

TÄPPISVILJELUSE EELDUSED JA TASUVUS EESTI TINGIMUSTES

Kalvi Tamm, Taavi Võsa
Eesti Maaviljeluse Instituut

Abstract. Tamm, K., Võsa, T. 2006. *Presumptions and Profitability of Precision Farming in Estonian Conditions.* – *Transactions of ERIA No 71, 275–282.*

Estonian Research Institute of Agriculture has initiated a research project “Studying the possibilities of the use of precision farming technology of grain crops, legumes and oil-bearing crops”, where the objectives are to generalise the data of producers to explain the economic effect and impact on nature achieved by precision farming; find out the expediency of the machines applied in Estonian enterprises for precision farming; elaborate the recommendations for applying precision farming. The paper is composed according to the results of this research project.

The influence of GPS device with different precision on production costs was analysed. Calculations were made with GPS devices of 4 classes of precision. With cheaper GPS devices in case of 100 ha of arable land the extra yield of 300 kg ha⁻¹ would be sufficient. For more precise GPS device in the same area the needed yield increase would be at least 700 kg ha⁻¹.

An operation survey was carried out for automatic guidance system mounted on different John Deere tractors. The main tasks of survey were usability of guidance system and field turning time. There were compared two different field machine moving patterns on rectangular field – continuous with turn strips at each end and overlapping alteration pattern. By first pattern the machine made one turn with 48 s and by second pattern (over 2 trips) one turn took 28 s. This is important because it is difficult to accomplish overlapping alteration pattern exactly enough without any guidance system. Economical calculations show that by studied machines the saving of direct costs was 35.1 EEK ha⁻¹ by overlapping alteration pattern.

The inquiry was made to clarify how many agricultural producers were using GPS devices for agricultural reason. From the results of inquiries we can see that 22.2% from respondents are in some way using GPS device for agricultural reason.

Keywords: *precision farming, profitability, automated guidance, soil heterogeneity*

Kalvi Tamm, Taavi Võsa, *Department of Mechanization, Estonian Research Institute of Agriculture, 13 Teaduse St., 75501 Saku, Estonia*

Sissejuhatus

Seoses vajadusega püsida taimekasvatustootmises konkurentsisis ja tugevneva survega toota võimalikult keskkonnasäästlikult arendatakse tehnoloogiaid, mis neile nõuetele vastaks. Üks populaarsust koguvaid vahendeid on täppisviljelus. Arenenud riikides on tänu üldisele tehnoloogia arengule seda kasutama hakatud alates 1990-datest aastatest. Eesti Maaviljeluse Instituudi teadurid on järjepidevalt jälginud teiste riikide põllumajandusliku tootmise arengutrende. Leidmaks vastus küsimusele, mis tingimustel Eesti põllumehed saaksid täppisviljelust kasutada, käivitati 2002. aastal EMVI-s uurimisteema „Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride satelliitnavigatsioonipõhise täppisviljelustehnoloogia kasutusvõimaluste uuring Eesti oludes”.

Uurimis-arendustöö eesmärkideks täppisviljeluse alal on: 1) teistes riikides sellel alal siiani tehtu üldistamine ja tutvustamine; 2) Eesti oludesse sobivate seadmete ja

tarkvara väljaselgitamine; 3) turul pakutavate seadmete katsetamine; 4) majandusliku efektiivsuse prognoosimine Eesti oludes.

Täppisviljeluse olemus

Täppisviljelus on taimekasvatuse tehnoloogia, mis võtab arvesse tingimuste varieeruvuse põllu ulatuses, rakendades püstitatud eesmärkide saavutamiseks agronoomiliste, tehniliste ja infotehnoloogiliste võtete kogumit. Varieeruvateks teguriteks võivad olla mulla omadused, kahjustajate esinemine, põllu naabruses olevad objektid jm.

Üldiselt võib välja tuua täppisviljeluse kolm positiivset tulemit: 1) majanduslik efekt, kas suurema saagi või väiksemate kulutuste tõttu; 2) vähenev keskkonnareostuse oht tänu täpsemalt jaotatud väetise- ja kemikaalikogustele; 3) parem ülevaade oma põldudest.

Täppisviljeluse objektideks on: 1) saagi koguse ja kvaliteedi kaardistamine põllu piires; 2) mullaparameetrite (näiteks taimetoiteelementide ja niiskuse sisalduse, happesus) mõõtmine seotuna täpse asukohaga; 3) taimestiku seisundi kasvuaegne hindamine tehtava tööga samaaegselt ning töomasina parameetrite seadmine vastavalt taimestiku seisundile; 4) põlluoperatsioonide teostamine varem ettevalmistatud töökaartide põhjal; 5) täpne roolimine – paralleelsõiduseadmed ja automaatroolimiseseadmed.

Areng mujal maailmas ja Eestis

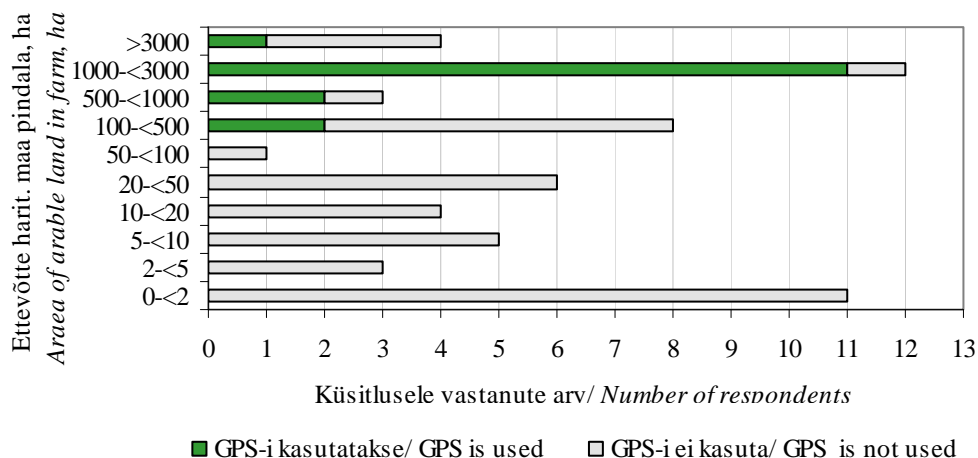
Täppisviljeluse areng maailmas

- 1929 – täppisviljeluse kontseptsiooni esmaavaldamine (Lindsley *et al.* 1929)
- 1974 – NASA algatas projekti AGRISTARS, et satelliidipiltide põhjal selgitada põuast, haigustest ja kahjuritest kahjustatud põllumajanduslikke alasid, ennustada saake ja hinnata kultuuride alust pinda liikide kaupa
- 1990-te algusest hakkas levima saagi kaardistamine
- 1999 – maailmas oli saagikaardistamisse investeeritud ca 100 milj. USD
- Viimase viie aasta jooksul on kasvanud asukoha määramise täpsus liikumise pealt ja oluliselt on arenenud automaatroolimine.

Täppisviljeluse ajalugu Eestis

- 05.01.2000 – EPMI algatas täppisviljeluse töörühma.
- 05.08.2000 – Eesti 1. elektrooniline saagikaskaart Tartumaal Pilsu talus.
- 01.01.2002 – EMVI-s käivitus uurimisprojekt täppisviljeluse kasutamise võimalustest Eestis.
- 08.05.2002 – Rakendati Eestis esimesena GPS-i L-Virumaal Mäemõisa talus ühe põllu väetamisel.
- 2004 – Esimene roolimisautomaadiga agregaat.
- 2005 – EMVI vaneminsener Taavi Võsa kaitses EMÜ Tehnikainstituudis esimese magistriväitekirja täppisviljeluse alal (Võsa, 2005).

2006. aasta alguses tehti EMVI teadurite poolt Eesti taimekasvatuseettevõtteis küsitlus kui paljud neist kasutavad täppisviljelust, olgu see siis mingite põllu punktide koordinaatide määramine või tööde tegemine navigeri abil. Küsitlusele vastanuist oli kõigil täppisviljeluse kasutajail vähemalt 100 ha haritavat maad (joonis 1).



Joonis 1. Täppisviljeluse küsitlusele vastanute jaotus suurusklasside järgi
Figure 1. Division of respondents of precision farming inquiry by area of arable land

Täppisviljeluseks vajalikud eeldused

Täppisviljelus on kallis ja keerukas viis taimekasvatuse korraldamiseks. Enne oluliste otsuste tegemist peab põllumees vastama mõnele küsimusele, et investeeringud ei osutuks asjatuteks kulutusteks.

Täppisviljeluses on kõige järgneva aluseks asukoha määramine, mida tänapäeval tehakse navigeri abil. Naviger on DGPS vastuvõturi eestikeelne nimetus. Asukoha üheseks määramiseks on kasutusel DGPS navigerid, mis GPS (*Global Position System* – ülemaailmne asukohamääramise süsteem) ja korrektsioonsignaali alusel arvutavad välja ühese geograafilise asukoha. Ilma korrektsioonita GPSnaviger pole põllumajanduses realselt kasutatav, kuna selle viga võib soodsates oludes ulatuda 3 meetrini, ebasoodsates oludes ka 25 meetrini. Kaasaegse navigeri viga sõltub kasutatava korrektsioonsignaali allikast.

1. Üldkättesaadav geostatsionaarsel orbiidil paiknevalt satelliidilt edastatav tasuta korrektsioonsignaali EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service* – Euroopat ja Põhja-Aafrikat kattev geostatsionaarne navigatsioonivõrk) võimaldab hälvet <1 meetri. USAs on sarnane avalik teenus WAAS ja Jaapanis ning Aasias MSAS.
2. Maksuline korrektsioonsignaali geostatsionaarselt satelliidilt võimaldab hälvet <50 cm. Sellist teenust pakuvad Euroopas Omnistar ja Thales, ka John Deere kasutab sarnast tehnoloogiat enda seadmetele pakutava signaali jaoks.
3. RTK-kohtmäärangusüsteemi ehk teise, statsionaarse, navigeri kasutamisel lähemal kui 5 km tööpaigast, korrektsioonsignaali loomiseks ja selle radiomodemi abil töönavigatorile toimetamisel väheneb viga väärtuseni <10 cm;

Rannikumajaka tasuta signaali kasutamisel suureneb viga kauguse suurenemisel lineaarselt. Iga 100 km kaugust lisab võimalikule veale 1 m, seega peaks Lääne- ja Loode-Eestis Ristna rannikumajaka kasutamisel viga jääma alla 1 m.

Andmete rohkus tingib vajaduse arvuti kasutamise järele. Pole mõeldav kõigi vajalike analüüside tegemine peast või pliiatsi ja paberi abil. Vajalik on arvuti koos sobi-

va tarkvaraga. Kahjuks on igal tarkvaratootjal oma nägemus, mida täppisviljelustarkvara peaks tegema. Ühisel meelel ollakse siiski kaardirakenduse ja kohtmäärangusüsteemil põhineva andmebaasi kasutamisel. Põllumeeste kogemus on näidanud, et ainult kombainiga kaasa tulnud tarkvarast ei piisa täppisviljeluse laialdaseks kasutamiseks.

Praegu on turul saada nii kolmemeeetrise kui kümnesentimeetrise täpsusega GPS-vastuvõtjaid ehk navigere. Nende hind on vastab nende täpsusele – viiest tuhandest kroonist kuni veerand miljoni kroonini. Saagi kaardistamiseks ja väetamiseks piisab ka meetrisest täpsusest (navigeri hind ca 30 000 kr), kuid külviks või taimekaitsetöödeks peaks asukoha täpsus olema suurusjärgus paarkümmend cm (navigeri hind ca 100 000 kr). Seadmed selle tagamiseks on olemas, kuid määravaks saab hind ja oluliselt muutub müüjapoolne tugi. Süsteem on keerukas ja vigade võimalusi mitmeid. Seega peab tootjal olema võimalus saada kusagilt tuge probleemide tekkimisel.

Keerukatel süsteemidel on kalduvus tõrkuda kõige ebasobival ajal hetkel. Tuleb enda jaoks selgeks mõelda, kuidas käituda navigeri rikke korral. Kas jääda andmetest ilma tööd jätkates või riskida saagiga tööd katkestades? Kuna signaaliga varustavad süsteemid on muutunud aja jooksul aina töökindlamaks, siis jääb loota, et viimane olukord esineb järjest harvem.

IT-põhine täppisviljelus nõuab masinajuhtidelt oskusi ja tahtmist, et vastavaid seadmeid kasutada. Kui on olemas vajalikud seadmed aga inimesed ei oska või ei taha neid järjepidevalt kasutada, siis on investering täppisviljelusse olnud mõttetu. Seega nõuab täppisviljeluse kasutamine nii masinajuhtide kui ettevõtte spetsialistide koolitamist ja andmete järjekindlat kogumist.

Kui on saadud saagikuskaardid, siis kuidas neid analüüsida ja kuidas nende põhjal koostada taimetootelementide või taimekaitsevahendite tarbekaarte? Eesti Maaviljeluse Instituut on alustanud tööd kaartide analüüsimiseks ja saagikaartide sidumiseks tarbekaartidega, et aidata täppisviljelusega tegelevaid põllumehi. Uurimistulemused on näidanud, et kombainidega müüdav tarkvara ei võimalda mitmekülgset andmeanalüüsi. Põllumehel on vaja mitmekülgsemat ja paindlikumat programmi.

Kas kasutada põldudel paiknormiga pritsimist, väetamist jne? Põldude varieeruvus peaks olema kriteerium, mis näitab, kas tarbenormi reguleerimist vastavalt asukohale tasub kasutada. Selge on, et ühtlase saagikusega põllul pole saavutatav kokkuhoid kuigi suur. Eestis on mullastik niivõrd vahelduv, et tõenäoliselt pole muutnormiga süsteeme mõtet rakendada vaid mõnedel suhteliselt väikestel ja tasastel põldudel.

Hoolimata valitud strateegiast ei anna põld kohe tulemusi. Liiga suur on aasta ja juba toimuvate protsesside mõju. Kui on soetatud seadmed, aga nende kasutamises kohe kasu ei nähta, võib tekkida pettumus. Sellest hoolimata tuleb andmete kogumist jätkata. Esimestel aastatel ongi rohkem andmete kogumise faas ja seejärel saab neid analüüsima hakata. Tõsisemat andmeanalüüsi saab teha alles siis, kui on olemas 3 aasta andmed samalt põllult sama kultuuri kasvatamisel ehk kolme viljavahelduse ringi järele.

Täppisviljeluseks vajalikud seadmed ja tarkvara

Tänapäevane tehnika on keerukas ja kallis. Reeglina on arenenuma tehnoloogia kasutamise võimalused mitmekülgsemad. Täppisviljelus on saanud võimalikuks tänu seadmetootjate pidevale arendustööle. Toodetavad masinad võimaldavad seada tööd katkestamata mitmeid parameetreid ja nende väärtusi pidevalt salvestada. Sealjuures muutub masina tehnoloogilise ketti sobitamisel oluliseks lisaks konstruktsioonile ja

omadustele nende muutmise paindlikkus. Paljud kasutatavad masinad võimaldavad väikese ümberseadistamise või programmeerimise korral teostada operatsioone üsna laias tingimuste vahemikus (Tamm, Võsa, 2004).

Lihtsustatult öeldes on täppisviljeluseks sobivad kõik masinad, millel juhtimine toimub elektrooniliste juhtsignaalide alusel ja mis on võimelised kasutama asukohasignaali. Enamasti toodetakse kohtpositsioneerimisinfo eraldipaikneva navigeri abil, kuid turul leidub seadmeid, millesse naviger on sisse ehitatud. Lisaks asukohainfole võib juhtarvuti sisendisse tulla erinevaid signaale masina seadeparameetrite ja töökeskkonna kohta. Nende lisasignaalide, võimaliku varemvalmistatud töökaardi ja määratud asukoha alusel loob juhtarvuti masinale antud tingimustes vajaliku juhtsignaali. Masinat juhtival inimesele on samas alati võimalus juhtsignaali korrigeerida, kui see mingil põhjusel osutub ebasobivaks.

Kuna samas on masinad muutunud oluliselt kallimaks, tuleb nende soetamisel kaaluda oma tegelikke vajadusi ja võimalusi. Täppisviljeluse seisukohast on masina soetamisel oluline selle elektroonilise juhtimise võimalus ja ühenduvus traktoris oleva juhtarvutiga. Seadmetevahelised ühendused võivad olla mitmete erinevate liidestega ehk andmesideühendustega. Teisisõnu oskab selline arvuti vahetada infot teiste analoogsetega. Andmeside võimalus ongi see, mis teeb juhtarvutist täppisviljeluses kasutatava. ISOBUS ehk rahvusvaheline standard ISO 11783 on selliste juhtarvutite töö aluseks. Standard määrab millised signaalid andmesiinil liiguvad ja kuidas neid kasutada. Standardi suurimaks plussiks on juhtarvutite standardiseerumine. Masinaspetsiifiline juhtarvuti asendub universaalse virtuaalarvuti (-terminali) ehk konsooliga. Virtuaalterminali teeb ahvatlevaks varem üksikute tööriistade juurde kuulunud juhtarvutite arvu vähenemine. Liitmasina korral võis kabiinides näha muljetavaldavalt juhtmete ja juhtarvutite rägastikku. Pultide rohkus lisab juhi pinget ja seetõttu kiirendab väsimist, mis mõjub pärssivalt töökvaliteedile. Täppisviljeluse jaoks pole ISOBUS ainus lahendus, kuid see teeb erinevate seadmete süsteemiks ühendamise oluliselt lihtsamaks. Seetõttu peaks uute seadmete hankimisel ISOBUSiga ühilduvust pidama oluliseks kriteeriumiks.

Juhtarvutis seotakse navigerilt tulev asukohateave masina andureilt edastatud andmetega. Saadud info kas salvestatakse mällu või kasutatakse väljundsignaali väärtuse muutmiseks. Anduritena võib loetleda järgmisi:

- 1) teraviljakombain: koristatava kultuuri saagikuse ja niiskuse andurid, masina parameetrid ja koormus;
- 2) kartuli- või juurviljakombaini konveieril või punkris oleva massi määramise andurid, masina parameetrid ja koormus;
- 3) koristatava materjali hulga ja kiiruse mõõtmise andurid rohusöödakoristusmasinail, masina parameetrid ja koormus;
- 4) punkris oleva materjali kaalu või laotusketaste koormuse mõõtmise andurid orgaanilise või mineraalse väetise laotureil;
- 5) taimestiku tiheduse pendelandur;
- 6) taimestikult peegeldunud valguse intensiivsuse andur;
- 7) klorofüllilise helendumisintensiivsuse andur;
- 8) mulla elektriliste parameetrite (dielektriline läbitavus, elektrijuhtivus) andur jt.

Juhi töö lihtsustamiseks ja juhtimistäpsuse suurendamiseks kasutatakse abiseadmeid masinagregaadi töökäikude paralleelsuse tagamiseks. Neist navigerile põhinevaid võib jagada kaheks:

- 1) autopiloot, mis juhib masinagregaati tööeel täielikult;
- 2) virtuaalsed tehnorajad, mille korral juhile kuvatakse info masinagregaadi paiknemise kohta sobivale ekraanile.

Autopiloodi kasutamisel vajatakse kas täiendavat elektrilise juhtimisega hüdrosüsteemi roolisüsteemis või rooli elektrimootoriga mehaanilise ülekande vahendusel pööravat ajamit. Mõlema ülesandeks on automaatse juhtimise aktiveerimisel roolida masinagregaati inimese vahetu sekkumiseta.

Virtuaalseteks tehnoradadeks nimetatakse arvuti abil loodavaid sõidutrajekte, mis eksisteerivad ainult arvuti mälus ja ekraanil. Erinevalt senituntud reaalselt tehnoradadest tegelikult neid ei eksisteeri, näiteks rohumaadeld või lauskülvatud põllul reaalseid tehnoradu ei kasutata. Virtuaaltehnoradade indikaatoritena kasutatakse kas diodpaneeli, millel põlevate diodide asend ja hulk iseloomustavad kõrvalekallet või vedelkristallekraani, millel on näha masina paiknemine võrreldes soovitudga.

Andmete töötlemiseks ja hoiustamiseks on vaja kaasasagset kontori- või sülearvutit. Tänapäevase arvuti protsessori võimsus, operatiivmälu ja kõvaketta maht reeglina vastavad täppisviljeluse nõuetele.

Kogutud andmete haldust ja analüüsi tehakse tarkvararakenduste abil mis jagunevad järgnevalt:

- 1) masinate juhtprogrammid;
- 2) analüüsipaketid, üldnimetusega GIS (*Geographic Information Systems - GeoInfo Süsteemid*), mis omakorda jagunevad kolmeks alagrupiks: a) üldotstarbelised programmpaketid; b) töömasina komplekti kuuluvad programmid; c) põllumajanduse vajadustele vastavad eripaketid.
- 3) abiprogrammid andmehoolduseks. Nendeks peaks olema vähemalt: a) viirusetõrje; b) andmete varundamise tarkvara; c) tulemüür internetti ühendatud arvutil.

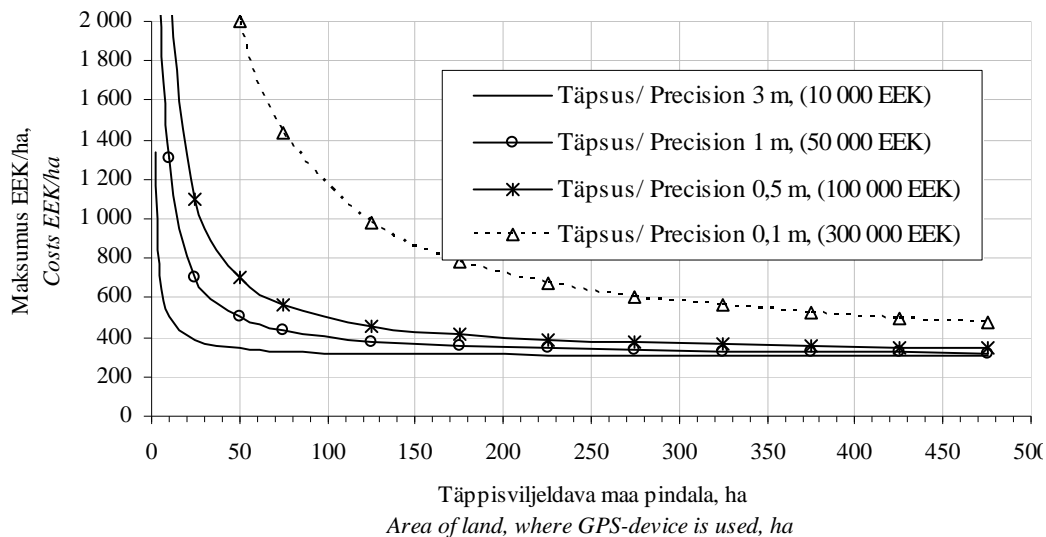
Täppisviljeluse tasuvus

Täppisviljelus ei ole umerohi mille abil oleks võimalik kohe kulusid vähendada või saagikust suurendada. See on abivahend mis võimaldab põllumehel oma põldusid täpsemalt tundma õppida ja kogutud teadmiste põhjal põlde asukohapõhiselt käsitleda. Mida täpsemalt tahetakse asukohta määrata, seda kallimad on seadmed.

Autorite poolt on tehtud arvutusi (Tamm, Võsa, 2005), kui suur peaks mingi haritava maa pindala juures olema väetiste kokkuhoid või saagikuse kasv, et täppisviljeluse rakendamine hakkaks ära tasuma. Näiteks 250 ha talus tuleks täppisviljeluse rakendamisega seotud kulude katmiseks keskmiselt säästa hektarilt ca 110–340 kg ha⁻¹ väetist (sõltuvalt kasutatava süsteemi hinnast, millest omakorda sõltub täpsus), eeldusel, et keskmine saagitase säilib (950 ha puhul vastavalt 105–165 kg ha⁻¹). Kui aga üritada saagikust tõsta, nii et kulud jäävad samaks, siis peaks hektarisaagi (hinnaga 1,7 kr kg⁻¹) tõus olema vähemalt 190–580 kg ha⁻¹ (950 ha korral 180–280 kg ha⁻¹). Joonisel 2 on esitatud navigeri kasutamise lisakulude sõltuvus ettevõttes täppisviljeldava maa pindalast, mida antud juhul on arvestatud 50% haritava maa pindalast kõigi täpsusklasside korral.

Uurimisteema raames on tehtud ka arvutusi ja mõõtmisi, et hinnata automaatroolimisega kasutamise tasuvust. Esmalt uuriti olukorda, kus mõnedel operatsioonidel asendatakse agregaadid süstikviisilise või eeviisilise liikumise ribaviisilise liikumisega (Hunt, 2001), mida oleks autopiloodi abil võimalik sooritada suhteliselt väikeste üleka-

tete või vahedega. Kuna ribaviisiline liikumine võimaldab võrreldes teiste nimetatud liikumisviisidega teha pöördeid väiksema ajakuluga, siis oleks võimalik kuludes kokku hoida ca 10 EEK ha⁻¹ ja saada samas lisasaagi tõttu 90 EEK ha⁻¹ tulu, ehk kokku oleks võit 100 EEK ha⁻¹ aastas. Kui seadet kasutatakse 500 hektaril, annaks see aastas võitu kokku 50 000 EEK ainult ühe töövõtte muutmisega.



Joonis 2. Navigeri kasutamise hektarikulu sõltuvalt täppisviljeldava maa pindalast ja navigeri täpsusest

Figure 2. Expediency of using of GPS device per 1 hectare depending on precision of GPS device and area of arable land where precision farming is used

Seda väidet kontrolliti praktikas. Selleks tehti firma John Deere mitmele erinevale jõumasinalle paigaldatud automaatjuhtimissüsteemi töövaatlusi. Vaatlused keskendusid kasutatavusele ja pöörete ajakulule. Kui süstikviisilisel liikumisel kulus kolmemeterise külvikuga töötamisel külgsilmusega tagasipöördeks 48 sek, siis ribaviisilise töötlemise korral (ribaviisilist töötlemist on ilma automaatjuhtimisseadmeteta raske ilma suurte ülekateteta või vahedeta teha) kahe töökäigu vahelejätmisel kulus kahe 90° pöörde tegemiseks 28 sek. Samuti tallati nii vähem pöörderiba. Ribaviisilisel töötlemisel oli võrreldes silmusega pöördega otsene kulude kokkuhoid 35,08 EEK ha⁻¹.

Tabel 1. Süstikviisilise ja ribaviisilise liikumise võrdlus

Table 1. Comparison of field machine moving patterns

Näitaja Parameter	Süstikviisiline / Continuous with turn strips at each end	Ribaviisiline / Overlap- ping alteration pattern
Keskmine pöörde aeg, s Average time for turn	48	28
Hektarikulu pööretele, EEK ha ⁻¹ Costs per hectare, EEK ha ⁻¹	84,2	49,12
Rataste nühamine pöördel Slip of wheels on turn	Nähtav / Visible	Ei tuvastatud / Unnoticed

Teiseks täpse roolimisega seotud positiivseks efektiks on võimalus töid teha väheha pöörlemisega. Kuna autopiloot võimaldab suurendada tööde tootlust ja

mõnel juhul ka mõnevõrra pikendada vahetuse kestust (võimaldades agregaatit täpselt juhtida ka halva nähtavusega oludes), siis on suuri põlde võimalik töödelda vähema vahetuste arvuga kui varem. Seega väheneb ühe operatsiooniga seotud põllule ja tagasi sõitude arv ja vähenevad põlluagregaatide transpordiga seotud kulud. Esialgse versioonina on valminud tarkvara, mis võimaldab küllaltki kiiresti analüüsida põllu ja masinakeskuse vahelisest kaugusest tingitud kulusid. Selle abil uuriti ka autopiloodi mõju neile kuludele. Varasematest uurimused on näidanud, et kui varustada põllutööagregaat automaatroolimiseseadmega, tänu millele vähenevad ülekatted ja lühenevad pöörete ajad, siis see aitaks suurendada töö tootlikkust. Eeldades, et teraviljakombainil kasvaks tootlus 1,5 ha h⁻¹ tootlikkusele 1,65 ha h⁻¹ ja koristatakse põldu suurusega 30 ha 8 km kaugusel masinakeskusest, siis tänu tootluse kasvule on võimalik vähendada vahetuste ja seega põllule sõitude arvu neljalt kolmele ning seega kombaini transportimisekulud oleksid vastavalt 41 EEK ha⁻¹ ja 31 EEK ha⁻¹, kulude vähenemine seega 10 EEK ha⁻¹.

Sakslased on uurinud N-sensorite (spektromeetrid, fluorestsentsandurid) abil asukohapõhise väetamise mõju saagile ja väetamiskuludele. Uurimistulemused näitavad, et enamsaak on sel juhul keskmiselt 7% ja lämmastikväetise sääst võrreldes lausnormiga väetamisega on keskmiselt 14%. Nimelt võimaldab kasvuaegne taimestiku lämmastiksisalduse määramine anda lämmastikku optimaalses koguses, mis on eelduseks saagiühtluse tõstmiseks ja üleväetamise vähendamiseks. Lisaks tõuseb saagi toorproteiini sisaldus keskmiselt 0,5% ja proteiinisisalduse ebahütlus väheneb 30-50%. Sensorite abil lämmastikuga väetatud viljad on 1–5 päeva varem koristusvalmid ja lamandumist on oluliselt väiksem.

Kokkuvõte

Rida edumeelseid Eesti põllumehi on juba aastaid kasutanud täppisviljeluse võimalusi, et oma taimekasvatustootmist efektiivsemaks muuta. Täpse roolimise abiseadmed on küllaltki lihtsalt rakendatavad ja sellest tulenev kasu on suhteliselt kiirelt hoomatav, mistõttu see suund kogub üha enam populaarsust. Saagikaartidest tegemisest ei nähta nii otsest tulu ja sageli pole selge, kuidas nende põhjal edasi käituda. Kuna nende analüüs nõuab eritarkvara, sageli lisaandmeid ja aega probleemidesse süvenemist, siis varasem saagikaardistamise entusiasm on mõnevõrra taandunud. Siin üritavadki EMVI teadurid põllumehi aidata asukohapõhiste andmete analüüsil ja sisendkaartide koostamisel, mille põhjal saaks teha asukohapõhist väetamist, taimekaitset või mullaharimist.

Kasutatud kirjandus

- Linsley, C.M., Bauer, F.C. 1929. Test Your soil for acidity. *Agricultural Experiment Station Circular No. 346*. Urbana, Ill.: University of Illinois.
- Võsa, T. 2005 Masinagregaadid juhtimise vajalik täpsus ja navigeri valik selle saavutamiseks. *Väitekirjatehnikateaduse magistri kraadi taotlemiseks põllumajandustehnika erialal*. EPMÜ, 56 lk.
- Tamm, K., Võsa, T. (2005) Täppisviljelustehnoloogia rakendamiseks sobivate masinate ja seadmete valik. *EMVI koduleht internetis*. <http://www.eria.ee/public/files/masinad.pdf>
- Tamm, K., Võsa, T. (2004) Täppisviljelustehnoloogia rakendamiseks sobivad eeldused (saagikused, tootmismahud jm). *EMVI koduleht internetis*. <http://www.eria.ee/public/files/ylidine.pdf>
- Hunt, D. (2001) *Farm power and machinery management*. -10th ed. Iowa. 368 p.