

## KARJANLANNAN KÄYTTÖTEKNIIKAN KEHITTÄMINEN

Ilkka Sipilä  
Helsingin yliopisto  
Maa- ja kotitalousteknologian laitos

Karjanlantaa muodostuu Suomessa vuosittain yhteensä noin 18 milj. tonnia, josta arvioiden mukaan kaksi kolmasosaa karjarakennuksissa yhden kolmanneksen päätyessä laidunkautena suoraan pellolle. Lanta sisältää huomattavan määrän typpeä, fosforia, kaliumia ja hivenravinteita. Vuodessa muodostuvan lannan pääravinteiden arvo mineraalilannoitteiden hintojen mukaan arvioituna on noin 950 milj. markkaa. Lannan sisältämät muut ravinteet ja sen maanparannusvaikutus nostavat vielä lannan arvoa.

Lannan hyväksikäyttö ei ole kuitenkaan ongelmatonta, ja karjanlanta onkin noussut voimakkaasti esille maatalouden ympäristökuormituksesta keskusteltaessa. Tutkimustulosten mukaan paras levitysajankohta karjanlannan ravinteiden hyväksikäytön kannalta on kasvukauden alku, jolloin pintavalunnan mukana tapahtuvat hävikit ovat pienimmillään ja kasvustolla on käytettävissä mahdollisimman pitkä aika lannan ravinteiden hyödyntämiseen. Kevätlevitysmenetelmän käyttökelpoisuutta rajoittavat kuitenkin mm. maan liiallinen kosteus ja siitä aiheutuva tiivistymisriski raskasta levityskalustoa käytettäessä, muokkaus- ja kylvötöiden keskittyminen samaan ajankohtaan ja kylvettävän alan pienuus erityisesti nurmivaltaisilla maitotiloilla. Riittämättömät varastotilat, jotka on keväeseen selviämiseksi tyhjennettävä vielä myöhään syksyllä, voivat myös rajoittaa keväällä levitettävän lannan määrää.

Karjanlannan tehokas ja ympäristöä kuormittamaton hyväksikäyttö edellyttää oikean levitysajankohdan ohella oikeaa käyttömäärää. Lannan ravinnepitoisuudet voidaan selvittää teettämällä lannasta analyysi. Lietelannan ja virtsan käyttömäärät ovat arvioitavissa levittimen tilavuuden ja kuormamäärien avulla, kuivalannan määrän arviointi edellä mainitulla tavalla on vaikeaa ellei mahdotonta.

Tutkimusryhmän johtajina toimivat prof. Aarne Pehkonen ja MMT Tarmo Luoma, tutkimusryhmän jäseniä olivat MMM Pirkko Valpasvuo-Jaatinen, MMT Erkki Kempainen, DI Jorma Karhunen ja agr. Ilkka Sipilä. Tutkijoina toimivat MMK Petri Kapuinen, MMK Esa Klemola, MMyo Teijo Pitkäranta, MMyo Raimo Rastas, agr. Ilkka Sipilä ja MMyo Mika Torttila. Tutkimus on myös osa yhteispohjoismaista karjanlantatutkimusta "Teknik och metoder för hantering och nyttiggörande av stallgödsel", NKJ-projekti n:o 69, jota Suomen osalta on rahoittanut Suomen Akatemia. Punnitukseen perustuvaa määränmittausmenetelmän kehittelyä ovat tukeneet myös Henry Fordin säätiö ja Nokka Tume Oy. Syöttöletkumenetelmän välineistön hankinnassa avustivat Helsingin yliopiston Suitian koetila ja Laakson Metalli ky.

### Tavoite

Tutkimus jakautui neljään osaprojektiin, joilla kullakin pyrittiin löytämään ratkaisuja ongelmiin, jotka eri vaiheissa rajoittavat tai vaikeuttavat lannan hyväksikäyttöä:

- lietelantajärjestelmien toimivuus, jossa tavoitteena oli selvittää lietelannan poistomenetelmien toimivuus, lannan varastoinnissa ja homogenisoinnissa ilmenevät ongelmat sekä etsiä niihin sopivia ratkaisuja
- haastattelututkimus karjanlannan käyttömahdollisuuksista maataloilla,
- karjanlannan käyttömäärän mittaaminen perävaunussa, jossa tavoitteena oli rakentaa yleisperävaunuun punnitusjärjestelmä ja tutkia sen edellytyksiä määrän mittaamiseen
- tutkimus lietelannan levityksestä syöttöletkumenetelmällä, jossa tavoitteena oli selvittää menetelmän mahdollisuudet maan tiivistymisen vähentämiseksi levityksen yhteydessä

## Tulokset

### Lietelantajärjestelmien toimivuus

Tutkimus tehtiin Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksessa VAKOLAssa, ja se perustui maataloilla tehtyihin haastatteluihin ja laajaan kirjallisuusselvitykseen. Lietelantajärjestelmä osoittautui toimivaksi ja luotettavaksi lannanpoistojärjestelmäksi, kunhan keskeiset mitoitusperusteet ja periaatteet otetaan huomioon suunnittelussa. Tulosten mukaan lietelantajärjestelmät toimivat tyydyttävästi, vaikka kanaviston mitoitus poikkeaisi paljonkin suosituksista. Sikaloissa päivittäisiä ja viikottaisia häiriöitä oli noin neljäsosalla tiloista. Navetoissa epäonnistuneita ratkaisuja oli alle kymmenesosa. Tiettyjen perusasioiden tulee kuitenkin olla kohdallaan: pienen lietekanavan leveys ei valutus- ja padotusjärjestelmissä saa olla juurikaan kanavan syvyyttä suurempi riippumatta kanavan pituudesta. Nautakarjalla lietekanavan pohjan tulee olla joko vaakasuorassa tai pohjan on nouseva purkupäätä kohden, ja kanavien pääte-, risteys- ja kapeikkokohtien edellä tulee olla asianmukainen kynnyks. Nuorkarja ja lihaeläimet tulee sijoittaa joko lietekanavan alajouksulle tai johtaa pesuvedet kyseisen kanavan yläpään lannan liikkumisen varmistamiseksi. Sikalassa kanavan pohjan on oltava joko vaakasuorassa tai vietettävä purkuaukkoa kohti. Kynnystä ei tule käyttää, mutta kanavien risteyksissä on oltava pudotusta. Padotusjärjestelmissä patoluukun lietteen alle jäävän osan pinta-ala ei saisi ylittää  $0,25 \text{ m}^2$ , jotta sen käyttö onnistuisi käsivoimin.

Lietevastojen mitoitusta voidaan tarkastella samanaikaisesti tarvittavan varastointiajan pituuden ja toisaalta varastointitilavuuden kannalta. Sianlietteeltä vaadittava vähintään 8 kk:n varastointiaika osoittautui kerätyssä aineistossa riittäväksi. Nykyisten ohjeiden mukaan rakennetuista emakkosikaloiden lietesäiliöistä voidaan arvioida tulevan aina riittävän tilavia ja lihasikaloidenkin kohdalla tämä toteutuu, mikäli mitoitusta tehdään 12 kk:n tarvetta vastaavaksi. Emakkopaikkaa kohti riittävä varasto on  $2,6 \text{ m}^3$  ja lihasikapaikkaa kohti  $1,9 \text{ m}^3$ .

Parsinavetoilta nykyisissä ohjeissa vaadittava 8 kuukauden varastointiaika ei ole aivan riittävä, vaan tilavuuden tulisi vastata lähes 10 kuukauden varastointia. Rakennusohjeiden mukainen tilavuus vuoden varastointiajalle ( $24 \text{ m}^3$ ) riittää parsinavetassa kun otetaan huomioon käytännössä tarvittava varastointiaika. Parsinavetassa riittävä tilavuus on  $20 \text{ m}^3/\text{ny}$ . Pihatoissa sitä vastoin vuodessa syntyvät lietemäärät ( $ka = 38 \text{ m}^3/\text{ny}$ ) olivat huomattavasti suurempia kuin parsinavetoissa ( $ka = 26 \text{ m}^3/\text{ny}$ ). Pihatton lietesäiliön tilavuuden tulisi tutkimuksen mukaan olla vähintään  $34 \text{ m}^3/\text{ny}$ . Suuri

lietemäärä johtui ilmeisesti runsaasta pesuveiden käytöstä. Lihakarjanavetoiden nykyinen varastointiaikaohje osoittautui riittäväksi, mutta tilavuudeltaan se riittää vain keskimääräisissä tapauksissa. Muun selvityksen puuttuessa tulisi lietevarastoilta vaatia tilavuutta, jossa on huomioitu sekä varastointiaika että muodostuva lietemäärä (20 ja 34 m<sup>3</sup>/ny). Mikäli viljelijä kuitenkin esittää tilaltaan selvityksen muodostuvasta lietemäärästä ja tarvittavasta varastointiajasta, joka perustuu esimerkiksi maataloussihteerin vahvistamiin havaintoihin, voitaisiin tämän perusteella hyväksyä myös vähintään selvityksen mukaisesti laskettu varastotilavuus.

Lietesäiliöiden sekoitus ennen levitystä onnistui tiloilla hyvin vaihtelevasti. Heikoin sekoitustilanne oli lihasikaloissa, joissa lähes 60 %:lla tiloista säiliö oli sekoitettu huonosti ennen levitystä. Naudanlietteen sekoittaminen suoritettiin useimmissa tapauksissa hyvin.

Lannan hoidon taso näyttää riippuvan voimakkaasti siitä, kuinka paljon lietettä muodostuu suhteessa sen levitysmahdollisuuksiin. Viljelijöillä on selvästi puutetta lietelannan ravinnetiedoista ja levitysaikojen vaikutuksista kasvien käytettäväksi tulevaan ravinnemäärään. Lanta-analyysien taloudellinen tukeminen saattaisi olla otollinen kohde ympäristöhaittojen vähentämiseksi.

Lietesäiliöt ovat yleisesti liian pieniä. Olemassa olevien säiliöiden laajentamisen ohella olisi harkittava uuden säiliön rakentamista esimerkiksi etäällä olevan peltoalueen yhteyteen, jolloin kiireisenä levitysaikana ajomatkoihin kuluva aikaa olisi mahdollista vähentää. Lietesäiliöiden kattamista betonikansilla tulisi välttää, koska se vaikeuttaa sekoittamista kohtuuttomasti ja se on varsin kallista. Sianlietteellä hajuhaitoja voidaan torjua kelluvilla katteilla kuten kevytsoralla. Naudan lietteellä syntyy kate yleensä itsestään.

Investoiminen lietevaraston kehittämiseen näyttää olevan varsin pitkälle kiinni viljelijöiden asenteesta, ei niinkään tarpeesta. Viljelijät, joiden lietteen käsittely on ennestäänkin jokseenkin kunnossa, ovat halukkaimpia parantamaan lietteen käsittelyä edelleen.

### **Haastattelututkimus karjanlannan käyttömahdollisuuksista maataloilla**

Maataloilla käytössä olleita lannankäsittelymenetelmiä selvitettiin haastattelututkimuksella, jossa tutkittiin lannan käsittelyä ja käyttöä n. sadalla maatilalla eri osissa Suomea. Tutkitut tilat sijaitsivat pääasiassa kolmella alueella, Huittisten - Punkalaitumen, Kankaanpään sekä Sotkamon ympäristössä. Aineistosta kerättiin lannankäsittelyn tyypillisiä piirteitä eri kokoisilla ja eri tuotantosuuntia harjoittavilla tiloilla, ja näitä käytettiin lähtökohtana taloudelliselle tarkastelulle, jossa käytettiin hyväksi Ruotsissa JTI:ssa kehitettyä lannankäsittelyn taloutta ja ravinnehäviöitä arvioivaa laskentaohjelmaa.

Ohjelma käyttää tilakohtaisia tietoja, joista tärkeimpiä ovat kotieläinmäärä, viljelymaan savespitoisuus, levityksen jakaantuminen eri ajankohtiin ja tällöin levitetty lantamäärä, lannanlevityksen toistuminen samalla loholla, varastokapasiteetti sekä tiedot lannankäsittelyketjusta, mm. tiedot varastorakennusten ja käsittelykoneiden hinnoista ja tärkeimmistä levitysohjelmiin vaikuttavista piirteistä. Lisäksi sille on annettu yleisiä tietoja mm. tuotantopanosten ja tuotteiden hinnoista, eläinyksikköä kohti muodostuvista lantamääristä ja lannan ravinnepitoisuuksista, keskimääräisistä ravinnehävikkeistä eri käsittelymenetelmillä eri käsittelyvaiheissa, lannoituksen ja sadonmuodostuksen välisestä riippuvuudesta, maan kosteudesta eri levitysjankohtina ja kuukausittaisista sademääristä. Ohjelma laskee annetuista tiedoista tiloilla muodostuvat lantamäärät ja

niiden sisältämät ravinnemäärät sekä ravinnehävikit eri käsittelyvaiheissa. Se laskee myös kasvuston ravinnetarpeen ja lopuksi lannan sisältämien ravinteiden käytön hyötysuhteen. Toisaalta ohjelma määrittää lannan eri käsittelyvaiheissa muodostuvat kustannukset, sekä välittömät työkustannukset että välilliset sadon alenemisesta aiheutuvat menetykset johtuen mm. maan tiivistymisestä ja kylvön viivästyisestä. Ohjelma vertaa lopuksi syntyneitä kustannuksia lannan ravinteiden arvoon. Ohjelma soveltuu vain naudnan ja sian lietelannan sekä naudnan kuivikelannan arviointiin. Se ei myöskään ota huomioon lannan ravinnepitoisuuksien ja lantamäärien mahdollisia tilakohtaisia vaihteluja. Myös ravinnehäviöiden määrä on keskimääräinen, siten että vuosittaista vaihtelua ei ole otettu huomioon.

Nykyisin käytössä olevien kuormaus-, kuljetus- ja levitysmenetelmien aiheuttamat kustannukset ovat yleisesti suurempia kuin lannasta saatava ravinteiden taloudellinen arvo. Tässä mielessä lietelantamenetelmä on jonkin verran kuivikelantamenetelmää edullisempi. Lietelannan ravinteiden arvo peittää levityksen välittömät muuttuvat kustannukset lukuunottamatta kevätlevitystä jäykille maalajeille. Kuivikelannan ravinteiden arvo riittää muuttuvien kustannusten peittämiseen kevyillä maille kevätlevitystä lukuunottamatta. Jäykille maille levitettäessä muuttuvat kustannukset ovat yleensä suurempia kuin ravinteiden arvo ajankohdasta riippumatta.

Kevät ja varhainen kesä ovat lannanlevitysajankohdista ravinteiden hävikin vähäisyyden kannalta parhaita. Lietelannan kokonaistypestä saadaan tällöin kasvien käyttöön noin 50 - 55 %, kun syksyllä vastaava luku on 23 - 25 %, ja varhain keväällä lumen sulettua 37 - 38 %. Kuivikelannan kokonaistypestä saadaan kasvien käyttöön vastaavasti keväällä 18 - 19 %, syksyllä n. 10 % ja varhaiskevällä n. 13 %. Levitysaikaa suurempi vaikutus lannan fosforihyötysuhteeseen on lantamäärän suuruudella ja levityksen uusiutumisella samalle lohkolle. Tiloilla käytettävät levitysmäärät ovat yleisesti ottaen sopivia, mutta varsinkin monilla lihasikatioilla fosforia ilmeisesti kertyy viljelysmaihin enemmän kuin kasvusto ehtii sitä käyttämään, koska lannan levitys samoille lohkoille toistuu jopa vuoden tai kahden välein.

Vaikka kevät ja kesä olisivat ravinteiden hyväksikäytön kannalta edullisimmat ajankohdat, maan tallautumisen aiheuttamat sadonmenetykset ja keväällä kylvön viivästyisestä aiheutuneet ajallisuuskustannukset johtivat taloudellisissa laskelmissa heikompaan tulokseen kuin syksy- ja varhaiskevätlevitys ennen roudan sulamista. Lannan käsittelyn kannattavuutta on laskelmien mukaan tehokkainta parantaa pienentämällä kustannuksia, joista tallaustappiot keväällä ja kesällä ovat huomattavimmat. Näitä voidaan pienentää levittimen työlevyettä lisäämällä ja siten haitallista maan tiivistämistä vähentämällä. Esimerkiksi lietevaunun työlevyden kasvattaminen viidestä kymmeneen metriin parantaa lannan arvoa 2,00 - 2,50 markalla lantatonnia kohti. Tämä tekee tilaa kohti n. 400 - 1500 mk vuodessa. Suurentamalla rengaskokoa voidaan tallauksen aiheuttamia sadonmenetyksiä vähentää huomattavasti. Esimerkiksi muuttamalla lietevaunun yksiakselinen 10.00x20 renkailla varustettu akselisto 14.00x20 renkailla varustetuksi teliakselistoksi taloudellinen tulos paranee 390 - 1600 mk vuodessa, mikä useimmilla tiloilla kattaa tarvittavat investointikustannukset ja jättää lisäksi nettohyötyä. Koneiden yhteiskäyttö on myös varteenotettava tapa alentaa levityskustannuksia varsinkin pienehköillä tiloilla. Esimerkiksi kahden alle 20 lypsylehmän tilan käyttäessä yhteistä lietelannan levityskalustoa molempien tilojen lannanlevityksen kokonaiskustannukset alenevat vuodessa 2800 - 3100 mk. Suurin säästö syntyy kiinteissä konekustannuksissa. Kevätlevityksen yhteydessä syntyy tällöin tosin lisää ajallisuuskustannuksia, jotka huonontavat kevätlevityksen arvoa suhteessa muihin levitysajankohtiin. Lietteen sijoittaminen parantaa lietteen ravinteiden ja etenkin typen hyväksikäyttöä, mutta pienestä työlevydestä, ja siitä johtuvasta maan tiivistymisen lisääntymisestä sekä työn hidastumisesta aiheutuu kustannuksia, jotka

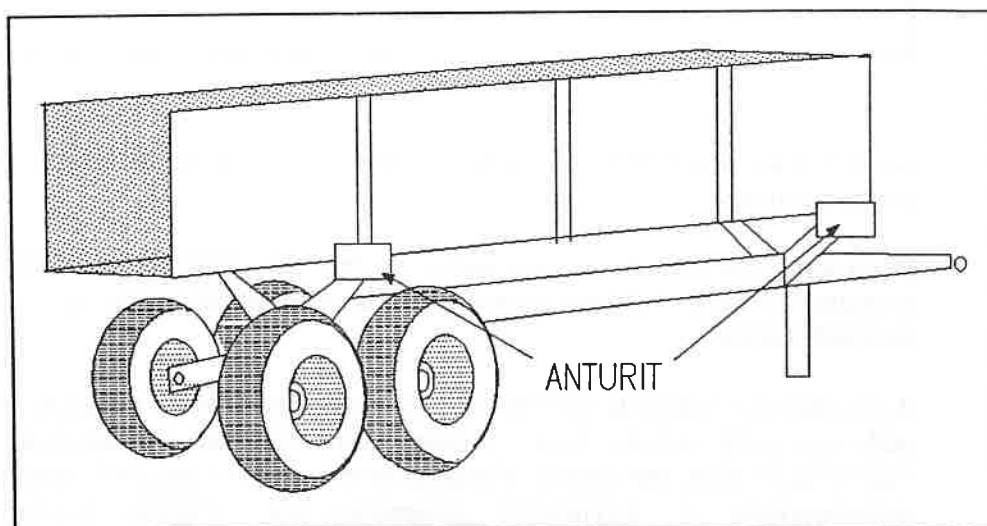
heikentävät menetelmän kannattavuutta voimakkaasti. Sijoitettaessa liete saattavat levityskustannukset laskelmien mukaan nousta jopa 10–17 mk/m<sup>3</sup> pintalevitystä korkeammiksi riippuen eläinmäärästä, maalajista ja kosteusolosuhteista.

Lannanlevitys on ravinteiden, etenkin typen hyväksikäytön kannalta edullisinta suorittaa keväällä tai alkukesän aikana. Käytännössä viljelijät eivät kuitenkaan pidä kevättä varauksetta parhaana levitysaikana. Suoritetut taloudelliset laskelmat osoittavat myös kevätlevityksestä aiheutuvan maan tallauksen ja kylvötöiden viivästymisen takia sadonmenetyksiä. Jotta näiden taloudellista tulosta heikentävää vaikutusta voitaisiin vähentää ja lannan käytön kannattavuutta, varsinkin näinä ravinteiden hyväksikäytön kannalta parhaina ajankohtina, voitaisiin parantaa, on lannanlevityskaluston kehittämisessä otettava huomioon levittimen työlevyden ja pellon pintaan aiheuttaman kuormituksen vaikutus. Lannanlevityskaluston yhteiskäyttöä ja urakointia tulisi myös, varsinkin pienillä tiloilla, suosia nykyistä enemmän.

### Karjanlannan käyttömäärän mittaaminen yleisperävaunussa

Lietelannan annostelua helpottavia mittaus- ja säätöjärjestelmiä on kehitetty voimakkaasti mm. Keski-Euroopassa ja Ruotsissa. Lietteen tilavuuteen, tilavuusvirtaan tai virtausnopeuteen perustuvat mittausmenetelmät eivät kuitenkaan ole käyttökelpoisia kiinteällä lannalla. Määrän arviointia tilavuuden ja tilavuuspainon perusteella vaikeuttaa materiaalin epätasaisuus. Luotettavin tulos on saatavissa punnitsemalla.

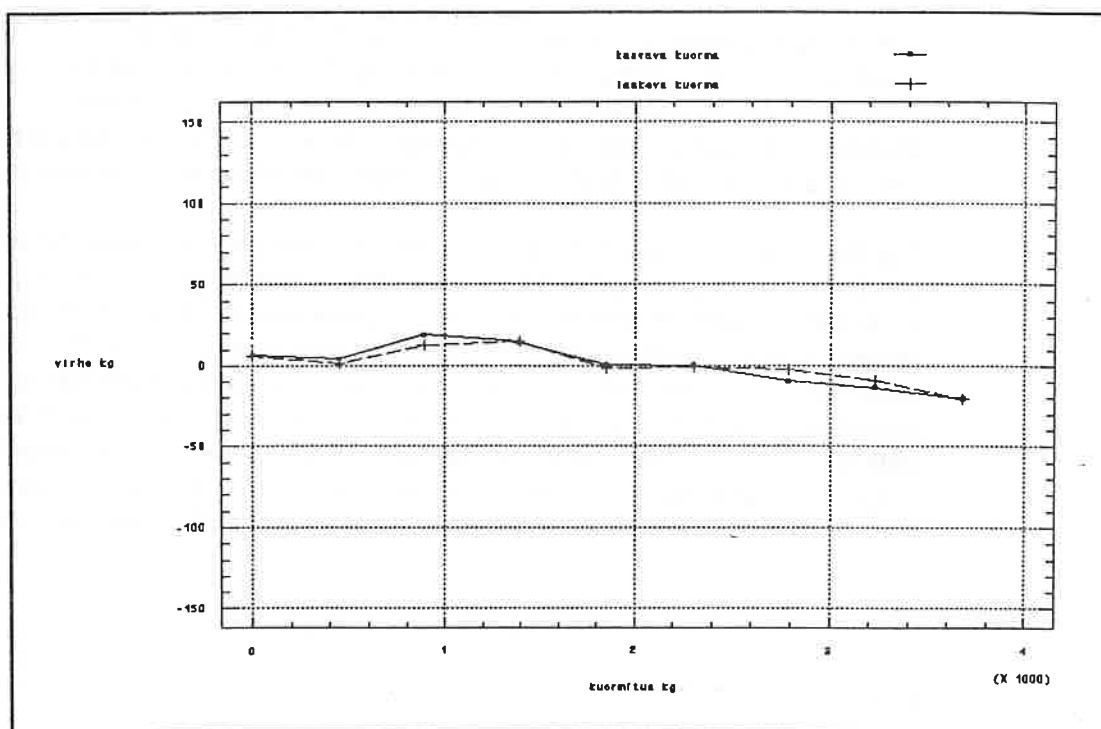
Punnitseminen voi tapahtua kuormauksen yhteydessä esimerkiksi etukuormaimen nostosylintereiden painemittauksena, erillisellä ajoneuvo- tai siltavaa'alla tai itse levittimessä. Tässä osaprojektissa tutkittiin punnituksen toteuttamista sijoittamalla neljä mittausanturia tavallisen yleisperävaunun rungon ja lavan väliin (Kuva 1). Anturivaihtoehtoina kokeiltiin traktoreiden vetovarsitunnustelussa käytettäviä antureita sekä maatalousteknologian laitoksella rakennettuja antureita. Rakenteellisesti vaihtoehdot poikkesivat toisistaan. Vetovastusantureilla käytettiin nivelrakennetta, jossa lava "riippui" perävaunun runkorakenteista ja lava pystyi heilumaan vaunun runkoon nähden. Itse valmistetut anturit kytkettiin nivelien välityksellä kiinteästi vaunun runkoon.



Kuva 1. Mittausantureiden sijoittaminen yleisperävaunuun.

Suoritetuissa kokeissa testattiin rakenteiden kitkojen, kuorman painopisteen, kallistusten ja kuorman suuruuden vaikutusta mittaustulokseen. Kuorman painopisteen paikka vaikutti virheiden syntymiseen erityisesti pienillä kuormilla (500 kg). Vetovastusantureiden nivelletyllä kiinnityksellä mittaustulos saattoi poiketa noin 6 % todellisesta kuormasta. Taivutusantureilla virhe saattoi olla jopa 14 %. Suuremmilla kuormilla (2200 kg) virheet pienenevät 3 ja 4,5 %:iin vastaavassa järjestyksessä esitettyinä. Perävaunun rakenteisiin syntyvät jännitykset osoittautuivat varsin suureksi virhelähteeksi. Mikäli lavaa heilutettiin ennen mittausta pieneni virhe sekä pienellä että suuremmalla kuormituksella 2 %:iin.

Kuormituskokeissa, joissa kuormaa lisättiin noin 450 kg portaissa 3700 kg:n asti olivat suurimmat virheet vetovastusantureita käytettäessä 1,6 % ja taivutusantureilla 4 % kuormasta. Vähenevällä kuormalla vastaavat virheet olivat 3,4 ja 5,3 %. Lavan heiluttaminen pienensi virhettä 0,5 %:iin (Kuva 2).

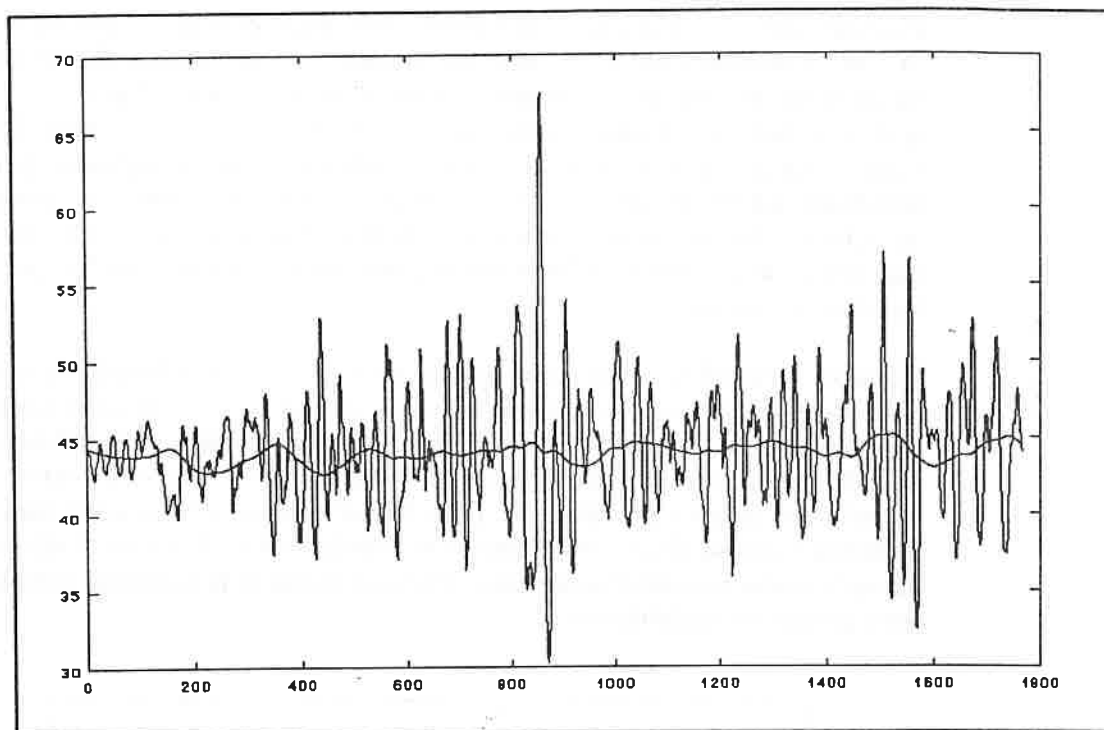


Kuva 2. Taivutusantureilla varustetun yleisperävaunun ominaiskäyrä, lavaa heilutettu ennen mittausta.

Perävaunun kallistaminen vaakatasosta 5 astetta pituussuunnassa tai 10 astetta sivuttain aiheuttaa virhettä mittaustulokseen, mutta suurimmillaankin se oli noin 1,5 %:a kuormituksesta.

Ajettaessa perävaunulla epätasaisella alustalla synnyttävät maaston korkeusvaihtelut heiluntaa ja/tai tärinää, jonka mittaustulokset tunnistavat kuormituksen vaihteluksi. Vaihtelun voimakkuus riippuu alustan ja perävaunun rakenteen lisäksi kuormituksesta, ajonopeudesta ja käytetyistä rengaspaineista. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksen rasisuradalla mittaustulos vaihteli suurimmillaan 3100 kg:sta 5100 kg:aan lavan ja kuorman yhteispainon ollessa 4100 kg. Vaihtelun ollessa näin voimakasta, ei signaalia voida suoraan käyttää esimerkiksi näyttämään kuorman painoa ja

siinä tapahtuvia muutoksia. Vaihtelu voidaan poistaa suodattamalla mittaustulos. Samalla mittaussysteemin kyky havaita kuormituksessa tapahtuvia nopeita muutoksia heikkenee. Esimerkiksi suodatuksella, joka rajoittaa vaihtelun noin 2 %:iin kuormituksesta, on mittausjärjestelmän virhe vielä yli 30 % muutoksen suuruudesta 15 sekunnin kuluttua muutoksen tapahtumisesta. Sallimalla hieman suurempi mittauservon vaihtelu voidaan järjestelmää nopeuttaa. Esimerkiksi 6 %:in vaihtelun salliminen pienentää edellä esitettyä muutosaikaa noin 4 sekuntiin (Kuva 3).



Kuva 3. Alkuperäinen ja suodatettu mittaussignaali rasisradalta, kuorma 3700 kg.

Punnitusmenetelmän tarkkuudelle asetettu 5 %:n tarkkuusvaatimus pystyttiin saavuttamaan kummallakin anturirakenteella. Koska yleisperävaunuissa lava muodostaa osan kantavaa runkorakennetta, olisi anturit pystyttävä sijoittamaan heikentämättä vaunun lujuutta. Luotettava mittaustulos edellyttää kuitenkin myös taivutusantureita käytettäessä anturiin kohdistuvan väännön eliminoimista, jossa nivellaakereita käyttäen onnistuttiin.

Kokeissa ilmenneiden virhelähteiden (rakenteiden jännitykset, kuorman painopisteen paikka, kallistukset) merkitys käytännössä jää varsin pieneksi, sillä kuorma tai purku aiheuttaa perävaunuun yleensä tärähdyksiä ja heilahduksia, jotka poistavat eniten virhettä aiheuttaneen jännityksen vaikutuksia.

Kuorman suuruuden määrittämisessä vaunuun rakennettu punnitusjärjestelmä antaa tarkan tuloksen. Tuloksen muuttaminen halutuksi levitysmääräksi edellyttää kuitenkin kolakuljettimen nopeuden tai traktorin ajonopeuden säätämistä.

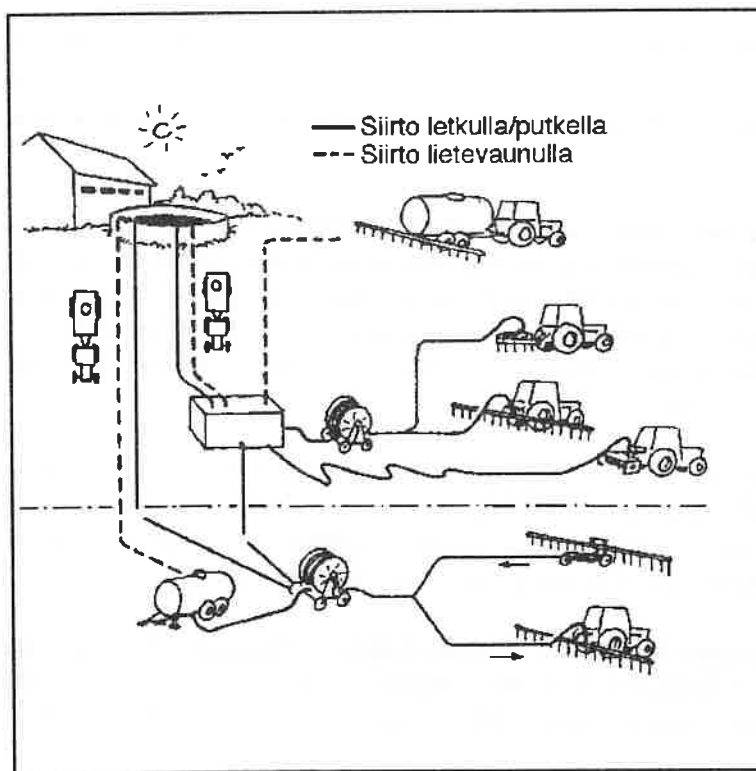
Tutkitussa ratkaisussa määrän seuranta ei edellytä poikkeamia normaalista työrutiinista, jolloin edellytykset menetelmän hyväksymiselle paranevat. Mittausjärjestelmän kytkeminen perävaunuun suo mahdollisuudet määrien seurantaan muissakin kuljetukseen ja siirtoon liittyvissä töissä. Karjanlannan määrien mittaamisen

ohella tärkeä käyttökohde olisi korjatun tuorehumäärän mittaaminen. Karjanlannan hyväksikäyttö kuten muidenkin viljelyssä käytettävien panosten ja vastaavasti saatujen satojen mittaaminen ja kirjaaminen on taloudellisen ja ympäristön kannalta kestävä viljelyn perusedellytys.

### Syöttöletkumenetelmä

Eräs karjanlannan ja mineraalilannoitteiden huomattavista eroavuuksista on niiden ravinneväkevyys. Karjanlantaa käytettäessä kuljetettavat massat saattavat olla jopa 20–30 -kertaisia mineraalilannoitteiden vastaaviin verrattuna. Riittävään käsittelykapasiteettiin pyrittäessä levittimien koot ovat kasvaneet. Täyden levitinvaunun ja traktorin kokonaisuudessa saattaa nousta yli 15 tonnin. Lietelannan levitys keväällä kasvien kannalta edullisimpaan aikaan yhdistettynä levitinkaluston painoon ja maan heikkoon kantavuuteen keväällä johtaa helposti tilanteeseen, jossa levityksestä aiheutuvien haittojen kustannukset syövät lannan sisältämien ravinteiden arvon. Jankon rakenteen heikkeneminen lisää puolestaan pintavalunnan osuutta, jolloin vesistöjen kuormitus kasvaa.

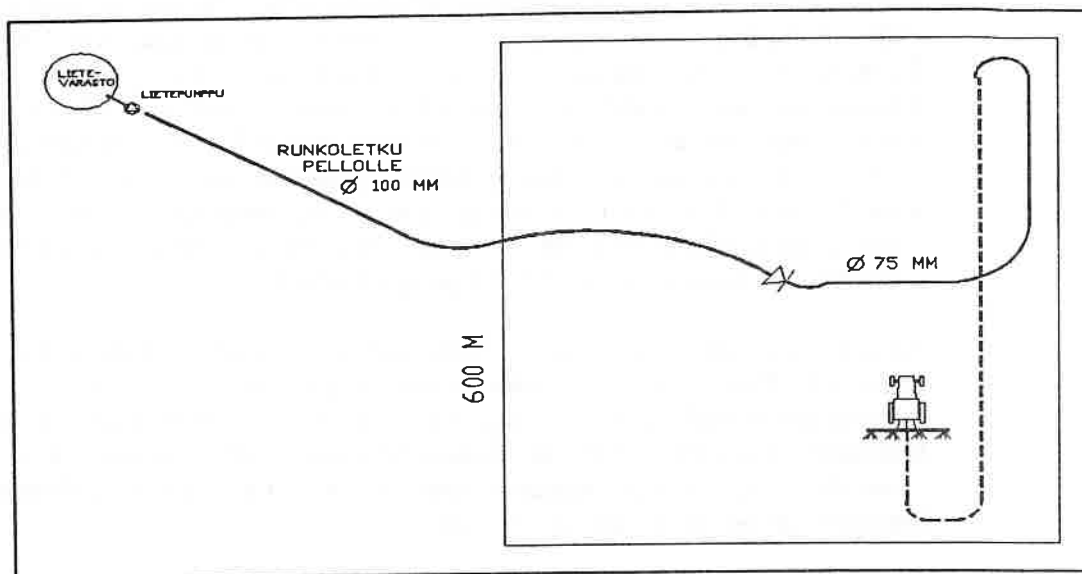
Kuvassa 4 esitetään vaihtoehtoja lietalannan levitysmenetelmiksi. Pumpaamalla liete joko lietesäiliöstä tai kuljetusajoneuvosta letkua pitkin traktorin perään kytkettyyn levittimeen, voidaan pellolla liikkuvan massan määrää pienentää ratkaisevasti. Samalla pellolla tapahtuva siirtymisajo, jonka määrä saattaa olla jopa suurempi kuin itse levitykseen liittyvä ajomäärä, jää pois. Menetelmä ei ole suinkaan uusi vaan periaatteellinen ratkaisu löytyy Sveitsistä jo 60 vuoden takaa. Sveitsin ohella menetelmää on käytetty myös muualla Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Kanadassa, yleensä yhdistettynä multaavaan levitinlaitteeseen.



Kuva 4. Lietelannan kuljetus- ja levitysmenetelmiä (Claesson-Steineck: Växtnäring, hushållning – miljö. 1991 Uppsala).



Laitteisto koostuu lietesäiliön tai -vaunun yhteydessä olevasta pumpusta, käsiteltävällä lohkolle vedettävästä letkusta ja traktorista, johon on kiinnitetty lietteen levitinlaite (Kuva 5). Liikkuessaan lohkolle traktori vetää perässään taipuisaa letkua, joka liukuu maata pitkin. Letkun siirtoa ja varastointia varten tarvitaan letkukela.



Kuva 5. Syöttöletkujärjestelmän rakenne.

Maatalousteknologian laitoksella rakennetussa kokoonpanossa käytettiin Nobel Plasticin valmistamaa kudosvahvistettua, halkaisijaltaan 75 mm olevaa Super Tricoflat letkua. Sen jatkuva sallittu kuormitus oli 5 kN ja murtolujuus 16 kN. Suoritetuissa mittauksissa nestettä täynnä olevan letkun vetovastukseksi saatiin nurmella 45–55 N/m, sängellä 36–44 N/m ja epätasaisella kynöksellä 35–38 N/m. Tarvittavan veto-voiman ja letkun sallitun kuormituksen perusteella voidaan levitintraktorilla vetää korkeintaan noin 150 metrin pituisia letkunosaa. Tämä merkitsee, että kerrallaan levitettävän alueen suurin pituus on 300 metriä. Kokonais-pituudeltaan 400 metriä pitkällä letkulla voidaan levittää kerrallaan 300 X 200 metrin kokoinen, suorakaiteen muotoinen ala eli kuusi hehtaaria. Suurempi levitysala on käsiteltävä useammassa osassa ja kalustoa on siirrettävä levityksen edetessä osasta toiseen.

Kokeissa olleessa letkussa ei noin 30 ha:n levittämisen jälkeen ollut vielä havaittavissa kulumista eikä käsitellyillä lohkoilta löytynyt esteitä, jotka olisivat vaurioittaneet letkua. Testeissä letku pystyi nousemaan vaakatasosta 55 asteen kulmassa olleen esteen yli. Hankalimpia esteitä ovat sähköpylväät, suuret kivet tai metsäsaarekkeet. Niiden sijainti pellolla on otettava huomioon levityksen ajoreittiä suunniteltaessa. Letkun ulkopuolen likaantuminen ei osoittautunut ongelmaksi aivan levittimen puoleista päätä lukuunottamatta. Muualla kasvusto tai paljas maa pyyhki letkun varsin puhtaaksi. Letkun sisäpuolen puhdistamiseksi on hyvä pumpata puhdasta vettä letkun läpi levityksen jälkeen. Suuria määriä lietettä ei letkuun voi jäädä, sillä kerättäessä letku kelalle se puristuu litteäksi ja puristaa lietteen tai veden ulos letkusta. Letkun takaisin kelaukseen kului 300 metrin letkulla keskimäärin 25 min. Letkun levitykseen kelalta kuluu aikaa vajaa kymmenen minuuttia.

Syöttöletkumenetelmää käytettäessä lietteen levittäminen keväällä on mahdollista heti maan kuivuttua muokkauskuntoon. Levitettävällä lohkolle tapahtuvan kokonaisjoh-  
määrän ja liikkuvan massan pienuudesta johtuen maan tiivistyminen jää vähäiseksi. Lietteen multaaminen muokkaamalla on tarpeellista ammoniakkin haihtumisen

rajoittamiseksi ja hajuhaittojen välttämiseksi. Letkupuomistoa levityselimenä käyttäen levitys voidaan suorittaa myös orastumisen jälkeen. Ruiskasvustossa, jonka korkeus oli 8–9 cm, havaittiin syksyllä tehdyssä kokeessa maan pinnassa liikkuvan letkun aiheuttamia vaurioita ainoastaan 0,5–1,5 prosentissa versoja.

Menetelmän työnmenekki riippuu ratkaisevasti tavasta, jolla liete siirretään varastosta pellon laitaan. Mikäli liete kuljetetaan perävaunuilla, tarvitaan kuljetukseen lyhyelläkin etäisyydellä kaksi vaunua ja traktoria, jos levityksen halutaan sujuvan ilman katkoja. Työketju vaatii siis kaikkiaan kolme työntekijää. Mikäli pumppu on mahdollista sijoittaa suoraan lietesäiliön viereen eli levitysala on riittävän lähellä lietevarastoa, tarvitaan syöttöletkumenetelmässä vain levittimen kuljettaja. Lieteannoksen ollessa 30 m<sup>3</sup>/ha oli työsaavutus kokeissa 8 tunnin työpäivän aikana noin 5 ha, kun vastaava luku yhden miehen vaunulevitysketjulla on 6,5 ha. Syöttöletkumenetelmän työsaavutus riippuu suhteellisen suuresta valmistelevien töiden osuudesta johtuen yhtenäisen levitysalueen koosta ja käytettävän pumpun tehosta.

Kustannuksiltaan menetelmä on halvimpia levitysvaunuratkaisuja kalliimpi. Letkun hinta on 35–40 mk/m, vakioilavuuspumpun noin 15 000 mk, hydraulisesti pyöritettävä letkukela 10 000 mk ja hajotinlevyillä varustettu traktorin nostolaitteeseen kiinnitettävä levitin 5 000 mk. Kokonaishinnaksi 300 m:n letkulla ja hajotinlevyillä varustetulle systeemille saadaan noin 40 000 mk. Mikäli levittimenä käytetään letkupuomia on hinta noin 65 000 mk.

Syöttöletkumenetelmä soveltuu parhaiten tilanteisiin, joissa maaperän rakenne edellyttää kaikenlaisen tiivistämisen välttämistä ja joissa liete voidaan pumpata suoraan lietevarastosta. Käsiteltävien lohkojen tulee siis sijaita joko talouskeskuksen ympärillä, tai vaihtoehtoisesti lietesäiliön tulee sijaita pellolla keskellä levitysaluetta. Liete voidaan silloin kuljettaa esimerkiksi talvikautena perävaunulla (vrt. Kuva 5). Mikäli lietteen siirto levityksen yhteydessä tapahtuu perävaunulla, edellyttää menetelmä useita työntekijöitä. Toimintamalleina tulevat silloin kysymykseen viljelijöiden välinen yhteistoiminta tai urakointi.

## Kirjallisuus

- Kapuinen, P. & Karhunen, J. 1990. Lietelantajärjestelmien toimivuus. Vakola, tutkimusselostus 59.
- Pitkäranta, T. & Sipilä, I. 1992. Haastattelututkimus karjanlannan käyttötekniikasta. Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalusteknologian laitos, tutkimustiedote 67.
- Sipilä, I., Klemola, E. & Rastas, R. 1992. Lannan määrän mittaus punnitsemalla yleisperävaunussa. Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalusteknologian laitos, tutkimustiedote 68.
- Torttila, M. & Sipilä, I. 1992. Syöttöletkumenetelmän soveltuvuus Suomeen, esitutkimus. Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalusteknologian laitos, tutkimustiedote 69.