maanäytteen massaa verrataan vedellä kyllästetyn maanäytteen massaan. Tällöin saadaan maan sitoma vesi paino- ja tilavuusprosentteina. Vedenpidätyskyvyn ja pF -käyrän perusteella saadaan selville kasville maan optimaaliset kosteuspitoisuudet.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Työn tausta ja tarkoitus

Opinnäytetyön tutkimusaineistoa kerättiin kuudelta eri peltolohkolta, joissa neljällä on harjoitettu yksipuolista perunanviljelyä ja kahdella vilja-nurmi viljelykiertoa. Tutkimuslohkot sijaitsevat Pohjois-Pohjanmaalla Tyrnävällä. Tutkittavista lohkoista Lohko 3, Lohko 5, Nälkävainio ja Raivikko sijaitsevat toistensa välittömässä läheisyydessä. Tutkimuksen lohkot 3 ja 5, sekä Pikkuriiko ja Tolopanketo ovat yksipuolisen perunanviljelyn lohkoja, koska perunan viljelyalan kasvu on vähentänyt viljelykiertoa. Raivikko ja Nälkävainio ovat maitotilan peltolohkoja, joissa on harjoitettu vilja – nurmi viljelykiertoa. Kaikki tutkittavat lohkot sijaitsevat happamilla sulfaattimailla, joiden pohjamaan pH on hyvin alhainen.

Tutkittaville peltolohkoille suoritettiin peltomaan laatutesti. Peltomaan laatutestin tuloksista voidaan todeta aikaisempien viljelytoimenpiteiden vaikutus pellon kasvukuntoon ja havaita yksipuolisen perunanviljelyn aiheuttamat ongelmat. Peltomaan laatutestin tulosten perusteella voidaan suunnitella jatkotoimenpiteet pellon kasvukunnon ja maan rakenteen parantamiseksi ja luoda ohjeet kestäväan perunan viljelyyn. Työssä on hyödynnetty myös tutkittavien peltolohkojen viljavuustutkimustuloksia vuodelta 2015. Kuvakooste lohkoille tehdyistä tutkimuksista on esitetty liitteessä 1.

5.2 Viljelykierto tutkittavilla lohkoilla

Taulukosta 7 näkyy, että lohkoilla 3 ja 5 on viljelty aktiivisesti perunaa vuodesta 1997 lähtien. Pikkuriikossa on viljelty perunaa vuodesta 2000 lähtien ja Tolopankedossa 2005 lähtien. Raivikolla ja Nälkävainioilla on harjoitettu hyvää vilja – nurmi viljelykiertoa 2000-luvulla ja todennäköisesti myös aikaisempina vuosina. Taulukosta 7 näkee, että perunaviljelyalan kasvattaminen 2000-luvulla on vähentänyt viljelykiertoa.

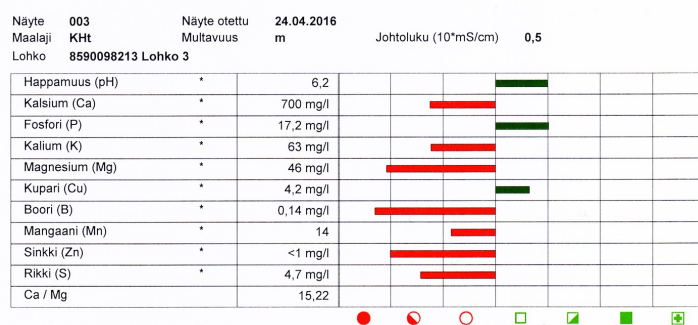
TAULUKKO 7. Lohkojen viljelykierto vuosilta 1994-2016.

	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
Lohko 3	V	V	V	P	P	V	V	P	P	V	P	P	P	V	P	P	P	P	V	P	P	P	R
Lohko 5	V	V	V	P	P	V	V	P	P	V	P	P	P	V	P	P	P	V	V	P	P	P	P
Pikkuriiko	V	V	V	V	V	V	P	P	V	P	P	P	P	P	P	P	P	V	P	P	P	P	P
Tolpanketo	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	V	V
Raivikko														V	V	V	V	V	N	N	N	N	V
Näikävainio														N	N	N	N	N	V	V	V	V	N

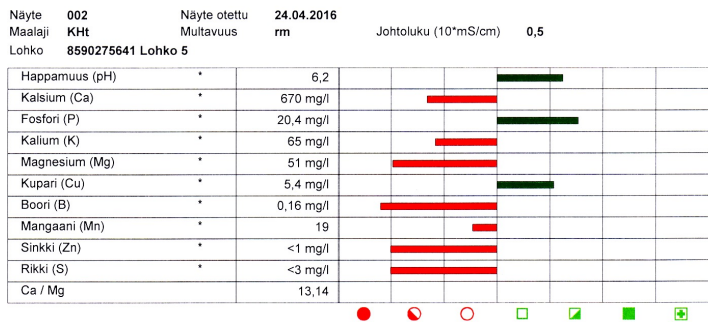
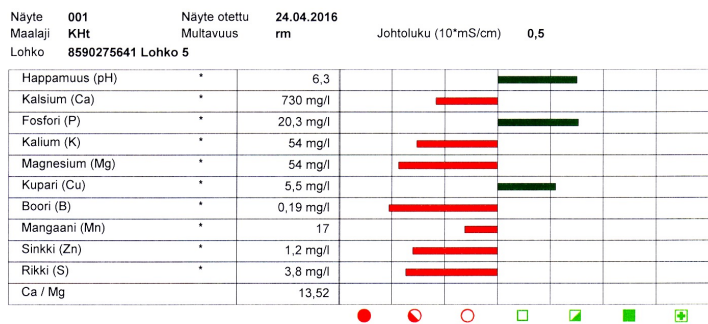
V = vilja, P = peruna, N = nurmi, R = öljyretikka

5.3 Lohkojen viljavuustulokset

Kuvioissa 13 – 18 on esitetty tutkittavien lohkojen viljavuustutkimustulokset. Lohkojen maanäytteet on kerätty ja analysoitu syksyllä 2015 ja keväällä 2016. Viljavuusnäytteet on analysoitu Suomen Ympäristöpalvelussa.



KUVIO 13. Lohko 3 (3,2 ha) viljavuustutkimustulokset



KUVIO 14. Lohko 5 (5,5 ha) viljavuustutkimustulokset. Näyte 1 yläpää ja näyte 2 kanava.

Näyte 010 Näyte otettu 28.10.2015
 Maalaji KHT Multavuus m Johtoluku (10*mS/cm) 1,1
 Lohko 85901463 Pikkuriiko

Happamuus (pH)	*	5,3							
Kalsium (Ca)	*	380 mg/l							
Fosfori (P)	*	22,5 mg/l							
Kalium (K)	*	59 mg/l							
Magnesium (Mg)	*	27 mg/l							
Kupari (Cu)	*	4,3 mg/l							
Boori (B)	*	0,37 mg/l							
Mangaani (Mn)	*	19							
Sinkki (Zn)	*	3,2 mg/l							
Rikki (S)	*	7,8 mg/l							
Ca / Mg		14,07							



KUVIO 15. Pikkuriiko (2,8 ha) viljavuustutkimustulokset

Näyte 001 Näyte otettu 28.10.2015
 Maalaji KHT Multavuus m Johtoluku (10*mS/cm) 1,3
 Lohko 85901460 Tolopan keto

Happamuus (pH)	*	5,2							
Kalsium (Ca)	*	350 mg/l							
Fosfori (P)	*	27,7 mg/l							
Kalium (K)	*	45 mg/l							
Magnesium (Mg)	*	24 mg/l							
Kupari (Cu)	*	4,4 mg/l							
Boori (B)	*	0,32 mg/l							
Mangaani (Mn)	*	40							
Sinkki (Zn)	*	2,4 mg/l							
Rikki (S)	*	11 mg/l							
Ca / Mg		14,58							



KUVIO 16. Tolopanketo (5,0 ha) viljavuustutkimustulokset

Näyte 001 Näyte otettu 2.11.2015
 Maalaji KHT Multavuus rm Johtoluku (10*mS/cm) 0,9
 Lohko 859-01458-04 Raivikko

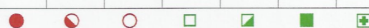
Happamuus (pH)	*	6,3							
Kalsium (Ca)	*	1000 mg/l							
Fosfori (P)	*	9,0 mg/l							
Kalium (K)	*	32 mg/l							
Magnesium (Mg)	*	230 mg/l							
Natrium (Na)	*	11 mg/l							
Ca / Mg		4,35							



KUVIO 17. Raivikko (3,0 ha) viljavuustutkimustulokset

Näyte 002 Näyte otettu 2.11.2015
 Maalaji KHT Multavuus rm Johtoluku (10*mS/cm) 0,6
 Lohko 859-01459-05 Nälkävainio

Happamuus (pH)	*	6,5							
Kalsium (Ca)	*	890 mg/l							
Fosfori (P)	*	9,5 mg/l							
Kalium (K)	*	60 mg/l							
Magnesium (Mg)	*	190 mg/l							
Natrium (Na)	*	<10 mg/l							
Ca / Mg		4,68							



KUVIO 18. Nälkävainio (3,0 ha) viljavuustutkimustulokset.

TAULUKKO 8. Tutkittavien lohkojen ja Oulun alueen viljavuustuloksien keskiarvot (Suomen ympäristöpalvelu 2016).

	Peruna	Maitotila	Oulun alue	Pitoisuus
Maalaji	KHt	KHt	Kivennäismaat	
Multavuus	m	rm	vm-Mm	
pH	5,8	6,4	5,9	
Ca	566	945	1236	mg/l
P	21,6	9,3	13	mg/l
K	57	46	92	mg/l
Mg	40	210	179	mg/l

5.4 Peltolohkojen maaperän tutkiminen

Pellon tiiveys mitattiin analogisella penetrometrillä jokaiselta tutkittavalta peltolohkolta n. 20 mitauspisteestä. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 19. Perunalohkojen maan tiivistyminen on mitattu perunavaon pohjalta, joka on vertailulohkojen maanpintaa n. 5 cm alempana. Peltojen tiiveys mitattiin, kun maan kosteus oli pohjamaassa kenttäkapasiteetissa ja muokkauskerroksessa n. 90 % kenttäkapasiteetista.

Kuoppatestien havaintokuopat kaivettiin pistolapiolla edustavaan kohtaan lohkoa, jossa ei ole ollut peltoliikenteen aiheuttamaa tiivistävää vaikutusta, eivätkä havaintokohdan maakerrokset ole sekoittuneet. Perunalohkoilla havaintokuopat kaivettiin perunapenkkiin väliin. Kuoppatestissä kaivettiin yksi havaintokuoppa jokaiselle tutkimuslohkolle.

Lierotesti tehtiin 20 mm sateen jälkeen, kun maa oli kostea. Kosteassa maassa lierot nousevat syvemmistä maakerroksista pintakerrokseen. Sinappiveden avulla määritettiin syvälle kaivautuvien lierojen lukumäärä ja kuoppatestin yhteydessä selvitettiin pintakarikkeessa elävien lierojen lukumäärä. Lierotesti suoritettiin edustavaan kohtaan lohkoa, jossa ei ole peltoliikenteen aiheuttamaa maan tiivistymistä. Jokaiselle tutkimuslohkolle suoritettiin yksi lierotesti.

Lohkon multavuus määritettiin polttouunin avulla. Kuivanmaan massa mitattiin maanäytteestä ottamalla kaksi näytettä, joita kuivattiin vakio painoisessa upokkaassa 105 °C lämpötilassa ja näytteet punnittiin. Eloperäinen aines poistettiin polttouunissa, jossa näytteiden lämpötila nostettiin hitaasti 550 °C:seen. Näytteitä poltettiin polttouunissa 24 tuntia. Eloperäisen aineksen osuus saatiin näytteiden painon muutoksesta.

Raekokojakauma määritettiin kahdesta rinnakkaisnäytteestä mekaanisesti seulomalla. Lohkon maanäytteestä otettiin kaksi 50 g näytettä. Näytteiden mururakenne hienonnettiin huumareessa, jonka jälkeen näytteet seulottiin mekaanisesti. Näytteiden raekokojakauma taulukoitiin.

Savespitoisuus määritettiin ottamalla maanäytteistä rinnakkaisnäytteitä ja tekemällä niille kierityskoe. Maanäytteestä otettiin kaksi 10 g rinnakkaisnäytettä, joka hienonnettiin huumareessa. Hienonnuksen jälkeen näytettä kostutettiin vedellä, jolloin siitä voitiin pyörittää ohutta nauhaa. Nauhan paksuus mitattiin katkeamisvaiheessa, jolloin saatiin näytteen savespitoisuus.

Vedenpidätyskyky määritettiin lohkoilta kerätyistä maanäytteistä kostutus-kuivatusmenetelmällä. Lohkojen maanäytteistä otettiin kaksi 10 ml rinnakkaisnäytettä, jotka kyllästettiin vedellä. Veden annettiin imeytyä näytteeseen 24 h, minkä jälkeen näytteestä kaadettiin ylimääräinen vesi pois. Näytteet punnittiin ja punnitustulokset taulukoitiin. Tämän jälkeen näytettä kuivattiin 105 °C lämpötilassa 5 tuntia, jonka jälkeen näytteet punnittiin. Vedensitomiskyky saatiin näytteiden painon muutoksesta.

Maahengitys mitattiin kammiomenetelmällä. Maanpäällinen kasvusto poistettiin ennen hiilidioksidikammion asennusta. Hiilidioksidikammio asennettiin edustavaan kohtaan lohkoa, jossa ei ollut peltoliikenteen aiheuttamaa tiivistymistä, eivätkä maakerrokset olleet sekoittuneet. Hiilidioksidin annettiin kertyä kammioon n. 5 h, jonka jälkeen kammioon kerääntyneen hiilidioksidin määrä mitattiin drägerputkilla. Perunalohkoilla kammio asennettiin perunapenkien väliin. Maahengitys mitattiin jokaiselta lohkolta yhdestä mittauspisteestä.

6 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

6.1 Lohkojen ravinteisuus

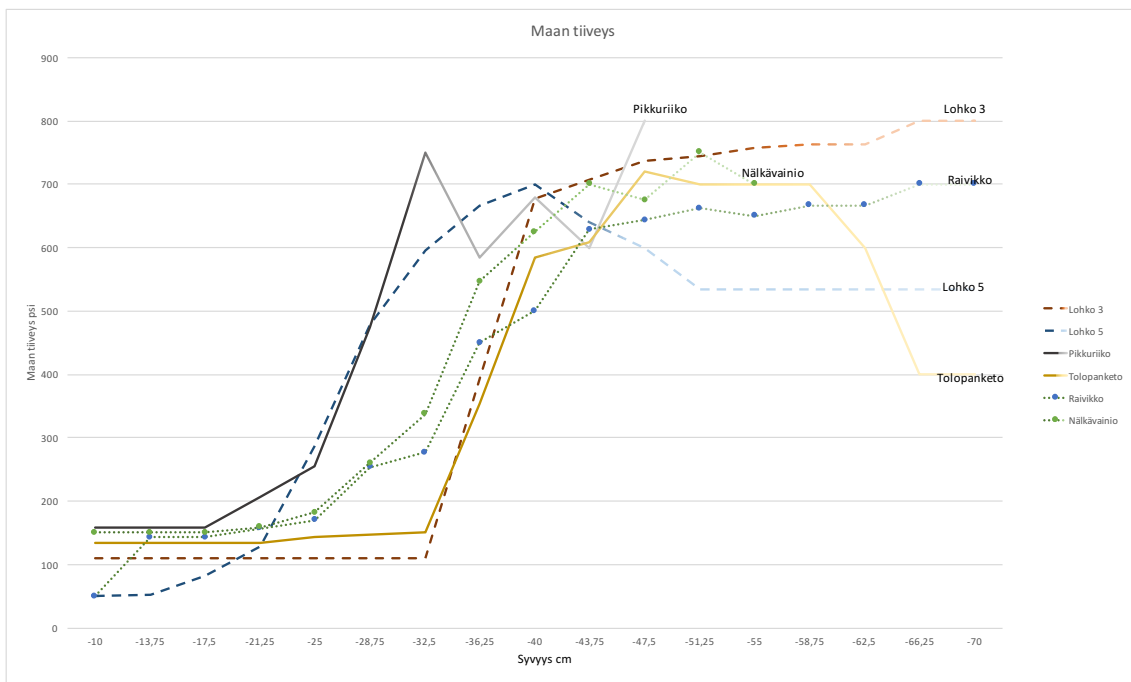
Lohkoilla 3 ja 5 (KUVIO 13 ja KUVIO 14) on perunamaaksi poikkeuksellisen korkea pH, koska lohkoja on kalkittu runsaasti 2000-luvulla. Maanparannustoimenpiteet näkyvät muita perunalohkoja korkeampina kalsium-, kalium- ja magnesiumpitoisuuksina. Lisäksi lohkojen 3 ja 5 multavuus on suurempi muihin perunalohkoihin verrattuna, mikä selittää osaltaan korkeampia ravinnepitoisuuksia. Pikkuriikon (KUVIO 15) ja Tolopankedon (KUVIO 16) ravinnetilanne on perunamaalle hyvin tyypillinen, jossa on alhainen pH, sekä alhaiset kalsium-, kalium- ja magnesiumpitoisuudet. Korkeafosforisten perunalannoitteiden käytön seurauksena fosforipitoisuus on kaikilla perunalohkoilla korkea muihin ravinteisiin verrattuna.

Raivikko (KUVIO 17) ja Nälkävainio (KUVIO 18) lohkoilla karjanlannan käyttö näkyy kohonneena fosforipitoisuutena. Karjanlannan käyttömäärät suunnitellaan yleensä viljelykasvin typpilannoitustarpeen perusteella, jolloin pellon fosforipitoisuus nousee korkeaksi.

Taulukosta 8 näkyy, että tutkittujen perunalohkojen ravinnepitoisuudet ovat selvästi alhaisempia kuin Oulun alueen karkeiden kivennäismaiden keskimääräiset ravinnepitoisuudet. Ainoastaan fosforipitoisuus on Oulun alueen keskiarvoa korkeampi.

6.2 Peltolohkojen tiivistymät

Kuviossa 19 on esitetty tutkittavien peltolohkojen maan tiivistyminen, joka on mitattu analogisella penetrometrillä. Kuvioista nähdään, että maa alkaa voimakkaasti tiivistyä muokkauskerroksen alapuolelta.



KUVIO 19. Mittaustulokset lohkojen maantiiveydestä.

Lohkolla 3 ei ollut tiivistymiä muokkauskerroksessa, koska lohko oli kynnetty keväällä n. 30 cm syvyyteen. Kyntökerroksen alapuolelta alkoi tiivis pohjamaa 70 cm asti, jota syvemmälle mittarilla ei voitu mitata. Lohkolla 3 penetrometri painui poikkeuksellisen syvälle muihin perunalohkoihin verrattuna.

Lohkon 5 pellon tiiveys mitattiin perunapenkin vaon pohjasta. Muokkauskerros oli erittäin kuohkeaa, koska kevätkynnös oli jrsitty keväällä 20 cm syvyyteen asti. Muokkauskerroksen raja oli n. 25 cm syvyydessä, koska lohko oli kynnetty keväällä. Pääosa mittauksista pysähtyi 35 cm syvyyteen, koska penetrometri ei läpäissyt maata syvemmälle.

Pikkuriikossa pellon tiiveys mitattiin perunapenkin vaon pohjalta. Maa oli Pikkuriikossa huomattavasti muita vertailulohkoja tiiviimpää. Keväällä kynnetyn kyntökerroksen raja oli n. 25 cm syvyydessä, jonka jälkeen alkoi tiivis pohjamaa, jota penetrometri ei pystynyt puhkaisemaan. Pääosa mittauksista pysähtyi 32 cm kohdalle ja yhtään mittaustulosta ei saatu 47,5 – 70 cm.

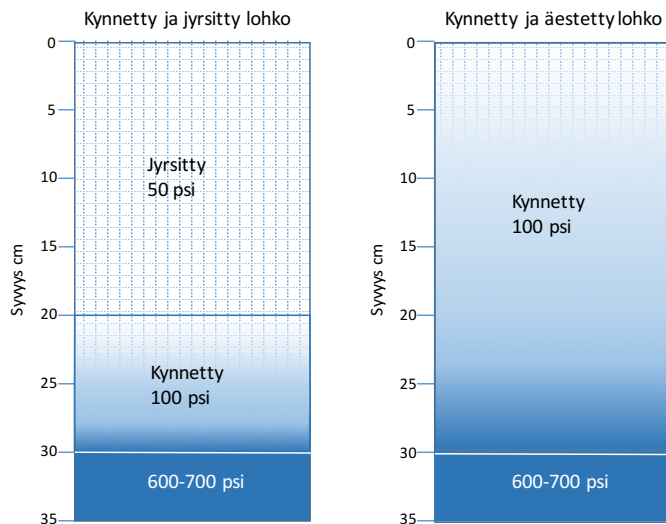
Tolpanketo oli kynnetty keväällä, joten pelto oli kuohkeaa n. 30 cm syvyyteen asti. Kyntökerroksen alapuolella oli kyntöantura 35 cm asti, jonka jälkeen alkoi tiivistynyt pohjamaa. Suurin osa mittauksista pysähtyi 40 cm syvyyteen ja vain kahdessa mittauspisteessä päästiin 70 cm asti.

Raivikko on kynnetty syksyllä 2015 n. 30 cm syvyyteen. Keväällä lohko on äestetty 10 cm syvyydestä, mikä näkyy mittaustuloksissa pintamaan kuohkeutena. Tiivistynyt pohjamaa alkoi 30 cm syvyydestä. Raivikko poikkesi muista lohkoista siinä, että kolmasosa mittauksista voitiin tehdä 70 cm syvyyteen asti, mutta suurin osa mittauksista pysähtyi n. 60 cm:iin.

Nälkävainion muokkauskerros oli tasaisen tiivis 25 cm syvyyteen asti. Syksyllä 2014 kynnetyn kyntökerroksen syvyys oli n. 30 cm, jonka jälkeen alkoi tiivis pohjamaa. Pohjamaan tiiveys voitiin mitata 55 cm syvyydelle, jonka jälkeen penetrometri ei läpäissyt maata.

Lohkopareilla Lohko 3 ja Tolopanketo, Lohko 5 ja Pikkuriiko, Raivikko ja Nälkävainio on hyvin samankaltaiset tiiveyskäyrät luotettavasti mitattuun, noin 40 cm syvyyteen asti. Syksyllä kynnetyt lohkot ovat tiivistyneet talven aikana noin 50 psi:tä kevätkynnöstä tiiviimmäksi. Lisäksi muokkausmenetelmä on vaikuttanut maan tiiveyteen. Jyrsintä on kuohkeuttanut pintaa 20 cm asti ja äestys vain 10 cm asti. Kuviossa 20 on esitetty muokkausmenetelmien vaikutus maan tiiveyteen.

Perunalohkojen vaonpohjalla olevaa maata tiivistävät perunanistutuskone, multaaja sekä sadevesi, joka liettää vaonpohjalla olevia maakerroksia. Maan tiiveys on myös seurausta yksipuolisesta perunan viljelyn aiheuttamasta mururakenteen heikkenemisestä. Kuviossa 20 on esitetty näkemys maantiiveydestä eri syvyyksissä eri muokkausmenetelmillä.



KUVIO 20. Yhteenveto tutkittavien lohkojen muokkausmenetelmien vaikutuksesta maan tiiveyteen eri syvyyksillä.

Eloperäisen aines vähentää peltoviljelyn tiivistävää vaikutusta. Pikkuriikossa eloperäisen aineksen osuus on vertailulohkojen alhaisin, joten orgaaninen aines ei ehkäise pellon tiivistymistä. Alhainen multavuus näkyy Pikkuriikossa tiiviimpänä muokkauskerroksena.

Eloperäisen aineksen vaikutus maan kuohkeuteen näkyy myös vertailtaessa lohkoa 3 ja Tolopankettoa. Molempien lohkojen muokkausmenetelmä on samanlainen, mutta Tolopankedon muokkauskerros on n. 50 psi:tä tiiviimpää. Tolopankedon tiiveys selittyy osittain myös raekokojakauamalla, koska Tolopankedossa on selvästi enemmän hienoja maalajitteita.

Nurmen viljely on vaikuttanut pohjamaan tiiveyteen Raivikon ja Nälkävainion lohkoilla. Nurmen juuristo on kuohkeuttanut pohjamaata, joten pohjamaasta saatiin enemmän mittaustuloksia kuin muista vertailulohkoista.

6.3 Lohkojen maan rakenne

Kuoppatestin avulla saatiin selville, että kaikilla tutkittavilla lohkoilla ruokamultakerroksen paksuus on 30 – 35 cm ja muokkauskerroksen paksuus on n. 30 cm. Tutkittavilla perunalohkoilla oli yhteistä hyvin heikko mururakenne. Perunan hento juuristo ei kykene sitomaan maapartikkeleita yhteen. Perunanviljely jättää maahan hyvin vähän orgaanista ainetta, jolloin maan rakenne ei vahvistu. Heikon maan rakenteen takia perunalohkoilta ei voitu nostaa ehjää maapaakua kuoppatestiä varten. Hyvän viljelykierron lohkoilta maapaakun nostaminen onnistui helposti.

Kuoppatestin havaintojen perusteella perunan juuriston kasvu oli pysähtynyt muokkauskerroksen rajapintaan. Kyntöantura oli niin tiivis, ettei perunan juuristo pysty sitä läpäisemään. Myös öljyretikan juuriston kasvu lohkolla 3 oli pysähtynyt muokkauskerroksen rajapintaan. Poikkeuksena oli ohran juuristo, joka oli tunkeutunut Tolopankedossa noin 40 cm syvyyteen. Ohran juuristo sitoo hiukan maapartikkeleita yhteen, jolloin maan rakenne ei ole aivan yhtä löyhä kuin perunalohkoilla.

Hyvän viljelykierron Raivikko ja Nälkävainio lohkoilla kasvien juuret sitovat voimakkaasti maata yhteen ja juurien määrä on moninkertainen verrattuna muihin tutkittaviin lohkoihin. Maan väri on huomattavasti perunalohkoja tummempaa korkeamman orgaanisen aineksen pitoisuuden johdosta. Kasvien juuret ovat tiheässä ja yltävät pohjamaahan asti. Juuret sitovat maata voimakkaasti ja maapaakkua on vaikea irrottaa maasta. Kaikille lohkoille oli tyypillistä tiivis pohjamaa.

6.4 Lierojen esiintyminen lohkoilla

Tutkittavilta lohkoilta ei löytynyt yhtään lieroa. Kuoppatestin yhteydessä tehtyyn pintakarrikkeen lajien määrittämisessä ei myöskään löytynyt lieroja. Vertailun vuoksi sinappitesti tehtiin myös Nälkävainion vieressä sijaitsevalle kesantonurmelle, jota ei ole muokattu yli kymmeneen vuoteen. Kyseisestä kesantonurmesta löytyi noin 60 onkilieroa neliöltä. Lierot eivät viihdy voimaperäisesti viljeltyissä pelloissa. Lisäksi perunalohkojen alhainen multavuus sekä matalat ravinnepitoisuudet ja pH karkottavat lierot peltomaasta.

6.5 Lohkojen hiilidioksidipäästöt

Taulukossa 9 on esitetty tutkittavien lohkojen maahengitys eli hiilidioksidipäästöt vuorokaudessa. Hietamaalla viljeltävän ohralohkon hiilidioksidipäästöt vuorokaudessa ovat keskimäärin 4 – 6,5 g/m²/d (Pahkala 2008, 61). Taulukon 4 mukaan perunalohkojen maahengitys sijoittuu optimaaliselle tasolle. Raivikon ja Nälkävainion maahengitys on poikkeuksellisen suuri. Viljelykierron monipuolisuus, karjanlannan käyttö ja korkeampi multavuus näkyvät suurempana maahengityksenä. Maahengitys on kolminkertainen perunanviljelylohkoihin verrattuna. Voimakas maahengitys kertoo maaperäeliöstön tehokkaasta kasvinjätteiden hajotustoiminnasta ja nopeasta ravinteiden vapautumisesta kasvien käyttöön.

TAULUKKO 9. Tutkittavien lohkojen maahengityksessä vapautuvat hiilidioksidipäästöt.

Maahengitys				
	Kasvi	Mittausaika	Maan lämpö	CO ₂ -C g/m ² /d
Lohko 3	Öljyretikka	4h 50 min	14	5,6
Lohko 5	Peruna	5h 40 min	12	5,9
Riiko	Peruna	4h 30 min	12	6,3
Tolpanketo	Ohra	4h 55 min	13,5	4,4
Raivikko	Ohra	4h 50 min	13	14,9
Nälkävainio	Nurmi	5h 10 min	12,5	15,6

6.6 Eloperäisen aineksen osuus lohkoilla

Peltolohkojen eloperäisen aineksen pitoisuudet on esitetty taulukossa 10. Taulukosta näkyy, että Raivikolla ja Nälkävainiolla on korkeimmat orgaanisen aineksen pitoisuudet. Kyseisillä lohkoilla multavuus on säilynyt hyvän viljelykierron ansiosta. Yksipuolisen perunanviljelyn lohkoilla multavuus on selkeästi pienempi.

TAULUKKO 10. Tutkittavien lohkojen eloperäisen aineksen pitoisuudet

	Multavuus %
Lohko 3	4
Lohko 5 kanava	4
Lohko 5 yläpää	4
Pikkuriiko	2
Tolopanketo	2
Raivikko	7
Nälkävainio	5

Maan multavuus ja savespitoisuus vaikuttavat pellon kationinvaihtokapasiteettiin kuvion 6 (s.17) mukaisesti. Lohkojen 3 ja 5 suurin mahdollinen kationinvaihtokapasiteetti on 10 cmol/kg, jolloin se pystyy pidättämään tyydyttävästi ravinteita. Raivikon suurin mahdollinen kationinvaihtokapasiteetti on 16 cmol/kg, jolloin se kykenee pidättämään hyvin ravinteita. Tolpankedon alhaisen multavuuden takia sen suurin mahdollinen kationinvaihtokapasiteetti on vain 7 cmol/kg, jolloin se pystyy pidättämään välttävästi ravinteita. Taulukossa 11 on esitetty lohkojen nykyiset kationinvaihtokapasiteetit. Lohkojen kationinvaihtokapasiteetit on laskettu kationitasapaino-laskurilla (Mattila 2014, viitattu 19.2.2017). Kalkitseminen ja maanparannusaineiden levittäminen nostavat lohkojen kationinvaihtokapasiteettia.

TAULUKKO 11. Tutkittavien lohkojen tämän hetkinen kationinvaihtokapasiteetti.

	Kationinvaihtokapasiteetti cmol/kg
Lohko 3	4,3
Lohko 5	4,2
Pikkuriiko	2,4
Tolopanketo	2,2
Raivikko	7,13
Nälkävainio	6,3

6.7 Lohkojen raekokojakauma ja savespitoisuus

Lohkojen raekokojakauma on esitetty taulukossa 12. Raekokojakauman perusteella kaikki tutkittavat lohkot ovat maalajiltaan karkeaa hietaa. Tolopankedon raekokojakaumassa on poikkeuksellisen paljon hienojakoisia maalajitteita muihin tutkittaviin lohkoihin verrattuna. Hienojakoiset maalajitteet parantavat maan ravinteiden pidätyskykyä.

TAULUKKO 12. Tutkittavien lohkojen raekokojakauma

		Lohko 3	Lohko 5 yläpää	Lohko 5 kanava	Pikkuriiko	Tolopanketo	Raivikko	Nälkävainio
Raekoko	Maalajite	Keskiarvo %	Keskiarvo %	Keskiarvo %	Keskiarvo %	Keskiarvo %	Keskiarvo %	Keskiarvo %
>2	Sr	0	0	0	0	0	0	0
0,6-2	KHk	0	0	0	0	1	1	0
0,2-0,6	HHk	1	1	0	2	3	0	1
0,06-0,2	KHt	68	66	64	67	48	68	74
<0,06	HHt, Hs, S	31	33	35	31	48	31	25

Maanäytteen savespitoisuus määritettiin kierityskokeella rinnakkaisnäytteistä. Lohkojen savespitoisuudet on esitetty taulukossa 13. Savespitoisuus lisää maan ravinteiden pidätyskykyä kuvion 6 (s. 17) mukaisesti. Tolopankedossa ja Raivikossa on poikkeuksellisen suuri savespitoisuus muihin tutkittaviin lohkoihin verrattuna.

TAULUKKO 13. Tutkittavien lohkojen savespitoisuus

	Savespitoisuus %
Lohko 3	5 - 15
Lohko 5	5 - 15
Pikkuriiko	5 - 15
Tolopanketo	15 - 25
Raivikko	5 - 15
Nälkävainio	15 - 25

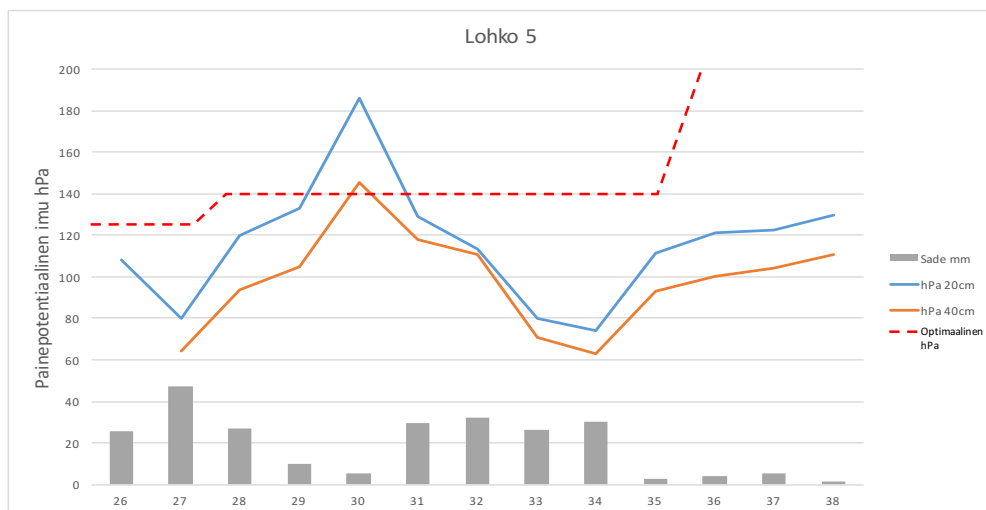
6.8 Peltolohkojen vedenpidätyskyky

Maan vedenpidätyskykyyn vaikuttavat lohkon multavuus, raekoko ja savespitoisuus. Raivikon vedenpidätyskyky on suurin tutkittavista lohkoista. Vedenpidätyskykyyn vaikuttaa ensisijaisesti maan eloperäisen aineksen osuus. Taulukossa 14 on esitetty tutkittavien lohkojen vedenpidätyskyky paino- ja tilavuusprosentteina.

TAULUKKO 14. Tutkittavien lohkojen vedenpidätyskyky

	Maan sitoma vesi	
	Paino- %	Tilavuus- %
Lohko 3	54	35
Lohko 5 kanava	50	33
Lohko 5 yläpää	53	35
Pikkuriiko	45	31
Tolopanketo	43	30
Raivikko	66	40
Nälkävainio	59	37

Kuviossa 21 on esitetty tensiometrillä mitattu pellon kosteus ja sadanta lohkolla 5. Perunan mukulanmuodostusvaihe alkoi viikolla 26. Maan kosteuspitoisuus oli yli 95 % (125 hPa) kenttäkapasiteetista, joten mukuloihin ei tullut perunarupea.



KUVIO 21. Lohko 5 maan kosteuden keskiarvot 20 cm ja 40 cm syvyydestä viikoilta 26 – 38 sekä sademäärät mm.

Perunakasvusto kukki viikolla 29 eli peruna oli siirtynyt täyteen kasvun vaiheeseen. Täydessä kasvuvaiheessa maankosteuden pitää olla 90 % (140 hPa) pellon kenttäkapasiteetista, jotta peruna saa riittävästi vettä ja ravinteita. Maankosteus vaihteli voimakkaasti kasvukauden aikana, ja viikon 30 kuivuuden jälkeiset runsaat sateet aiheuttivat mukuloihin jonkin verran kasvuhalkeamia.

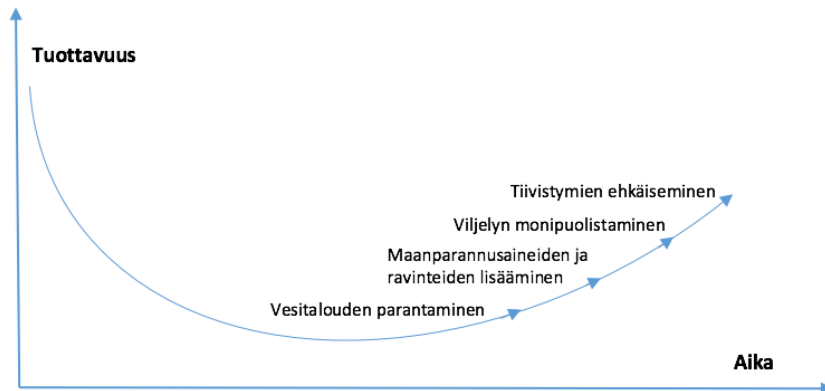
Viikolla 35 perunan varsisto tuhottiin kemiallisesti. Tässä vaiheessa pellonkosteus pitäisi laskea 60 %:iin (255 hPa) pellonkenttäkapasiteetista, jotta perunan kuori vahvistuu tehokkaasti. Kyseinen kosteuspitoisuus ei toteutunut, vaikka loppusyksy olikin vähäsateinen. Kosteuden haihtuminen maasta on syksyllä vähäistä, eikä peruna käytä maasta vettä varsiston tuhoamisen jälkeen. Tästä syystä maan kosteuspitoisuus laski hyvin hitaasti.

Lohkolla 5 kasvukauden aikainen sademäärä oli 305 mm. Kuvion 21 perusteella lohko 5 kosteuspitoisuus vaihteli suuresti kasvukauden aikana, vaikka lohkon kosteusvaihtelua pyrittiin tasamaan säättösalaoituksen avulla. Kuitenkaan lohko ei ollut niin märkä, että se olisi rajoittanut satotaso tai heikentänyt sen laatua. Maan kosteuspitoisuutta voidaan optimoida sadetuksella ja säättösalaoituksella, jolloin perunasato kasvaa 10 – 20 %.

Pikkuriiko kärsi kuivuudesta mukulanmuodostuksen ja täydenkasvun vaiheessa, jolloin mukuloita tuli vähemmän ja niissä oli enemmän kasvuhalkeamia kuin muilla lohkoilla. Pikkuriikossa perunasato oli 35 % pienempi kuin lohko 5, jossa satotaso nostivat korkeampi maan multavuus, ravinteisuus, kuohkeus ja tärkeimpänä tekijänä parempi vesitalous.

7 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Yksipuolinen perunanviljely on johtanut maan köyhtymiseen tutkimuslohkoilla, jossa ravinnepitoisuudet ovat alhaiset, muokkauskerros ja pohjamaa ovat tiivistyneet, maan biologinen aktiivisuus heikentynyt ja multavuus on laskenut. Kuviossa 22 on esitetty yksipuolisesta viljelystä aiheutunut tuottavuuden lasku ja tärkeimmät maan kasvukuntoa parantavat toimenpiteet.



KUVIO 22. Yksipuolisesta viljelystä aiheutunut tuottavuuden heikkeneminen ja kasvukuntoa parantavat toimenpiteet.

Perunan lannoituksen suunnittelussa pitää huomioida satotavoitteen määrittämä perunan ravinnetarve, esikasvivaikutus, maan ravinnepitoisuus ja arvio huuhtouman vaikutuksesta. Taulukossa 15 on esitetty perunan ravinnetarve ja sadossa poistuvien ravinteiden määrä. Maasta vapautuvien ravinteiden määrää (kg/ha) voidaan arvioida viljavuustuloksien ravinnepitoisuuksien perusteella. (Liite 3). Satotavoitteiden perusteella selvitetään riittävätkö keväällä annetut ravinteet ja maassa olevat ravinnevarannot kyseiseen satomäärään. Maan ravinnepitoisuuksia arvioidessa pitää huomioida, ettei koko ruokamultakerroksen ravinnemäärä ole perunan käytettävissä, vaan ainoastaan juurien lähellä olevat ravinteet ovat perunan saavutettavissa (KUVIO 24).

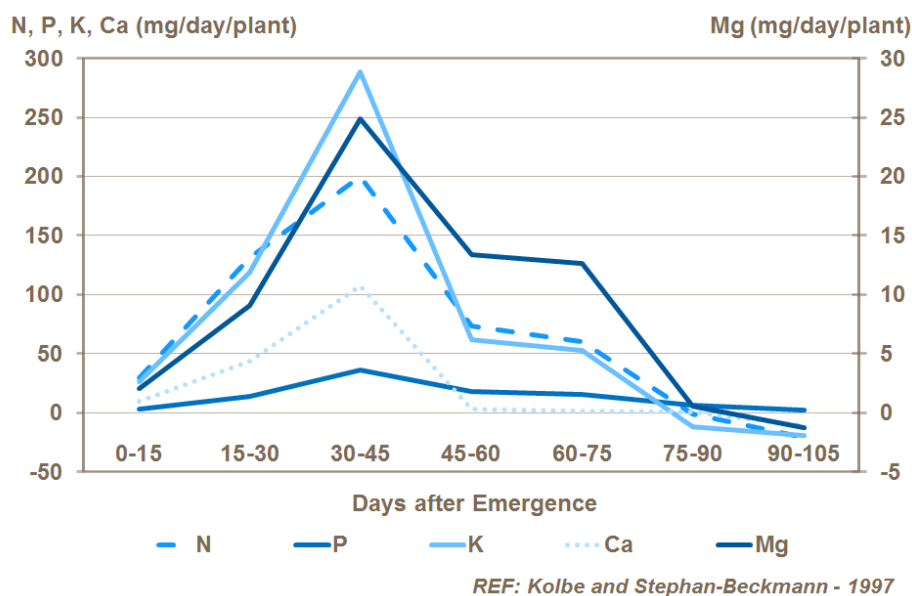
Maan ravinteiden saatavuuteen vaikuttavat maan pH ja lämpötila. Alhaisessa pH:ssa maan mikrobin toiminta on heikkoa ja ravinteiden vapautuminen kasvien käyttöön hidasta. Matalissa lämpötiloissa ravinteiden vapautuminen ja liikkuminen maassa hidastuvat, jolloin ravinteet eivät ole kasvien käytettävissä.

TAULUKKO 15. Perunan ravinnetarve ja sadossa poistuvien ravinteiden osuus. (Kuisma & Saarela 2001, 59-60 ja Westermann 2005, 303.)

Ravinne	Tarve kg/ha	Sadossa poistuu %
Typpi (N)	60 - 160	50 - 75
Fosfori (P)	15 - 25	75 - 85
Kalium (K)	150 - 300	60 - 70
Kalsium (Ca)	20 - 45	6
Magnesium (Mg)	10 - 15	40 - 70
Rikki (S)	15 - 25	-
Sinkki (Zn)	0,12	-
Mangaani (Mn)	1	-
Rauta (Fe)	2	-
Kupari (Cu)	0,1	-
Boori (B)	0,2	-
Kloori (Cl)	2 - 3	-
Molybleeni (Mo)	0,006	-

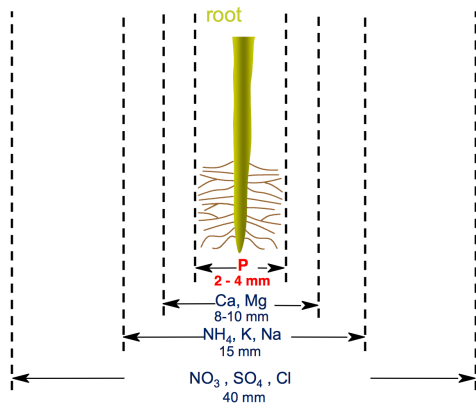
7.1 Ravinteiden lisääminen

Perunalla on nopea sadontuottokyky, joten se ottaa maasta suuria määriä ravinteita lyhyen ajan sisällä (KUVIO 23). Pidemmästä päivästä johtuen Suomessa perunan kasvukehitys on nopeampi kuin Keski-Euroopassa. Heikkojuurisena kasvina peruna tarvitsee suuret maan ravinnepitoisuudet, jotta se saa riittävästi ravinteita sadonmuodostukseen. (Irmes & Bransal 1999, viitattu 28.11.2016.)



KUVIO 23. Perunan pääravinteiden tarve kasvukauden aikana. (Yara 2016, viitattu 24.12.2016).

Pohjamaan ja pintamaan ravinnereservit, kuten varastokalium, ovat erityisesti voimakasjuuristen kasvien käytössä (Väisänen 2012, 4, viitattu 29.11.2016). Muokkauskerroksen korkeat kaliumpitoisuudet lisäävät perunan satomääriä (Kankaala ym. 2014, 25). Heikkojuurinen peruna ei välttämättä pysty hyödyntämään kaikkia ravinnereservejä.



KUVIO 24. Ravinteiden saatavuus kasvin juuristolle (Kerminen 2016, viitattu 4.12.2016)

Maan kalsiumpitoisuus perunanviljelyssä on oltava vähintään 1000 mg/l sekä maan kalsiumin ja magnesiumin suhde pitää olla 10:1 (Kuisma & Saarela 2001, 56). Maan korkeat kalsiumpitoisuudet eivät nosta perunan satomääriä, mutta parantavat merkittävästi sadon laatuominaisuuksia (Kankaala ym. 2014, 25). Peruna ottaa kalsiumia maasta haihdutusvirtauksen avulla mukulan ja maavarsien hiusjuurien kautta, eikä pääjuuren kautta. Tämän takia on tärkeää, että mukulapesän välittömässä läheisyydessä on riittävästi kalsiumia saatavilla. (Sipilä, Kemppainen, Markus & Virtanen 2013, 17.) Kalsiumia voidaan lisätä maahan ylläpitokalkituksella 5 tn/ha/vuosi ilman, että pH:n nousu lisää rupiriskiä (Latvala 2008, 22).

Lehtilannoitteet soveltuvat hyvin täydentämään perunan hivenlannoitusta, jos hivenravinteiden pitoisuudet maassa ovat alhaiset. Lehtilannoitteet eivät sovellu pääravinteiden lannoitukseen, koska peruna tarvitsee enemmän ravinteita kuin lehden kautta pystytään siirtämään kasviin. Lisäksi lehtilannoitteiden käytössä on suuri riski myöhästyä oikeasta lannoitusajankohdasta, jolloin lannoituksen hyödyt jäävät saamatta. (Potato Grower 2010, viitattu 9.12.2016.) Lehtilannoitteiden hyöty riippuu ravinteiden liikkuvuudesta kasvissa. Tehokkaimpia ovat sellaiset ravinteet, jotka liikkuvat hyvin kasvin sisällä. (Wójcik 2004, 212, viitattu 15.12.2016.)

Hivenravinteiden peruslannoitus pitää hoitaa luontaisesti kasvien juurten kautta (Peltonen 2009, 76). Greencare Pro Extra on tällä hetkellä ainoa rakeinen valmiste perunan hivenlannoitukseen.

Valmiste sisältää typpeä, kalsiumia, magnesiumia, rikkiä, booria, kuparia, rautaa, mangaania, molybdeeniä ja sinkkiä. 100 – 300 kg/ha levitysmäärällä voidaan varmistaa perunan hivenravinteiden saanti. (ViljelijänBerner 2016, viitattu 17.12.2016.) Hivenravinteet voidaan levittää sijoituslannoituksena, jolloin hivenravinteet saadaan suoraan perunan juuristovyöhykkeelle. Sijoituslannoituksessa voidaan käyttää hajalevitystä pienempiä käyttömääriä, jolloin säästetään lannoituskustannuksissa.

Starttilannoitetta laitetaan perunan istutusvakoon, jolloin starttilannoitteen sisältämä typpi ja fosfori ovat nopeuttamassa perunan alkukehitystä. Starttifosfori tulee sijoittaa siemenen yläpuolelle, suoraan penkinmuotoilija kiekkojen eteen. Lannoitemäärä ei saa ylittää 112 kg/ha. (Terry, Tindall, Westermann & Stark 1993, 24). Kylmässä maassa ja stressaavassa alkukehitysvaiheessa starttifosforista saadaan suurin hyöty (Sultenfuss & Doyle 1999, 36).

Eloperäisten lannoitteiden hyödyntäminen viljelyssä vähentää väkilannoitteiden haitallisia vaikutuksia, sillä väkilannoitteet happamoittavat ja nostavat maan suolapitoisuutta. Eloperäiset lannoitteet parantavat maan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia, lisäävät maan multavuutta ja vilkastuttavat pieneliötoimintaa. (Rajala 2006a, 123.) Eloperäiset lannoitteet soveltuvat parhaiten perunan välikasveille. Hyviä eloperäisiä lannoitteita monipuolistamaan ravinnetaloutta ovat karjanlanta ja biokaasulaitoksen mädätejäännökset, joissa on käytetty vain eläinten lantaa tai ruokajätettä.

7.2 Maanparannusaineiden levittäminen

Biotiitti soveltuu hyvin perunalohkojen maanparannusaineeksi. Ravinteet vapautuvat maahan hitaasti, jolloin ne eivät ole alttiina huuhtoutumiselle. Biotiitin tarvittavat käyttömäärät kaliumin ravintepitoisuuksien nostamiseen hyvälle tasolle on esitetty taulukossa 16. Biotiitti on matalaneutraloitumiskykyinen maanparannusaine, jolloin maan pH:n nousu on hallittua.

Biotiitti nostaa maan kalsiumpitoisuutta jo levitysvuonna, mutta kalium- ja magnesium pitoisuudet nousevat viiveellä vasta seuraavana vuonna levityksestä (Forsman, Virtanen & Pulkkinen 2006, 5, viitattu 15.12.2016). Kun biotiittiä levitetään pellolle 10 tn/ha, niin kaliumia vapautuu 50 kg/ha, kalsiumia 78 kg/ha ja magnesiumia 7,5 kg/ha vuodessa (Simula 2012, 3). Biotiitti ei vääristä Ca/Mg – suhdetta, joten biotiitti on käyttökelpoinen maanparannusaine myös runsaasti magnesiumia sisältävillä pelloilla (Forsman ym. 2006, 5, viitattu 15.12.2016).

TAULUKKO 16. Biotiitin käyttösuositukset (Rajala 2006b, 230).

Biotiitin käyttö suositukset					
Maalaji	Viljavuusluokka	t/ha	kalium kg/ha	Kalsium kg/ha	Magnesium kg/ha
Karkeat kivennäismaat -ei sisällä savea	Huono	8-15	750	1050	1500
	Huononlainen	5-10	500	700	1000
	Välttävä	3-8	400	560	800
	Tyydyttävä	0-5	250	350	500

Kipsiä käytetään perunamailla kalsiumlannoitteena, koska sillä ei ole kalkitsevaa vaikutusta. Ke-väällä levitetyllä kipsillä on saatu nostettua maan ja mukuloiden kalsiumpitoisuutta, mutta karkeilla hietamailla vaikutus on yksivuotinen. (Sipilä ym. 2013, 10.) Kipsin on todettu kasvattavan perunan sadon määrää ja laatua hiekkaisilla, vähän orgaanista ainetta sisältävillä pelloilla (Fisher 2011, 7). Kipsiä kannattaa levittää vain sen verran, että maan kalsiumpitoisuus nousee 1000 mg/l, joka on perunanviljelyssä kalsiumin minimipitoisuus. Taulukossa 17 on laskettu kipsin levitysmäärät, joilla maan kalsiumpitoisuus saadaan nostettua tyydyttävälle tasolle. Kipsi pidättää liukoisessa muo-dossa olevaa fosforia kasvien käyttöön. Fosfori kasvattaa perunan mukulalukumäärää ja vähentää pienten mukuloiden osuutta sadossa (Latvala 2008, 12).

TAULUKKO 17. Kipsin käyttösuositukset kalsiumin viljavuusluokan mukaan. Käyttösuositukset on laskettu 30 cm ruokamultakerrokselle. Laskukaava on esitetty liitteessä 2.

Kipsin käyttösuositukset				
Viljavuusluokka Ca	t/ha	Kalsium kg/ha	Rikki kg/ha	Fosfori kg/ha
Huono	8-13	2990	2340	26
Huononlainen	3-8	1840	1440	16
Välttävä	0-3	690	540	6

Apatiittia voidaan käyttää fosfori- ja kalsiumlannoitteena (Van Straaten 2002, 23). Apatiitin fosfo-rista saadaan kasvien käyttöön ensimmäisen kymmenen vuoden aikana 10 – 20 % ja hyväksikäyttö parantuu vuosien kuluessa. Apatiitin kalkitusvaikutus vastaa kalsiittia, mutta apatiitti liukenee maa-han huomattavasti hitaammin. (Rajala 2006b, 233-234.) Taulukossa 18 on laskettu apatiitin levi-tysmäärät, joilla kalsiumpitoisuus saadaan nostettua hyvälle tasolle.

TAULUKKO 18. Apatiitin käyttösuositukset kalsiumin viljavuusluokan mukaan. Käyttösuositukset on laskettu 30 cm ruokamultakerrokselle. Laskukaava on esitetty liitteessä 2.

Apatiitti käyttösuositukset				
Viljavuusluokka Ca	t/ha	Kalsium kg/ha	Fosfori liu. kg/ha	Fosfori kok. kg/ha
Huono	14-18	6120	180	2520
Huononlainen	11-14	4760	140	1960
Välttävä	6-11	3740	110	1540
Tyydyttävä	0-6	2040	60	840

Ylläpitokalkituksen tavoitteena on säilyttää saavutettu pH-taso. Ylläpitokalkitusta tarvitaan, koska maa pyrkii happamoitumaan kasvin ravinteiden oton, lannoituksen ja maanmuokkauksen seurauksena. Ylläpitokalkitusta tarvitaan keskimäärin 5tn/ha joka viides vuosi. (Nordkalk 2012, 11, viitattu 15.12.2016.) Happamilla sulfaattimailla sijaitsevia peltoja on kalkittava säännöllisesti, koska maan sulfidien reagointi ilman kanssa laskee maan pH:ta (Maaseutuverkosto 2009, 5, viitattu 15.12.2016). Viljely happamilla sulfaattimailla vaatii runsasta kalkitusta (Auri 2015, 4).

Kalsiitin hienorakenteisuus vaikuttaa sen liukenemisnopeuteen ja neutralointikykyyn maaperässä. Nopealla neutralointikyvyllä tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti kalkki nostaa maan pH:ta ja kalsiumpitoisuutta. Yleensä maa saavuttaa pH huippunsa 2 – 3 vuoden kuluttua kalkituksesta ja kalkki vaikuttaa maassa 5 – 10 vuotta. (Nordkalk 2016, viitattu 25.11.2016.) Taulukossa 19 on laskettu tarvittava Aitokalsiitin käyttömäärä kalsiumpitoisuuden nostamiseen hyvälle tasolle. Kalsiumpitoisuuden nostamisessa kalsiitin avulla on huomioitava sen neutraloitumiskyky, jotta maan pH ei nouse liian korkealle tasolle. Taulukossa 20 on esitetty kalkin määrä, joka nostaa maan pH:ta yhden viljavuusluokan eli 0,4 pH –yksikön verran.

TAULUKKO 19. Aitokalsiitin käyttösuositukset kalsiumin viljavuusluokan mukaan. Käyttösuositukset on laskettu 30 cm ruokamultakerrokselle. Laskukaava on esitetty liitteessä 2.

Aitokalsiitin käyttösuositukset		
Viljavuusluokka Ca	t/ha	Kalsium kg/ha
Huono	13-15	4810
Huononlainen	10-13	1600
Välttävä	5-10	1230
Tyydyttävä	0-5	1850

TAULUKKO 20. 0,4 pH-yksikön eli yhden viljavuusluokan nostamiseen tarvittava kalkkimäärä karkeilla kivennäismailla. (Nordkalk 2012, 11, viitattu 15.12.2016).

Yhden viljavuusluokan nostamiseen tarvittava kalkkimäärä	
Multavuus	t/ha
Vähämultainen	2
Multava	3
Runsasmultainen	5
Erittäin runsasmultainen	6

Dolomiittikalkissa magnesiumipitoisuus on yli 10 %. Dolomiitti soveltuu sellaisten lohkojen kalkitukseen, joiden magnesiumipitoisuus on alhainen, kalsium-magnesium suhde on liian korkea tai kun biotiittiä ei käytetä osana lannoitusta. Dolomiitti on kalsiittia hidasliukoisempaa, joten pH nousee dolomiitilla hitaammin. Dolomiittia ei saa käyttää maanparannusaineena, jos se heikentää Ca-Mg suhdetta.

Terästeollisuuden kuonat soveltuvat perunanviljelyyn maanparannusaineeksi. Teräskuona nostaa maan pH:ta ja kalsiumipitoisuutta masuunikuonaa tehokkaammin. Masuunikuona on teräskuonaa hidasliukoisempaa ja sisältää enemmän magnesiumia. Kuonien sisältämät hivenravinteet nostavat maan hivenravinnepitoisuuksia vain levitysvuonna. (Hiltunen, Forsman, Virtanen, Sipilä, Kallio & Peltoniemi 2007, 3).

Biohiilestä käytetään maataloudessa nimitystä agrohiili tai agrobiohiili. Biohiili on orgaanisen aineksen hiiltymisjäännöstä, jota saadaan pyrolyysiprosessissa. Prosessissa syntyy korkeahiilipitoista materiaalia, jota voidaan hyödyntää maanparannusaineena. Biohiili parantaa maan ravinteisuutta nostamalla maan kationinvaihtokapasiteettia, varastoimalla vettä ja lisäämällä ilmavuutta. Lisäksi biohiilellä on maata neutralisoiva vaikutus. Biohiili vähentää typen huuhtoutumista maaperästä. Biohiili on hyvin pysyvää, joten se säilyy maassa sadoista vuosista tuhansiin vuosiin riippuen valmistusprosessista. Erityisesti niukkaravinteiset karkeat maat hyötyvät biohiilen levityksestä ja parantavat satotasoa. (RAE 2014, 1, viitattu 6.11.2016). Tämän hetkinen biohiilen hinta on 650-800 €/tn, joka rajoittaa biohiilen käyttöä. (Kettunen & Saarnio 2016, 18, viitattu 15.12.2016).

Jos tarvittavat maanparannusaineiden määrät ovat suuria, levitykset tulee jakaa useammalle kerralle. Perunalle maanparannusaineen kertalevitysmäärä on 6 tn/ha/vuosi, jolloin ravinnepitoisuudet ja pH eivät nouse liian nopeasti. Maanparannusaineet kannattaa levittää kynnökselle, jolloin ne sekoittuvat tehokkaimmin muokkauskerrokseen ja ovat heti perunan saatavilla.

Humushapoilla parannetaan lannoitteiden ravinteiden hyväksikäyttöä vilkastuttamalla maan mikrobiologista aktiivisuutta. Humushapot toimivat maan hyödyllisten mikrobin ravintona. Humushapojen käytöllä voidaan lisätä perunan satotasoja 11 – 22 % ja parantaa sadon laatua. (Sipilä ym. 2013, 11.)

7.3 Tiivistymien korjaaminen

Maan mururakennetta voidaan parantaa monivuotisella viherlannoitusnurmella. Jankkurointi kannattaa tehdä toisen vuoden viherlannoitusnurmeen, jolloin peltoliikenne minimoidaan ja juurien kasvu maksimoidaan. Jankkuroinnin jälkeen maahan kasvaa syväjuurinen kasvusto, jonka juuret sitovat jankkurin murustavat railot. (Lötjönen 2006, 15.) Jankkurointi lisää perunasatoa keskimäärin 11 – 18 % (Hatley ym. 2005, 19, viitattu 24.12.2016).

Maan rakenteen parantaminen ja tiivistymien rikkominen salaojasyvyyteen asti vaatii jankkuroinnin lisäksi syvä- ja voimakasjuuristen kasvien, kuten sinimailasen, puna-apilan tai ruokonadan viljelyä. Voimakasjuuriset kasvit läpäisevät kyntöanturan (Myllys 2014, 3, viitattu 29.10.2016) ja tuottavat runsaasti maan rakennetta parantavia juurieritteitä.

Jankkuroinnin seurauksena maa voi tiivistyä yhä syvempään, jos viljelykiertoa ei suoriteta jankkuroinnin jälkeen. Mikäli viljelykiertoa ei suoriteta, maa tiivistyy ja se aiheuttaa ongelmia kuivina ja märkinä kasvukausina, jolloin sadon laatu ja määrä heikkenevät. (Joona 2013, 29.)

Rivivälijankkuroinnilla perunan istutuksen jälkeen voidaan kuohkeuttaa maata ja parantaa veden imeytymisnopeutta. Rivivälijankkurointi ei ole kestävä ratkaisu tiivistymisongelmiin, koska kasvien juuret eivät sido löyhennettyä maata ja tämän seurauksena maa tiivistyy entistä syvemältä.

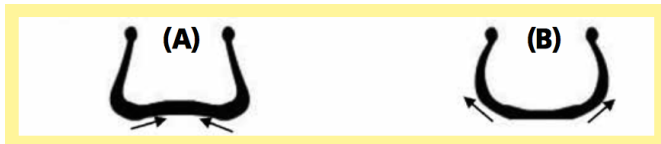
Happamilla sulfaattimailla jankkuroinnin ansiosta pohjamaan typpivarannot avautuvat kasvien käyttöön. Happamien sulfaattimaiden jankkuroinnissa on tärkeää huomioida, ettei nosteta hapanta pohjamaata ruokamultakerrokseen. (Joona 2013, 33.)

7.4 Tiivistymien ehkäisy

Renkaan maahan aiheuttama pintapaineen suuruus vaikuttaa maan tiivistymiseen. Renkaan pintapainetta voidaan pienentää suurentamalla renkaan ja maan välistä kosketuspinta-alaa. Renkaan kosketuspinta-ala kasvaa, kun renkaan leveyttä tai korkeutta kasvatetaan. Rengaspaineen alentaminen kasvattaa renkaan kosketuspinta-alaa kuvion 25 mukaisesti. Alhaisella paineella rengas uppoaa vähemmän maahan, jolloin vierintävastus ja luisto pienenevät. Paripyörä lisää renkaan kantavuutta 1,76 kertaiseksi yhteen pyörään verrattuna, jolloin voidaan käyttää alhaisempia rengaspaineita. (Ahokas & Oksanen 2015, 61, 75.) Ylitäytetty rengas painuu syvemmälle maahan ja työntää maata pois renkaan alta, mikä on esitetty kuviossa 26. Telatraktori tiivistää maata enemmän kuin paripyörillä varustettu traktori (Arvidsson & Keller 2014, 6, viitattu 27.10.2016).

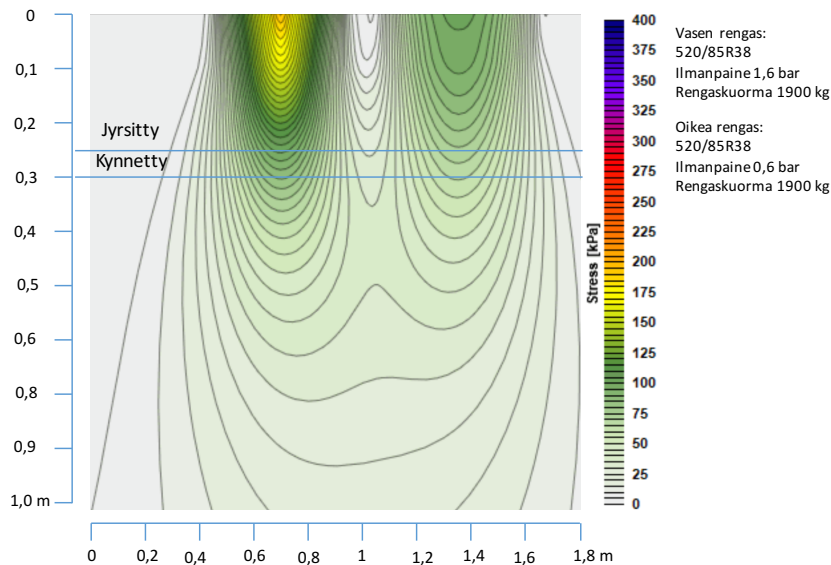


KUVIO 25. Rengaspaineen vaikutus maan kosketuspinta-alaan. (Ahokas 2016, viitattu 27.10.2016)



KUVIO 26. Ylitäytetty rengas (B) työntää maata pois renkaan alta. (Taylor 2015, 40.)

Peltoliikenteessä pitää aina käyttää niin alhaisia rengaspaineita kuin se on teknisesti mahdollista. Rengaspaine ei saa ylittää märällä maalla 0,5 baria ja kuivalla maalla 1 baria. Rengaspaineella voidaan vähentää muokkauskerroksen tiivistymistä, mutta renkaaseen kohdistuva massa vaikuttaa siihen, kuinka syvälle maa tiivistyy. (Alakukku 1999, 341.) Kuviossa 27 on esitetty rengaspaineen vaikutus muokkauskerroksen tiivistymiseen. Traktorien ja työkoneiden rengaspaineet voidaan optimoida internet -pohjaisella Terranimo -ohjelmalla jokaiseen työvaiheeseen sopiviksi.



KUVIO 27. Rengaspaineen vaikutus pellontiivistymiseen. (Terranimo 2016, viitattu 5.12.2016)

Pohjamaan tiivistymistä voidaan vähentää myös onland –kynntötyylillä. Tavanomaisessa kynnessä kyntötraktori kulkee kyntövaon pohjalla, kun taas onland –kynnessä traktorilla ajetaan kokonaan maan päällä. (Weisskopf, Zihlmann, Wiermann, Horn, Anken & Diserens 2000, 73, 78.) Tällöin traktorin aiheuttama maan tiivistyminen kohdistuu muokkauserrokseen eikä pohjamahan.

Märkä maa tiivistyy herkästi, joten kostealla pellolla liikennettä tulee välttää. Useat ajokerrat tiivistävät maata, joten työvaiheiden yhdistely ja ajokertojen vähentäminen pienentävät tiivistymisriskiä. Toimivalla salaojituksella ja pinnanmuotoilulla voidaan välttää tiivistymät lohkon märissä kohdissa. (Alakukku 2002, 79.)

Maan tiivistymistä voidaan ehkäistä sijoittamalla peltoliikenne pysyville ajourille, jolloin pelto tiivistyy vain renkaiden kohdalta. Controlled traffic farming (CTF) viljelyperiaatteessa kaikissa työkoneissa on sama raideväli ja työleveys, jolloin jokaisessa työvaiheessa ajetaan samaa ajolinjaa. Lisäksi koneissa käytetään kapeinta mahdollista rengasta, jolloin maa tiivistyy vain kapealta alueelta. Kiinteän työlevyden ansiosta voidaan käyttää kevyempiä työkoneita, jolloin pellon tiivistyminen vähentyy. (CTF 2017, 3, 4, viitattu 15.1.2017.) Kiinteiden ajourien käyttäminen perunan viljelyssä lisää satotasoa jopa 28 %. Kiinteiden ajourien hyödyntäminen vaatii koneisiin GPS-paikannuslaitteiston. (Chamen 2017, 9, viitattu 15.1.2017.)

7.5 Mururakenteen parantaminen

Pieneliöillä on suuri merkitys karkean maan mururakenteen muodostumiseen ja ylläpitoon. Pieneliöstö hajottaa kasvinjätteitä ja tuottaa liima-aineita, jotka mahdollistavat mururakenteen muodostumisen. Pieneliöiden aktiivisuutta auttavat runsas orgaanisen aineksen määrä, sopiva kosteus ja happipitoisuus, sekä neutraali pH ja ravinnetilaltaan tasapainoinen maa. (Lötjönen 2006, 20.)

Maan eloperäisen aineksen määrää maassa voidaan ylläpitää viljelykierrolla, mutta sen nostaminen vaatii maanparannuskuituja. Maanparannuskuidut ovat selluloosa-, paperi- ja kartonkitekiteollisuuden puukuituja, joiden orgaanisen aineksen pitoisuus on suuri. 50 – 100 tn/ha levitysmäärillä saadaan nostettua pellon multavuusluokkaa. Eloperäisen aineksen lisääminen peltoon kiihdyttää maan mikrobiaktiivisuutta. (Joonas 2011, 17.)

Lierot ovat maaperäeliöistä tehokkaimpia kuohkeuttajia. Lierot kaivautuvat yli metrin syvyyteen ja syntyneitä käytäviä pitkin vesi ja kaasut pääsevät liikkumaan maakerroksien läpi. Runsaas lierojen määrä kertoo maan rakenteen olevan kunnossa. Lierojen puuttumisen syynä on yleensä matala pH, märkyys ja yksipuolinen viljelykierto. (Lötjönen 2006, 20.)

7.6 Viljelyn monipuolistaminen

Viljelykierto on pellon hyvän kasvukunnon edellytys, sillä yksipuolinen perunan viljely heikentää maan rakennetta. Yksipuolisen perunanviljelyn heikentämää maan rakennetta voidaan korjata vain syväjuurisilla kasveilla, jotka jättävät maahan runsaasti orgaanista ainetta. Perunaa tulee viljellä korkeintaan kaksi vuotta peräkkäin, jonka jälkeen täytyy pitää vähintään kaksi väli vuotta. Hyviä välikasveja viljelykiertoon ovat lyhytikäiset nurmet ja palkokasvit. Viljelykiertoon ei kannata valita sellaisia kasveja, jotka toimivat perunan tautien isäntäkasvina (Perunanyt 2016. Viljelykierto, viitattu 27.11.2016.)

Viljelykierron satoa parantava vaikutus perustuu parempaan maan rakenteeseen, humus- ja ravinnepitoisuuden säilymiseen ja maalevintäisten tautien ja tuholaisten vähentymiseen (Perunanyt 2016. Viljelykierto, viitattu 27.11.2016). Monipuolinen viljelykierto lisää maaperän mikrobiaktiivisuutta. Monimuotoisten mikrobien ansiosta maahan voi kehittyä estomaa -ilmiö, jolloin kasvitautien

kasvua rajoittavat mikrobit lisääntyvät (Tuomola & Valkonen 2013, 12). Yksipuolisesta perunanviljelystä aiheutuva satotason lasku on noin 25 % (Vos & Van Loon 1988, 1).

Biofumikaatiossa perunan välikasveina viljellään sellaisia ristikukkaisia saneerauskasveja, jotka tuottavat kaasuuntuvia yhdisteitä maahan hajotessaan ja samalla puhdistavat maata taudinaiheuttajista (Tuomola & Valkonen 2013, 13). Yhdysvaltalaisien tutkimuksien mukaan viherlannoitteena käytettävät biofumikaatiokasvit vähentävät tehokkaasti kuorirokkoa ja perunaseittiä. Merkittävin syy taudinaiheuttajien vähenemiseen on orgaanisen aineksen ja mikrobiaktiivisuuden lisääntyminen välikasvien ansiosta. (Tuomola & Valkonen 2013, 13.) Hyvä saneeraus- ja biofumikaatiokasvi perunanviljelykiertoon on öljyretikka.

Kerääjäkasvit soveltuvat hyvin monipuolistamaan varhaisperunan viljelyä. Kerääjäkasvin kylväminen perunan noston jälkeen vähentää kasvukauden ulkopuolista eroosiota ja tukahduttaa rikkakasveja, kun pelto ei jää paljaaksi sadonkorjuun jälkeen. Kerääjäkasvi parantaa maan vedenimeytymiskykyä, kun sen juuristo tunkeutuu maahan tehden vedenmentäviä onkaloita. Kerääjäkasvi hyväksikäyttää maassa olevat ylimääräiset ravinteet ja tuo ravinteita pintakerrokseen syvemmistä maakerroksista juuriensa avulla. Hajotessaan kerääjäkasvi lisää maahan eloperäistä ainesta ja vapauttaa ravinteet seuraavan satokasvin käyttöön. (Sarango 2015, 26.) Nopeakasvuinen öljyretikka on hyvä kerääjäkasvi varhaisperunanviljelyn monipuolistamiseen.

Pintavalunnat lisääntyvät, kun vesi ei pääse kulkeutumaan luonnollista reittiä pitkin maakerroksien läpi salaojiin. Pintavalunnoissa vesi jää maan pinnalle ja kulkeutuu pellon pintaa pitkin ympäröysojiin kuljettaen ravinteita ja maa-ainesta mukanaan. Kerääjäkasvin, esimerkiksi öljyretikan, kylväminen perunakasvuston ja ympäröysojien väliin vähentää eroosiota ja sitoo maata. Suojakaista vähentää pintavalunnan kuljettamien ravinteiden ja maan pääsyä ympäröysojiin. Lisäksi suojakaista ei anna kasvutilaa rikkakasveille.

Geneettisesti monimuotoiset pellot vähentävät kasvitautien riskiä. Viljelyä voidaan monipuolistaa viljelemällä useita eri perunalajikkeita samalla lohkolla. Kasvitautien riski pienenee, kun viljellään useita perunalajikkeita, joilla on erilainen geneettinen perimä. Samaa perunalajiketta ei kannata viljellä samalla lohkolla peräkkäisinä vuosina. Riski kasvitautien siirtymisestä seuraavaan kasvukauteen kasvaa, kun käytetään tilan omaa siementä (TOS-siemen). Peruna on kasvullisesti lisääntyvä kasvi, joten kasvitaudit siirtyvät tulevaan satoon siemenperunoiden tai jääntimukuloiden kautta.

Määräaikaisella tilusvaihdolla pyritään monipuolistamaan viljelykiertoa kahden eri tuotantosuunnan välillä. Tilusvaihdossa perunanviljelijä vaihtaa viljelyalueita viljanviljelijän tai karjatilan kanssa. Tilusvaihdon haasteena voidaan pitää viljelykiertojen yhteensovittamista. Tiluksien vaihdot tulisi suunnitella pitkälle aikavälille, jotta alueiden viljelykierto olisi mahdollisimman monipuolista.

Tilusvaihdossa peltolohkojen tulisi sijaita lähellä tilakeskusta, jotta välimatkat eivät aiheuta suuria esteitä (Kämäräinen, Rinta-Kikka & Yrjölä 2014, 37). Tilojen välisen yhteistyön ansiosta karjatila voi saada hivenravinteita sisältävää nurmialaa ja perunatila saa vastaavasti nurmen hyödyt viljelykiertoon.

7.7 Vesitalouden parantaminen

Pellon kuivatuksen tavoitteena on turvata maan kantavuus peltotöissä ja varmistaa kasvien juurien ilmanvaihto. Kun pellon vesitalous on kunnossa, maa ei tiivisty muokkauskerroksessa olevan ylimääräisen kosteuden takia. (Peltomaa 2002, 33.)

Salaojituksen tavoitteena on kuljettaa ylimääräinen vesi pois muokkauskerroksesta, jolloin kasvien juurten ilmanvaihto toimii. Toimiva salaojitus on edellytys hyvälle maan rakenteelle, mikrobiaktiivisuudelle ja ravinteiden käytettävyydelle. (Peltomaa 2002, 33.)

Salaojituksen toimivuus varmistetaan säännöllisellä salaojien huuhtelemisella. Salaojien huuhtelulla poistetaan putkistosta liettymiä ja ruostesaostumia. Salaojien huuhtelulla tavoitteena on pidentää ojituksen käyttöikä ja tehokkuutta. (Peltomaa 2002, 42.) Mikäli salaojien huuhtelu ei paranna lohkon vesitaloutta, lohko täytyy salaojittaa uudelleen tai vaihtoehtoisesti ongelmakohtat pitää täydennysojittaa. Täydennysojituksessa uusi salaoja vedetään vanhojen salaojien väliin. (Peltomaa 2001, 39.) Toimivan salaojituksen edellytyksenä on suuret, puhtaat ja virtaavat ympäröivät, jotta pellolta tuleva vesi poistuu salaojastosta ympäröijöihin. Lisäksi säätösalojituksessa kokoojaputkien on oltava riittävän suuret, jotta vesi poistuu pellolta nopeasti.

Toimiva vesitalous koostuu tehokkaasta salaojituksesta ja tasaisesta pellon pinnan muotoilusta. Pinnan muotoilun tavoitteena on huolehtia pintavesien kuivatuksesta (Peltomaa 2002, 42). Pellon pinnanmuotoilulla saavutetaan tasaiset kosteusolosuhteet kaikissa pellon osissa. Tasaisella loh-

kolla ei ole kuivuudesta kärsiviä harjanteita, ei veden vaivaamia notkoja, eikä ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Pellon tiivistyminen vähenee peltoliikenteessä, kun lohkolla ei ole märkiä kohtia. Lisäksi tasainen pelto kuivuu nopeammin keväällä, ja pintavedet kulkeutuvat ympärysojiin nopeasti raskasteiden jälkeen. Pellot voidaan muotoilla tasaiseksi nykytekniikkaa hyödyntäen.

7.8 Maan kasvukunnon parantamiskeinot tutkimuslohkoilla.

Tutkittavien perunalohkojen ravinnetasapaino saavutetaan maanparannusaineiden levityksellä. Lohkojen kalium- ja magnesiumlannoitus saavutetaan levittämällä biotiittia 10 tn/ha, jonka levitys jaetaan kahdelle kasvukaudelle. Biotiitti levitetään kynökselle, jolloin se sekoittuu tehokkaasti istutusmuokkauksen yhteydessä muokkauskerrokseen.

Perunalohkojen kalsiumlannoitus toteutetaan kalsiitilla. Lohkoille 3 ja 5 levitetään kalsiittia 5 tn/ha, jolloin maan kalsiumpitoisuus nousee yli 1000 mg/l. Pikkuriikoon ja Tolopanketoon levitetään kalsiittia 8 tn/ha, jonka levitys jaetaan kahdelle vuodelle. Kyseisellä levitysmäärällä saadaan nostettua lohkojen pH arvoon 6,3. Edellä mainitulla levitysmäärällä maan kalsiumpitoisuus ei nouse riittävästi, joten kalsiuminlannoitusta täydennetään maanparannuskipsillä tai rakeisella kalsiumlannoitteella. Lohkojen hivenravinteiden lannoitus suoritetaan rakeisilla hivenravinnelannoitteilla.

Perunalohkon maan rakennetta ja tiivistymiä korjataan kaksivuotisella viherlannoitusnurmella, joka perustetaan öljyretikan aluskasviksi. Pohjamaan tiivistymät murretaan jankkurilla toisen vuoden viherlannoitusnurmesta. Maan rakennetta ylläpidetään nelivuotisella viljelykierrolla, joista kaksi vuotta viljellään perunaa ja välivuodet maanparannuskasveja.

8 YHTEENVETO JA OHJEET VILJELIJÖILLE

Tutkimuksien perusteella perunanviljelylohkoilla maan ravinnepitoisuudet ja pH olivat laskeneet alhaiselle tasolle. Maan multavuus ja maahengitys olivat matalat, koska peruna on jättänyt vain vähän eloperäistä ainesta maahan. Perunalohkojen maan rakenne oli muuttunut hienojakoiseksi, jonka seurauksena maa oli tiivistynyt ja juurten kasvu rajoittunut muokkauskerrokseen.

Yksipuolisen perunanviljelyn seurauksena maan rakenne heikkenee ja tiivistymisriski lisääntyy. Maan tiivistyminen havaitaan yleensä hidastuneena vedenimeytymisnopeutena ja pellon vettymisenä. Tiivistyneessä maassa vesi poistuu hitaasti pellolta salaojiin ja kuivatus tapahtuu osittain pintavaluntoina, jolloin maa-ainesta ja ravinteita kulkeutuu ympärysojiin. Märässä maassa sien- ja bakteeritaudit pääsevät lisääntymään ja leviämään pellon eri osiin. Kosteuden vaivaamalla loholla kasvitautiriski on suuri ja kasvinsuojeluruiskutuksien määrää joudutaan lisäämään, mikä pahentaa maan tiivistymistä. Tiivistyneillä viljelylohkoilla perunan juuristo sijoittuu vain muokkauskerrokseen, jolloin pohjamaan ravinteet ja vesivarat ovat saavuttamattomissa.

Maan tiivistymistä ehkäistään vähentämällä peltoliikennettä maan ollessa märkää ja pienentämällä rengaspaineet niin alhaisiksi kuin ne on teknisesti mahdollista pienentää. Perusmuokkauksessa kyntäminen suoritetaan siten, että traktorilla ei ajeta kyntövaossa, vaan kyntäminen tapahtuu onland –periaatteella. Pohjamaan tiivistymistä vältetään työkoneiden ja traktoreiden alhaisilla akselipainoilla ja käyttämällä paripyöriä traktorin jokaisessa renkaassa. Tiivistynyttä peltomaata korjataan syväjuuristen kasvien viljelyllä, joiden kuohkeutusvaikutusta tehostetaan jankkuroinnilla. Maan rakennetta parannetaan monipuolistamalla viljelykiertoa ottamalla viherlannoitusnurmi ja saneerauskasvit osaksi viljelyä.

Mururakenteen heikentyminen ja maan muuttuminen hienojakoiseksi heikentää maan muokkautuvuutta. Hienorakenteisen maan vedenpidätys- ja läpäisykyky laskevat, jolloin kuivuuden ja märkyyden aiheuttamat ongelmat lisääntyvät. Heikon maan rakenteen takia perunapenkit varisevat saateella, ojan reunat sortuvat ja tuuli aiheuttaa pölymyrskyjä alkukesällä. Maan mururakennetta korjataan viljelykierron monipuolistamisella ja nurmen viljelyllä. Viljelykierrossa nurmea viljellään yhtä monta vuotta kuin perunaa, jolloin maan multavuus säilyy nykyisellä tasolla. Maan multavuutta nostetaan lisäämällä peltoon puu- ja paperiteollisuuden maanparannuskuituja. Mikäli oma peltoala ei riitä viljelykiertoon, viljelykierto voidaan toteuttaa määräaikaisella tilusvaihdolla.

Yksipuolisen perunanviljelyn seurauksena maan ravinnesuhteet vääristyvät. Ravinnesuhteiden vääristyminen näkyy viljavuustutkimuksien tuloksissa, joita viljelijöiden täytyy tehdä säännöllisesti. Vähintään kolmen vuoden välein tehdyt säännölliset viljavuustutkimukset osoittavat maan köyhtymisen tai maanparannustoimenpiteiden positiiviset vaikutukset, jolloin jatkotoimenpiteet voidaan tehdä suunnitellusti. Maan kaliumpitoisuutta nostetaan biotiitillä, josta ravinteet vapautuvat perunalle optimaalisessa suhteessa. Maan pH ja kalsiumpitoisuus nostetaan oikealle tasolle kalsiitilla tai dolomiittikalkilla, jos maan magnesiumpitoisuus on alhainen. Mikäli pH:n nostotarvetta ei ole, kalsiumlannoitus voidaan toteuttaa kipsillä tai hitaasti liukenevalla apatiitilla. Maan happamuutta seurataan vuosittain mittaamalla maan pH:ta, jolloin voidaan suunnitella maanparannustoimenpiteet pH:n nostamiseksi tai ylläpitämiseksi. Perunan lannoitus tulee suorittaa luonnollisesti juurten kautta, koska peruna tarvitsee lyhyessä ajassa suuria määriä ravinteita, joita ei pystytä antamaan lehtilannoitteiden avulla.

Pellon puutteellinen vesitalous aiheuttaa usein perunoiden hukkumisen sateisina kesinä tai perunat kärsivät kuivuudesta kuivina kesinä. Tilanne korjataan toimivalla salaojituksella, jolla ylimääräinen kosteus poistetaan pellolta tai vaihtoehtoisesti varataan kosteutta peltoon kuivaa ajanjaksoa varten. Salaojien toimivuus varmistetaan huuhtelemalla salaojat säännöllisesti. Salaojia pitää olla perunanviljelyssä riittävän tihein välein ja riittävän isolla putkistolla. Salaojat täytyy huuhdella vähintään joka kolmas vuosi, jotta kuivatusteho säilyy. Pellot tasataan ja muotoillaan nykytekniikkaa hyödyntäen, jolloin vesi poistuu nopeammin salaojiin tai pintavaluntoina perunavakojia pitkin ympärysojiin.

Kasvitaution riskiä pienennetään viljelemällä useita eri perunalajikkeita samalla lohkolla, jolloin pelto on geneettisesti monimuotoinen. Geneettisesti monimuotoinen lohko on vastustuskykyisempi kasvitauteja vastaan. Samaa perunalajiketta ei viljellä samalla lohkolla peräkkäisinä vuosina, koska maaperässä olevat kasvitaudit siirtyvät tulevaan satoon. Maaperässä olevia kasvitauteja vähennetään biofumikaatio- ja saneerauskasveilla perunan välivuosina. Käyttämällä sertifioitua siemenperunaa mukuloissa oleva kasvitaution riski minimoidaan. Öljyretikan kylväminen kerääjäkasviksi varhaisperunan jälkeen vähentää kasvukauden ulkopuolista eroosiota.

Viljelijöiden pitää seurata maan rakennetta, maan rakenteen muutoksia ja pellon kosteusolosuhteita. Kuoppatestien avulla seurataan maan tiivistymistä, mururakennetta ja juurten kasvua maakerroksissa. Penetrometrillä paikallistetaan maan tiivistymät lohkon eri osissa, jonka jälkeen suori-

tetaan korjaavat toimenpiteet tiivistymien poistamiseksi ja ehkäisemiseksi. Toimivalla salaojituksella poistetaan ylimääräinen vesi tai varastoidaan vettä kuivan ajanjakson varalle. Maan kosteuspitoisuus pidetään optimaalisella tasolla mittaamalla tensiometrillä kosteuspitoisuutta lohkojen eri osissa ja säätämällä salaojitusta vallitsevien ja tulevien sääolosuhteiden mukaisesti.

Maan mikrobiaktiivisuuden määrittämiseen eli maahengityksen mittaamiseen ei ole riittävän yksinkertaista mittaustapaa, jotta se voitaisiin tehdä viljelijöiden toimesta. Maahengityksen mittaamiseen tarvitaan käyttökelpoisempi ja yksinkertaisempi menetelmä kammiomenetelmän tilalle, koska se on hidas mittausmenetelmä ja vaatii erikoislaitteistoa.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maan rakenteesta aiheutuvien ongelmien yhteisvaikutus näkyy satotason ja -laadun laskuna sekä heikentyneenä viljelyvarmuutena. Heikkorakenteisella lohkolla satotasojen vaihtelut vuosien välillä ovat suuria. Yksipuolisesta viljelystä aiheutuva satotason lasku on yli 20%. Monokulttuurin vaarana ei ole pelkästään satotason aleneminen vaan myös totaalinen sadon menetys ja maan muuttuminen viljelykelvottomaksi.

Tärkeimmät toimenpiteet hyvän satotason saavuttamiseksi ja kasvukunnon ylläpitämiseksi ovat hallittu vesitalous, hyvä ravinnetasapaino, maan mururakenteen ja multavuuden ylläpitäminen sekä tiivistymien ehkäiseminen. Viljelijät pystyvät vaikuttamaan kaikkiin edellä mainittuihin viljavuus- ja kasvutekijöihin suunnittelemalla ja toteuttamalla maanparannustoimenpiteet lohko kohtaisesti omien havaintojen ja tutkimustulosten perusteella. Maanparannustoimenpiteiden vaikutusta pellon tuottavuuteen on seurattava pitkällä aikajänteellä tilastoimalla tuottavuutta ja tehtyjä maanparannustoimenpiteitä. Maanparannustoimenpiteiden ja tilastointien kustannukset saadaan katettua pellon parantuneena tuottokykyä ja viljelyvarmuutena.

LÄHTEET

Ahokas, J. 2016. Traktorin ja työkoneen renkaat. Helsinki: Helsingin yliopisto agroteknologia.

Ahokas, J. & Oksanen, T. 2015. Maamekaniikka. 2. Painos. Helsinki: Helsingin yliopiston maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta.

Alakukku, L. 1999. Subsoil compaction due to wheel traffic. Teoksessa Agricultural and food science in Finland. vol. 8. Helsinki: Department of Agricultural Engineering and Household Technology. 333-351.

Alakukku, L. 2002. Maan rakenteen ylläpito peltoviljelyssä. Teoksessa Maan rakenteen hoito. Tieto tuottamaan 98. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 63-81.

Alakukku, L. 2016. Maan rakenne. Teoksessa M. Paasonen-Kivekäs, R. Peltomaa, P. Vakkilainen & H. Äijö (toim) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Helsinki: Grano Oy. 53-72.

Alakukku, L., Mylly, M. & Palojärvi, A 2006. Peltomaan laatutesti. Verkkopalvelu. Viitattu 31.10.2016, http://www.virtuaali.info/efarmer/peltomaan_laanutesti/.

Arvidson, J. & Keller, T. 2014. Soil stress under tracks and tyres – measurements and model development. Zürich. International conference of agricultural engineering. Viitattu 27.10.2016, <http://www.geyseco.es/geystiona/adjs/comunicaciones/304/C06210001.pdf>.

Auri, J. 2015. Happamien sulfaattimaiden esiselvitys Oulussa. Kokkola: Geologian tutkimuskeskus.

Chamen, T. 2017. Controlled Traffic Farming. Why and How. CTF Europe. Power Point –esitys. Viitattu 15.1.2017, <http://www.controlledtrafficfarming.com/downloads/CTF-Introduction-Tim-Chamen.pdf>.

Cotching, B., Brown, K. & Lemon, J. 2016. Cations and Cation exchange capacity. Soil Quality Pty Ltd. Viitattu 11.11.2016, <http://www.soilquality.org.au/factsheets/cations-and-cec-tas>.

CTF. 2016. Controlled Traffic Farming Adoption Guidelines for the Vegatable Industry. Tasmanian Institute of Agriculture. Viitattu 15.1.2017, http://www.utas.edu.au/__data/assets/pdf_file/0003/354405/Controlled-Traffic-Farming-Adoption-Guidelines-1.pdf.

Cropwatch. 2016. Potato growth and irrigation scheduling. Lincoln: University of Nebraska-Lincoln. Institute of Agriculture and Natural Resources. Viitattu 24.11.2016, http://cropwatch.unl.edu/potato/plant_growth.

Duiker, S W. 2002. Diagnosing soil compaction using a penetrometer. Agronomy facts 63. Pennsylvania: PennState college of agricultural sciences. Viitattu 4.7.2016, http://extension.psu.edu/plants/crops/soil-management/soil-compaction/diagnosing-soil-compaction-using-a-penetrometer/extension_publication_file.

Duiker, S W. 2004. Effects of Soil Compaction. UC 188. Pennsylvania: PennState college of agricultural sciences. Viitattu 4.7.2016, http://extension.psu.edu/plants/crops/soil-management/soil-compaction/effects-of-soil-compaction/extension_publication_file.

Euroopan yhteisöt. 2009. Suolaantuminen ja natriumin lisääntyminen. Tietolomake nro 4. Viitattu 9.11.2016, <http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/FIFactSheet-04.pdf>.

Fisher, M. 2011. Amending soils with gypsum. Crop & Soil magazine (6), 4-9.

Forsman, K., Virtanen, E. & Pulkkinen, J. 2006. Biotiitin käyttökelpoisuus perunanviljelyssä. Maa-taloustieteenpäivät 2006. Ruukki: MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema. Viitattu 15.12.2016, <https://www.yumpu.com/fi/document/view/26353223/biotiitin-kayttakelpoisuus-perunanviljelyssa-kristian-forsman-elina>.

Gregorich, E.G., Monreal, C.M., Carter, M.R., Angers, D.A. & Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Teoksessa *Canadian Journal of Soil Science*. Volume 74 number 4. Ottawa: Canadian Science Publishing. 367-385

GTK. 2016. Maalajien määrittäminen. Viitattu 7.11.2016, <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/maalajimaaritus.htm>.

Hartikainen, H. 2016a. Maalajit. Teoksessa M. Paasonen-Kivekäs, R. Peltomaa, P. Vakkilainen & H. Äijö (toim) *Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö*. Helsinki: Grano Oy. 23-30.

Hartikainen, H. 2016b. Maan biologia. Teoksessa M. Paasonen-Kivekäs, R. Peltomaa, P. Vakkilainen & H. Äijö (toim) *Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö*. Helsinki: Grano Oy. 40-43.

Hatley, D., Wiltshire, J., Basford, B., Royale, S., Buckley, D. & Johnson, P. 2005. Soil compaction and potato crops. Ref R260. Oxford: British potato council. Viitattu 20.12.2016, https://potatoes.ahdb.org.uk/sites/default/files/publication_upload/R260%20ADAS%20Soil%20Compaction%20Review.pdf.

Haverkort, A.J. 1982. Water management in potato production. Technical information bulletin 15. Lima: International potato center. Viitattu 17.7.2016, [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$Department/deptdocs.nsf/all/agdex13571](http://www1.agric.gov.ab.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/agdex13571).

Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 1994. *Maa, viljely ja ympäristö*. 1.–2. Painos. Werner Söderström Osakeyhtiö. Helsinki: WSOY.

Hiltunen, L., Forsman, K., Virtanen, E., Sipilä, A., Kallio, R. & Peltoniemi, R. 2007. Terästeollisuuden kuonat perunanviljelyssä. MTT:n selvityksiä 148. Jokioinen: MTT.

Irmas, P. & Bransal, S.K. 1999. Potassium and irrigated nutrient management in potato. New Delhi. The Global Conference on Potato. Viitattu 28.11.2016, <http://www.ipipotash.org/en/presentn/kinmp.php>.

Joona, J. 2011. Paperiteollisuuden sivutuotteilla maan rakenne paremmaksi. Käytännön maamies 60 (9), 46-48.

Joona, J. 2013. Maan syväkuohkeutus 1/3. Käytännön Maamies 62 (3), 28-36.

Kankaala, A., Hiltunen, S., Lahdenperä, H., Myllykangas, K. & Virtanen, E. 2014. Peruna paremmaksi. MTT raportti 171. Jokioinen: MTT.

Karlsson, K. & Kolppanen, R 1996. LEKA apuvälinen maan raakoostumuksen määrittämiseksi. Moniste n:o 1. Kannuksen tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitos.

Kerminen, A. 2016. Pellon kasvukunto ja ravinteet tehokkaasti käyttöön. Yara Suomi. Power Point –esitys. Viitattu 4.12.2016,
http://vyr.multiedition.fi/www/fi/liitetiedostot/tapahtumat/vilja_ ja_ oljykasvipaiva_2013/Kerminen_Anne.pdf.

Kettunen, R. & Saarnio, S. 2016. Kirjallisuusselvitys biohiilestä Suomen maataloudessa – sen käytettävyys ja saatavuus. Suomen ympäristökeskus & Itä-Suomen yliopisto. Viitattu 15.12.2016,
<http://maatila2020.savonia.fi/images/BiohiiliKirjallisuuskooste.pdf>.

King, B. & Stark, J. 1997. Potato irrigation management. Bulletin 789. Moscow: University of Idaho Cooperative extension. Viitattu 15.12.2016,
<https://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/BUL/BUL0789.pdf>.

Kleemola, J. 2009. Mineraalilannoitteet. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan 127. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 40-46

K-Maatalous 2015. Viljelyopas.

Kuisma, P. & Saarela, I. 2001. Laatuperunan tuotantomenetelmät. Teoksessa Laatuperunan tuotanto (toim.) Tieto tuottamaan 95. Jyväskylä: Gummeruksen kirjapaino Oy, 47-85.

Kukkonen, S., Alakukku, L., Mylly, M. & Palojärvi, A. 2004. Maan laadun arviointi tiloilla – kirjallisuuskatsaus. Maa ja elintarviketalous 63. Jokioinen: MTT.

Kämäräinen, S., Rinta-Kikka, S. & Yrjölä, T. 2014. Maatilojen välinen yhteistyö Suomessa. PTT työpapereita 162. Helsinki: Pellervon taloustutkimus.

Latvala, H. 2008. Perunanviljelyn ravinnetaseet ja ravinteiden hyväksikäyttöön vaikuttavat tekijät - tapausesimerkinä Lappajärven valuma-alue. Jyväskylän yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Pro gradu –tutkielma.

Liikennevirasto 2012. Tien geotekninen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 10/2012. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 17.12.2016, http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-10_tien_geotekninen_web.pdf.

Lötjönen, T. 2006. Maaperän tiivistyminen perunantuotannossa – kirjallisuuskatsaus. MTT:n selviytyksiä 129. Ruukki: MTT Kasvintuotannon tutkimus.

Maaseutuverkosto. 2009. Happamat sulfaattimaat. Seinäjoki. Viitattu 15.12.2016, https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiLocjy-jfbQAhVGWYwKHe6NAGEQFggZMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.maaseutu.fi%2Ffi%2Fmaa-seutuohjelma%2Fesitteet_ja_oppaat%2FDocuments%2Fhappamat_sulfaattimaat_B5_LOW.PDF&usg=AFQjCNHSqKnXrpDD6O_HNoX_yQ2pnlv5dQ&sig2=aJjDYFnIGGCv85k2Q4odkw.

Mattila, T. 2014. Kationinvaihtokyky on avain maan viljavuuteen. Kationintasapaino-laskuri. Viitattu 19.2.2017, <http://luonnonkoneisto.fi/kationinvaihtokyky>.

Mattila, T. 2015a. Maan multavuus ja sen lisääminen. Luonnon koneisto. Power Point –esitys. Viitattu 27.10.2016, <http://slideplayer.biz/slide/2884422/>.

Mattila, T. 2015b. Kuumaperuna: Mitä maan kationinvaihtokyky kuvaa? Viitattu 22.1.2017, <http://www.kantaperuna.com/kuuma-peruna-mita-kationinvaihtokyky-kuvaa>.

Midwest laboratories 2016. Estimating soil textures by cation exchange capacity determination. Omaha, Nebraska. Viitattu 11.11.2016,
<https://www.midwestlabs.com/wp-content/uploads/2012/09/137-Estimating-Soil-Textures-by-Cation-Exch-Cap-Det.pdf>.

MTT. 2011. Perunarupi ja Pohjanrupi. Viitattu 12.1.2017,
https://portal.mtt.fi/portal/pls/portal/tuh_mtt.tuh_mtt_perus_pack.tul_tuhoojatiedot_kasper?p_tuhooja_seqno=59500.

Myllys, M. 2014. Maanrakenne paremmaksi juurten avulla. Ravinnehuhtoutumien hallinta. Faktaa 7. Viitattu 29.10.2016, <http://www.ymparisto.fi/download/noname/{EDFCF220-F1CA-4A10-81E7-C1174D21CA81}/100963>.

Nordkalk 2012. Kalkitusopas. Viitattu 15.12.2016,
http://www.hankkija.fi/Liitetiedostot/Docs/agri_esite_2012_fiqkqj.pdf.

Nordkalk 2016. Nordkalk aito maanparannuskalkit, viitattu 25.11.2016
<http://www.nordkalk.fi/tuotteet/kalkkikivijauhe/nordkalk-aito-maanparannuskalkit>.

NutriAg. 2016. Bulletins/mulder's chart. Viitattu 21.11.2016,
<http://nutriag.com/article/mulderschart>.

Opetushallitus 2016. Multavuuden määrittäminen maanäytteestä. Laboratorioanalyysit. Viitattu 7.11.2016,
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_maanaytteen_multavuus.html.

Pahkala, E. 2008. Maa- ja juurihengitys peltomaassa: ympäristövasteet sekä kasvilajin ja maatyypin vaikutus. Kuopion yliopisto. Luonnon- ja ympäristötieteiden tiedekunta. Pro gradu –tutkielma.

PDA 2011. Soil analysis: key nutrient management planning. Leaflet 24. The Potash Development Association. Viitattu 24.12.2016,
<http://www.pda.org.uk/wp/wp-content/uploads/2015/12/PDA-lf24.pdf>.

Peltonen, J. 2009. Tasapainoinen ja taloudellinen lannoitus. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan 127. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 62-81.

Perunanyt 2016. Viljelykierto, viitattu 27.11.2016, <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peruna/Potatonow/perunantuotanto/viljelytekniikka/viljelykierto>.

Peltomaa, R. 2002. Salaojitus ja pellon vesitalous. Teoksessa Maan rakenteen hoito. Tieto tuottamaan 98. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 33-43.

Petla. 2016. Märkyys. Ylistaro: Perunantutkimuslaitos. Viitattu 14.1.2017, <http://www.petla.fi/viljelyohjeet/markkyys>.

Potato Grower 2010. Foliar fertilization. Can potato growers benefit? Potato Grower 39 (12), Viitattu 9.12.2016, <http://www.potatogrower.com/2010/12/foiar-fertilization>.

RAE 2014. Biohiili maataloudessa. Ravinnehävikit euroiksi. Viitattu 6.11.2016, http://maatila2020.savonia.fi/images/ravinteet/ravinteet-ja-lannoitus/tietokortit/Biohiili_maataloudessa.pdf.

Rains, D.W, Schmid, W.E. & Epstein, E. 1964. Absorption of cation by roots. Effects of hydrogen ions and essential role of calcium. Teoksessa C. A. Shull (toim.) Plant Physiology Vol 39. No 2. Lancaster: The American Society of Plant Physiologist. 274-278.

Rajala, J. 2006a. Maan viljavuus. Teoksessa J. Rajala (toim.) Luonnonmukainen maatalous. Julkaisuja 80. Mikkeli: Helsingin yliopisto, 51-102.

Rajala, J. 2006b. Ravinnekierrot ja ravinnehuolto luonnonmukaisessa viljelyssä. Teoksessa J. Rajala (toim.) Luonnonmukainen maatalous. Julkaisuja 80. Mikkeli: Helsingin yliopisto, 123-248.

Ruponen, O-P. 2010. Peltomaan laatutesti. Testit TEHO-tiloilla 2009-2010. Viitattu 17.12.2016, <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC3B8284E-6AA6-4332-8D70-9CABCB16AF16%7D/55534>.

Räisänen, M. 1989. Maaperän happamoituminen – Tutkimusmenetelmät. Raporttiedosto 2420. Geologian tutkimuskeskus. Geokemian osasto.

Saaten Union 2016. Humusbilanz-Rechner. Viitattu 27.10.2016. <http://www.saaten-union.de/index.cfm/action/humus/nav/960.html>.

Sarango, V.G. 2015. Biological and mechanical subsoiling in potato production – a participatory research approach. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. Doctor thesis.

Shock, C.C., Wang, F.X., Flock, R., Eldredge, E. & Pereira, A. 2013. Successful potato irrigation Scheduling. Sustainable Agricultural techniques. EM 8911. Corvallis: Oregon State University. Viitattu 17.7.2016, <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/43731/em8911.pdf>.

Simula, A. 2012. Avainasiakkuuspäällikkö. Yara Suomi. Biotiitti liukoisuus 6.11.2012. Power Point –esitys. Tekijän hallussa.

Sipilä, A., Kemppainen, M., Markus, A. & Virtanen, E 2013. Perunan uudet lannoitteet ja lannoitusmenetelmät. MTT raportti 115. Jokioinen: MTT.

Smith J.L & Doran J.W. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In Methods for assessing soil quality. Soil Science 49. Wisconsin: Soil Science Society of America Special Publication 169-182.

Soil sensor 2016. Soil types and identification. Viitattu 25.11.2016, <http://www.soilsensor.com/soiltypes.aspx>.

Soinne, H. 2013. Peltomaan rakenne ja ravinnekuormitus. Hiidenvesi-ilta. Helsingin Yliopisto. Power Point –esitys. Viitattu 31.12.2016, http://www.hiidenvesi.fi/easydata/customers/hiidenvesi/files/sivut/tapahtumat/hiidenvesi-ilta_2013_soinne_mururakenne.pdf.

Suomen ympäristöpalvelu. 2016. Viljavuustutkimuksen tulkintaohje.

Sultenfuss, J.H. & Doyle, W.J. 1999. Phosphorus fertilization placement. Teoksessa Better crops with plant food. Vol 83, No. 1. Norcross: Potash & Phosphate Institute 34-36.

Taylor 2015. Soil compaction and tyre inflation. Australian grain 25 (4) 37- 40.

Tiainen, K. 2008. Johtoluku viljanviljelyssä. Farmit. Viitattu 9.11.2016,
<http://www.farmit.net/node/160204>.

Tielaitos 1993. Yleiset perusteet. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset. Helsinki: Tielaitos kehittämiskeskus.

Tindall, T.A., Westermann, D.T. & Stark, J.C. 1993. Phosphorus Nutrition in Idaho Potatoes. Teoksessa Better Crops with plant food. Vol. 70, No. 2. Norcross: Potash & Phosphate Institute, 23-25.

Tuomola, J. & Valkonen, J. 2013. Uusimmat käytännöt perunan kasvitautilien torjunnassa. MTT Raportti 118. Jokioinen: MTT.

USDA 2011. Soil Quality indicators. Natural resources conservation service. Washington: United States Department of Agriculture. Viitattu 11.1.2017

https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwjz-terF1LrRAhVCDZoKHVgJDx8QFg-gyMAM&url=https%3A%2F%2Fwww.nrcs.usda.gov%2Fwps%2FPA_NRCSConsumption%2Fdownload%3Fcid%3Dnrcs142p2_052474%26ext%3Dpdf&usg=AFQjCNFPEBR7BOn3c5OS3kUfZsC-BOC9Eow&sig2=WsQUJ8xQtK9OwhmTqEiLXg

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053267.pdf

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053267.pdf

USDA 2016. Soil respiration. Natural resources conservation service. Washington: United States Department of Agriculture. Viitattu 1.12.2016,

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053267.pdf.

Vakkilainen, P. 2016. Maaperässä olevat vedet. Teoksessa M. Paasonen-Kivekäs, R. Peltomaa, P. Vakkilainen & H. Äijö (toim) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Helsinki: Grano Oy. 90-101.

Van Straaten, P. 2002. Rocks for Crops. Agrominerals of sub-Saharan Africa. Scarborough: Fidelity National Information Solutions.

Viljavuuspalvelu 2008. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viitattu 15.12.2016, <http://viljavuuspalvelu.fi/sites/default/files/sites/default/files/oppaat/2008%20Viljavuustutkimuksen%20tulkinta%20peltoviljelyssä.pdf>.

ViljelijänBerner 2016. GreenCare Pro Extra. Viitattu 17.12.2016, <http://kasvinsuojelu.berner.fi/tuotteet/kloorivapaat-lannoitteet/greencare-pro-extra-3-0-0>.

Vos, J. & Van Loon, C.D. 1988. Effects of cropping frequency on potato production. Teoksessa J. Vos, C.D. Van Loon & G.J. Bollen. Effects of crop rotation on potato production in the temperate zones. Wageningen: Kluwer academic publisher. 1-22.

Väisänen, J. 2012. Luomutilan kaliumhuolto. Luomutietoverkko. Viitattu 29.11.2016, http://www.proagriaoulu.fi/files/maasta-markkinoille/vaisanen_j_luomutilan-kaliumhuolto_120525.pdf.

Warsta, L. 2005. Metsäteollisuuden energiatuotannossa syntyvän tuhkan hyötykäyttö: Haitallisten aineiden kulkeutuminen. Espoo. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö.

Weisskopf, P., Zihlmann, U., Wiermann, C., Horn, R., Anken, T. & Diserens, E. 2000. Influences of conventional and Onland-ploughing on soil structure. Teoksessa R. Horn, J.J.H. Van den akker & J. Arvidson (toim.) Subsoil compaction: Distribution, Processes and Consequences. Advances in GeoEcology 32. Reiskirchen: Catena Verlag, 73-81.

Westermann, D.T. 2005. Nutritional requirements of potatoes. Teoksessa American Journal of potato research. Vol 82. Orono: The Potato Association of America, 301-307.

Wharton, P., Driscoll, J., Douches, D., Hammerschmidith, R. & Kirk, W. 2007. Common Scab of Potato. Extension bulletin. E-2990. East Lansing: Michigan State University. Viitattu 12.1.2017, <http://www.potatodiseases.org/pdf/common-potato-scab-bulletin.pdf>.

Wójcik, P. 2004. Uptake of mineral nutrient from foliar fertilization. Teoksessa Journal of fruit and ornamental plant research. Vol 12 special edition. Skierniewice: Research Institute of horticulture poland. 201-2018.

Yara. 2016. Potato nutritional summary. Viitattu 24.12.2016,
<http://www.yara.us/agriculture/crops/potato/key-facts/nutritional-summary>.

Yli-Halla, M. 2009. Kasviravinteet. Teoksessa Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan 127.
Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 6-22.



KUVIO 1. Penetrometrillä mitataan pellon tiiveyttä.



KUVIO 2. Kuoppatestissä havaitut perunan juuret.



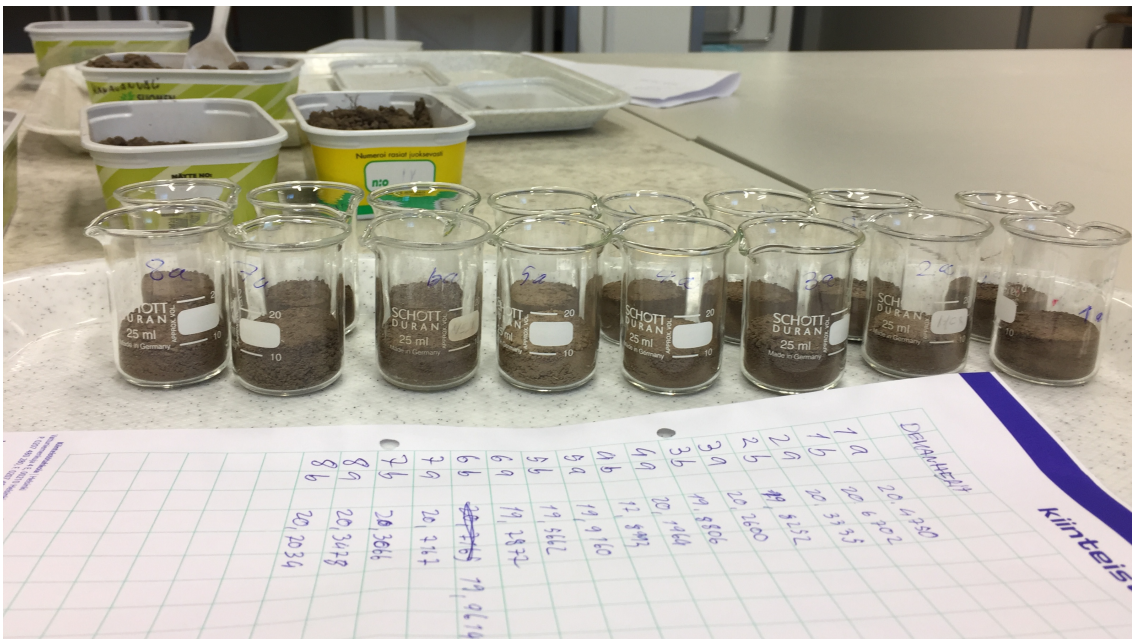
KUVIO 3. Sinappitestillä etsitään lieroja.



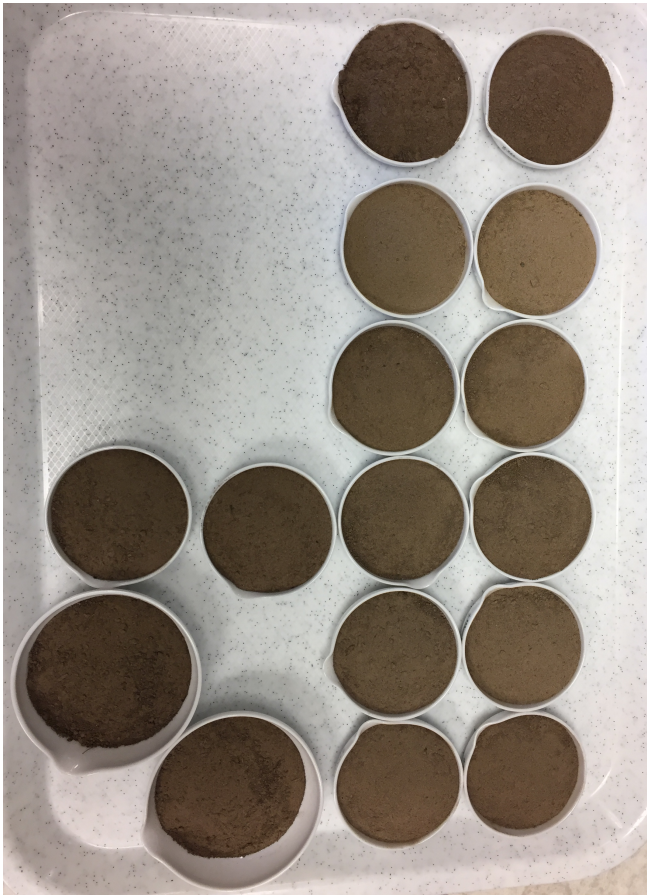
KUVIO 4. Maahengityksen mittaus



KUVIO 5. Maan kosteuden mittaaminen tensiometrillä.



KUVIO 6. Maanäytteiden vedenpidätyskyvyn määrittäminen.



KUVIO 7. Multavuuden määrittäminen maanäytteistä.



KUVIO 8. Maanäytteen raekokojakauma.

$$\frac{\text{levitysmäärä (kg/ha)} \times \text{ravinnepitoisuus (\%)} \times 1\,000\,000 \text{ mg}}{\text{ruokamultakerroksen paksuus (m)} \times 1\text{ha} \times 10\,000 \text{ m}^2/\text{ha} \times 1000 \text{ l}} = \text{Maan ravinnepitoisuuden lisäys (mg/l)}$$

*KUVIO 2. Laskukaava maanparannusaineen levitysmäärän vaikutuksesta maan ravinnepitoisuu-
teen.*

TAULUKKO 3. Maan ravinnepitoisuus mg/l muunnettuna kg/ha 0,3 m ruokamultakerroksessa.

Maan ravinnepitoisuus mg/l	Ravinne kg/ha
0,1	0,3
0,2	0,6
0,4	1,2
0,6	1,8
0,8	2,4
1	3
1,2	3,6
1,5	4,5
2	6
2,5	7,5
3	9
3,5	10,5
4	12
4,5	13,5
5	15
10	30
15	45
20	60
25	75
30	90
40	120
50	150
60	180
70	210
80	240
90	270
100	300

$$\frac{\text{Maan ravinnepitoisuus (mg/l)} \times \text{ruokamultakerroksen paksuus (cm)}}{10} = \text{Maan ravinnepitoisuus kg/ha}$$

KUVIO 3. Laskukaava maan ravinnepitoisuuden mg/l muuttamiseksi kg/ha ruokamultakerroksen paksuuden perusteella.